



(10) **DE 10 2015 013 403 A1** 2017.04.20

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 013 403.5**

(22) Anmeldetag: **19.10.2015**

(43) Offenlegungstag: **20.04.2017**

(51) Int Cl.: **B60K 1/04** (2006.01)
H02K 11/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
**Bergische Universität Wuppertal, 42119
Wuppertal, DE**

(74) Vertreter:
**COHAUSZ HANNIG BORKOWSKI WIRGOTT,
40237 Düsseldorf, DE**

(72) Erfinder:
**Butzmann, Stefan, Prof., 58579 Schalksmühle,
DE; Finke, Marius, 50769 Köln, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

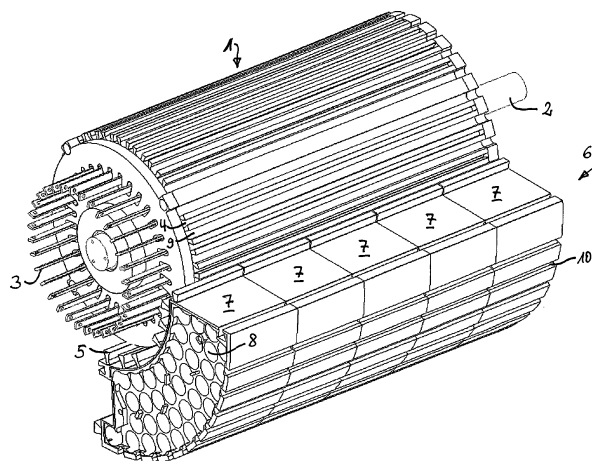
US	2009 / 0 107 746	A1
US	2011 / 0 133 542	A1
US	2012 / 0 168 239	A1
EP	2 479 099	A1

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

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Elektro-Antriebssystem**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Elektro-Antriebssystem, insbesondere für Fahrzeuge, umfassend einen Elektromotor (1) und eine Energieversorgung (6), bei dem die Energieversorgung (6) radial außen am Elektromotor (1) anliegend und in Umfangsrichtung um den Elektromotor (1) herum angeordnet ist, insbesondere in einer Winkelstreckung von 360 Grad.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Elektro-Antriebssystem, insbesondere für Fahrzeuge, umfassend einen Elektromotor und eine Energieversorgung, insbesondere einschließlich Pulswechselrichter und Leistungselektronik.

[0002] Heutige Antriebssysteme dieser Art umfassen im Bereich der Energieversorgung üblicherweise Energiespeicherzellen, wie beispielsweise Batterien, worunter insbesondere solche der wiederaufladbaren Art verstanden werden, wie z. B. Lithium-Polymer-Akkus. Zusätzlich sind regelmäßig in einem solchen Antriebssystem Pulswechselrichter vorgesehen.

[0003] Hierbei haben die Energiespeicherzellen die Aufgabe, die für den Betrieb des Antriebssystems, insbesondere das Fahren eines Fahrzeugs benötigte Energie bereitzustellen bzw. während des Ladens zu speichern. Der Pulswechselrichter wandelt die von der Batterie bereitgestellte Gleichspannung in eine üblicherweise dreiphasige Wechselspannung, mit der ein Elektromotor, z. B. eine Synchron- oder Asynchronmaschine dann über eine Leistungselektronik betrieben wird, welche die Ansteuerung der Statorwicklungen übernimmt.

[0004] Die Energiespeicherzellen, Pulswechselrichter und Leistungselektronik werden hierbei meist unabhängig voneinander gefertigt und bilden selbstständige Einheiten, die über Kabelbäume miteinander verbunden werden. Hierbei ist bei der Systemauslegung immer ein geeigneter Kompromiss zwischen der Größe der Ströme, die in dem System fließen und der Spannungslage zu finden.

[0005] Für ein Antriebssystem mit einer Leistung von z. B. 100 kW könnte die Batterie entweder mit einer DC-Spannung von 100 V und einem Ausgangsstrom von ca. 1000 A ausgelegt werden oder aber mit höheren Spannungen und entsprechend niedrigeren Strömen.

[0006] Beispielsweise im Anwendungsgebiet der heutigen Elektrofahrzeuge hat sich zur Zeit eine Spannungslage von ca. 400–600 V durchgesetzt, was zu Strömen in Bereich von einigen hundert Ampere führt. Niedrige Spannungen und höhere Ströme sind in den bisherigen Antriebssystemen nicht sinnvoll umsetzbar, da die Querschnitte der stromführenden Kabel und Motorwicklungen in diesem Fall massiv ansteigen müssten, was zu einer Erhöhung des Fahrzeuggewichts und der Kosten führen würde.

[0007] Die Spannungslage von typ. > 400 V führt weiterhin im bisherigen Stand der Technik zu erheblichen Anforderungen hinsichtlich der elektrischen Sicherheit solcher Systeme und bringt erhebliche Aufwände bzgl. Isolation der einzelnen Komponenten

vom Fahrzeug-Chassis und der entsprechenden Isolationsüberwachung mit sich.

[0008] Diese Aufwände könnten unter Bezug auf VDE-Normen erst für Spannungen < 60 V reduziert werden. Die jedoch dabei benötigten deutlich erhöhten Ströme können jedoch bei den bisherigen Antriebssystemen aufgrund der zu überbrückenden Strecken und der dafür nötigen Leitungsquerschnitte nicht wirtschaftlich gehandhabt werden.

[0009] Ein wesentliches Kriterium bei der Auslegung eines elektrischen oder hybriden Antriebs für Fahrzeuge ist dabei die volumetrische Energie- bzw. Leistungsdichte, d. h. das Volumen des elektrischen Antriebsstrangs bezogen auf den Energieinhalt (der ein Maß für die Reichweite des Fahrzeugs darstellt) bzw. bezogen auf das Gewicht des Antriebsstrangs.

[0010] Vor dem Hintergrund vorgenannter Erläuterungen ist es eine Aufgabe der Erfindung einen solchen elektrischen Antrieb möglichst kompakt zu fertigen (d. h. mit minimalem Volumen) und so ein Antriebssystem bereit zu stellen, das die zu überbrückenden Distanzen zwischen der Energieversorgung und dem betriebenen Elektromotor reduziert. Weiterhin ist es bevorzugt auch eine Aufgabe der Erfindung, ein Antriebssystem zu schaffen, das eine Redundanz in der Energieversorgung bereitstellt und weiter bevorzugt mit gegenüber der heutigen typischen Spannungslage deutlich verringerten Spannungen betrieben werden kann, insbesondere mit Phasenspannungen kleiner gleich 60 Volt, um die Isolationsanforderungen zu minimieren und so ebenfalls die erforderlichen Abstände zwischen den einzelnen Sub-Komponenten und damit in letzter Konsequenz auch die Kosten.

[0011] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Energieversorgung radial außen am Elektromotor anliegend und in Umfangsrichtung um den Elektromotor herum angeordnet ist. Die Erstreckung der Energieversorgung, bzw. eines dieses aufnehmenden Gehäuses muss nicht zwingend über den vollen Umfangswinkel von 360 Grad erfolgen, ist jedoch bevorzugt vorgesehen, so dass in diesem Fall ein Elektromotor vollumfänglich von der Energieversorgung umgeben ist.

[0012] Der wesentliche Gedanke der Erfindung ist es, die Energieversorgung örtlich so nah wie möglich an den Elektromotor heranzuführen. Durch die Anordnung radial außen am Elektromotor, insbesondere also an dessen äußerer Gehäusemantelfläche, die – abgesehen von einer evtl. Oberflächenkonturierung/-strukturierung – regelmäßig zylindrisch ausgebildet ist, besteht allenfalls noch die Notwendigkeit, abgesehen von inneren Stromwegen, die Energie aus der Energieversorgung über die axiale Länge des Elektromotors und ggfs. die radiale Beabstan-

derung zwischen den Statoranschlüssen und der Energieversorgung zu führen. Die zu überbrückenden Wege sind also ersichtlich gegenüber dem Stand der Technik deutlich reduziert.

[0013] Selbst bei einem Betrieb eines solchen Antriebssystems mit den bislang verwendeten Spannungen ergeben sich bereits deutliche Vorteile, wobei die Erfindung jedoch auch die Möglichkeit erschließt, die Spannungslage abzusenken, da damit bedingte erhöhte Leiterquerschnitte zur Führung gleichbleibender Leistung in den verkürzten Leitungswegen handhabbar werden.

[0014] Die Erfindung kann dabei vorsehen, die Energieversorgung, insbesondere die dafür benötigten Energiespeicherzellen (Batteriezellen) in einem hohlzylindrischen Gehäuse anzuordnen, in dessen inneren hohlen Bereich der Elektromotor angeordnet ist. Bevorzugt liegen dabei die Zylinderachse der Energieversorgung, bzw. von dessen Gehäuse und die Motorachse kollinear. Weiterhin bevorzugt ist die Anordnung so, dass die axiale Länge der Energieversorgung, bzw. von dessen Gehäuse zumindest im Wesentlichen gleich der axialen Länge des Motorgehäuses ist, allenfalls bis zu 150% von dessen Länge entspricht.

[0015] Die erfindungsgemäße Anordnung schafft insgesamt eine handhabbare Einheit, die durch die äußeren Abmessungen der Energieversorgung definiert ist und darin komplett den Elektromotor umfasst, insbesondere auch die gesamte Elektronik zur Steuerung des Elektromotors und für das Energiemanagement der Energiespeicherzellen.

[0016] Somit ergibt sich auch eine erhöhte Wartungsfreundlichkeit, da alle wesentlichen Komponenten zum Betrieb lokal konzentriert sind, was auch im bisherigen Spannungsbereich die Isolationsanforderungen reduziert, aufgrund der stärkeren Einkapselung der spannungsführenden Bauteile. Beispielsweise besteht die Möglichkeit in praktisch jeder Werkstatt das komplette Antriebssystem zu tauschen.

[0017] Die Erfindung kann in bevorzugter Ausführung vorsehen, dass das hohlzylindrische Gehäuse eine Vielzahl von Ausnehmungen aufweist, in welchen Energiespeicherzellen aufgenommen sind oder zumindest aufnehmbar sind. Diese Ausnehmungen, insbesondere auch weitere zum Betrieb benötigte Baugruppen sind dabei bevorzugt komplett zwischen Innenwandung und Außenwandung des hohlzylindrischen Gehäuses angeordnet.

[0018] Beispielsweise kann es vorgesehen sein, die Ausnehmungen zylindrisch auszugestalten, so dass am Markt übliche Batteriezellen mit standardisierten Baugrößen darin aufgenommen werden können, z. B. solche, wie Sie aus Laptop-Akkus bekannt sind.

Die Ausnehmungen sind dabei bevorzugt so orientiert, dass diese sich in axialer Richtung erstrecken. In den Ausnehmungen können bevorzugt die Batteriezellen in beiden möglichen, sich um 180 Grad unterscheidenden Einbaulagen angeordnet werden, was die gewünschte elektrische Verschaltung vereinfacht.

[0019] Die Erfindung kann bevorzugt vorsehen, dass das hohlzylindrische Gehäuse zur Bildung in Untereinheiten unterteilt ist. Hierdurch ergibt sich zum einen eine größere Wartungsfreundlichkeit und Kostenreduzierung, z. B. wenn defekte Teile ausgetauscht werden müssen.

[0020] Zum anderen erschließt sich jedoch auch die Möglichkeit die Energiespeicherzellen (Batteriezelle) innerhalb einer Untereinheit und/oder die Untereinheiten untereinander je nach Wunsch elektrisch parallel oder in Reihe zu verschalten.

[0021] Die Erfindung kann hierfür z. B. vorsehen, dass in der axialen Richtung das hohlzylindrische Gehäuse der Energieversorgung in mehrere Ringelemente unterteilt ist. Z. B. kann dabei die axiale Länge jedes Ringelementes angepasst sein, um genau eine axial liegende Energiespeicherzelle (Batteriezelle) in einer jeweiligen zylindrischen Ausnehmung aufzunehmen. Die axiale Länge eines Ringelementes kann z. B. genau gleich oder auch (etwas) kleiner sein als die axiale Länge einer Energiespeicherzelle. Ebenso kann die axiale Länge auf ein Vielfaches (wenigstens Zweifaches) der axialen Länge einer Energiespeicherzelle angepasst sein. Ein jedes solches Ringelement kann ein in sich abgeschlossenes Energiespeichermodul ausbilden, insbesondere mit welchem alleine bereits der Betrieb des Elektromotors möglich sein kann.

[0022] Die Erfindung kann auch vorsehen, dass das hohlzylindrische Gehäuse in Umfangsrichtung in wenigstens zwei Segmente unterteilt ist. Jedes Segment kann eine Winkelerstreckung von $360^\circ/\text{Anzahl der Segmente}$ aufweisen. Ein jedes solches sich über die gesamte axiale Länge des hohlzylindrischen Gehäuses erstreckende Segment kann ein in sich abgeschlossenes Energiespeichermodul ausbilden, insbesondere mit welchem alleine bereits der Betrieb des Elektromotors möglich sein kann.

[0023] Die vorgenannten Ausführungen der Unterteilung des hohlzylindrischen Gehäuses in axialer Richtung bzw. in Umfangsrichtung können besonders bevorzugt auch kombiniert werden, so dass jedes vorgenannte Ringelement in Umfangsrichtung in wenigstens zwei Segmente unterteilt ist. Jedes (Ringelemente-)Segment kann wiederum eine Winkelerstreckung von $360^\circ/\text{Anzahl der Segmente}$ aufweisen. Hier kann besonders bevorzugt die Gesamtanzahl aller in axialer Richtung an einer gemeinsamen Umfangsposition hintereinanderliegenden Segmen-

te, insbesondere durch elektrischen Verschaltung, ein Energiespeichermodule ausbilden, insbesondere mit welchem alleine bereits der Betrieb des Elektromotors möglich sein kann. Es ergibt sich hierdurch eine Anzahl von Energiespeichermodulen, die der Anzahl der Segmente (pro Ringelement) entspricht.

[0024] Bei einer solchen Konstruktion weist das Gehäuse der Energieversorgung somit insgesamt eine Anzahl von Untereinheiten auf, die der Anzahl der Ringelemente multipliziert mit der Anzahl der Segmente pro Ringelement entspricht. Eine entsprechende Vielfalt möglicher elektrischer Verschaltungen kann hierdurch realisiert werden.

[0025] In einer weiterhin bevorzugten Ausführung der vorgenannten Konstruktion kann es vorgesehen sein, dass zwischen je zwei benachbart axial hintereinander liegenden Segmenten von Ringelementen wenigstens eine Verbindungsplatine angeordnet ist. Es kann jedem Segment eine eigene Verbindungsplatine zugeordnet sein.

[0026] Durch eine solche Verbindungsplatine können die Energiespeicherzellen eines jeden Segmentes untereinander kontaktiert sein, z. B. alle in Reihe geschaltet sein oder alle parallel geschaltet sein oder in Gruppen unterteilt sein, wobei in verschiedenen Gruppen die Energiespeicherzellen unterschiedlich verschaltet sein können (Reihe oder parallel) oder bei gleicher gewählten Verschaltung in den Gruppen bei den verschiedenen Gruppen unterschiedlich hinsichtlich der Einbaulage orientiert sein können.

[0027] Ein jeweilige Verbindungsplatine kann auch die Verschaltung zwischen den beiden axial benachbarten Segmenten vornehmen, z. B. diese in Reihe oder wiederum parallel schalten. Mit den Verbindungsplatinen können bevorzugt so die Energiespeicherzellen wenigstens einer Teilanzahl, bevorzugt aller an einer gemeinsamen Umfangsposition axial hintereinander angeordneten Segmente elektrisch in Reihe geschaltet sind. In einer möglichen Ausführung kann es vorgesehen sein, dass sich über die axiale Länge aller Segmente an derselben Umfangsposition sich z. B. eine Spannung ergibt, die der Summe der in den Segmenten verwendeten Energiespeicherzellen entspricht. Bei dieser Ausführung würden hingegen die Pole an unterschiedlichen axialen Seiten liegen.

[0028] Beispielsweise kann es in einer bevorzugten Ausführung vorgesehen sein, dass in einem jeden Segment zwei Gruppen von Energiespeicherzellen gebildet sind, wobei in jeder Gruppe die Energiespeicherzellen parallel geschaltet sind. Eine Gruppe kann z. B. radial innen und eine radial außen liegend angeordnet sein. Die Energiespeicherzellen können in den verschiedenen Gruppen bevorzugt um 180 Grad unterschiedliche Orientierung der Einbau-

lage aufweisen. Das kann den Vorteil erschließen, in axialer Richtung über die Segmente gemeinsamer Umfangsposition hinweg die parallel geschalteten Energiespeicherzellen der einen Gruppe und die parallel geschalteten Energiespeicherzellen der anderen Gruppe unabhängig voneinander in Reihe zu verschalten und hierbei die beiden Pole an derselben axialen Seite zugänglich zu haben, insbesondere an der Seite, an welcher gemäß den nachfolgenden Ausführungen wenigstens eine Steuerplatine, z. B. mit Leistungselektronik und/oder Pulswechselrichter vorgesehen ist.

[0029] Alle axialen hintereinander liegenden Segmente (der Ringe) an einer gemeinsamen Umfangsposition bilden so wiederum ein Energiespeichermodule mit an einer Seite zugänglichen Polen, quasi wie ein Batteriepack in der Querschnittsform eines Kreissegmentes.

[0030] In einer Ausführung kann es vorgesehen sein, die in axialer Richtung durch Reihenschaltung summierten Spannungen, die von jeweiligen Segmenten an unterschiedlichen Umfangspositionen stammen, wiederum elektrisch parallel zu schalten, so dass im Wesentlichen die Spannung gleich bleibt, aber sich die Kapazität des gesamten Energiespeichers erhöht. Eine „Gesamtatterie“ ergibt sich in dieser Ausführung durch alle segmentförmigen Energiespeichermodule.

[0031] In einer demgegenüber bevorzugten Ausführung kann es vorgesehen sein, dass die gebildeten Energiespeichermodule nicht parallel geschaltet werden, sondern jeweils zusammen mit einer eigenen Elektronik auf einer Steuerplatine ein jeweiliges autarkes Funktionsmodul bildet, das jeweils alleine ausreicht, um den Motor zu betreiben. Dafür kann die Elektronik einen Pulswechselrichter und Schalter zur Bestromung des Stators umfassen. Es ergibt sich dadurch eine Anzahl von Funktionsmodulen, die der Anzahl der Segmente (pro Ringelement) entspricht.

[0032] Hierdurch wird auch eine Redundanz geschaffen, da ein Antriebssystem dieser Art auch betriebsbereit ist, wenn z. B. ein Segment oder sogar alle an einer gemeinsamen Umfangsposition hintereinander liegenden Segmente (und damit ein Funktionsmodul) ausfallen, da hierdurch nicht die Betriebsspannung und die Statoransteuerung entfällt, sondern sich nur die Ladekapazität verringert, in Verbindung mit einem Fahrzeug also nur dessen Reichweite.

[0033] Es kann eine Elektronik vorgesehen sein, die die Funktion jedes Funktionsmoduls prüft und bei festgestelltem Defekt dieses komplett abschaltet. Die übrigen Funktionsmodule bleiben dabei betriebsbereit und damit das Antriebssystem insgesamt, ledig-

lich unter Reduktion der Reichweite und des Drehmomentes.

[0034] Bevorzugt ist die Form einer jeweiligen Verbindungsplatine an die Form der jeweiligen Segmente angepasst, bevorzugt so, dass diese zwar formkongruent zu den Segmenten ist, jedoch etwas kleiner, um von den Segmenten umschlossen zu werden, ohne dass die Verbindungsplatine von außerhalb des Gehäuses der Energieversorgungseinheit zugänglich ist, zumindest nicht ohne die Segmente voneinander zu separieren, die in jeglicher Ausführung bevorzugt im Betriebszustand bündig und einander kontaktierend verbunden sind. Beispielsweise kann so die Verbindungsplatine kreisringsegmentförmig ausgebildet sein. An einem in Umfangsrichtung liegenden Ende der Verbindungsplatine kann diese Kontakte aufweisen, um mit anderen Komponenten elektrisch verbunden zu werden, z. B. mit der nachfolgend beschriebenen Platine.

[0035] Die Erfindung kann in einer Weiterbildung vorsehen, dass in einem Bereich zwischen je zwei in Umfangsrichtung benachbarten Segmenten (an einer gemeinsamen axialen Position) bei allen axial hintereinander liegenden Segmenten einer gemeinsamen Umfangsposition eine sich achsparallel erstreckende Platine angeordnet ist, insbesondere die sich im Wesentlichen über die gesamte axiale Länge der hohlzylindrischen Energieversorgung erstreckt. Diese Platine kann mit jeder vorgenannten Verbindungsplatine zwischen zwei benachbart axial hintereinanderliegenden Segmenten elektrisch verbunden sein.

[0036] Diese Platine kann bevorzugt eine Elektronik zum Energiespeicherzellenmanagement, insbesondere zur Prüfung der insbesondere in jedem Segment oder in allen Segmenten einer gemeinsamen Umfangsposition gereihten Zellspannungen umfassen. Diese Platine und deren Elektronik kann auch vorgesehen sein, um die zuvor Funktionsprüfung vorzunehmen.

[0037] Die Erfindung sieht unabhängig von den möglichen verschiedenen Ausführungen allgemein vor, dass die durch in und mit den Segmenten nach Reihen- und/oder Parallelschaltung der darin enthaltenen Energiespeicherzellen erzeugten Spannungen genutzt werden, um mit wenigstens einer Steuerelektronik die Phasenspannungen für den Motor zu bilden. Eine solche Steuerelektronik kann durch Elektronikkomponenten auf wenigstens einer Steuerplatine gebildet werden, die stirnseitig des Elektromotor und/oder des Gehäuses der Energieversorgung angeordnet ist, insbesondere auf der von der Motorabtriebswelle abgewandten Seite. Dies hat den Vorteil, dass die statorseitigen Phasenanschlüsse des Elektromotors in axialer Richtung in diese wenigstens eine Steuerplatine kontaktierend eingefügt werden können.

[0038] Die wenigstens eine Steuerplatine kann in zumindest teilweiser Überdeckung der axialen Stirnflächen von der Energieversorgungseinheit (bzw. dessen Gehäuse) und dem Elektromotor angeordnet sein und eingerichtet sein, die Energie der Energieversorgungseinheit auf das Statorbestromungssystem des Elektromotors zu verteilen, insbesondere gesteuert oder geregelt zu verteilen.

[0039] Bevorzugt ist jeweils einem jedem in Umfangsrichtung erstreckten Segment des hohlzylindrischen Gehäuses der Energieversorgung oder jeweils allen an einer gemeinsamen Umfangsposition angeordneten Segmenten von axial hintereinanderliegenden Ringelementen (Energiespeichermodule) eine eigene Steuerplatine zugeordnet, insbesondere die kreisringsegmentförmig ausgebildet ist und die an einen Teil des Statorbestromungssystems angeschlossen ist, insbesondere der sich über denselben Winkelbereich erstreckt, wie das betreffende Segment. Das genannte Energiespeichermodule bildet somit mit der jeweils zugeordneten Steuerplatine das bereits zuvor angesprochene Funktionsmodul, d. h. eine betriebsfertige Einheit zum Betrieb des Motors.

[0040] Durch die wenigstens eine Steuerplatine, insbesondere alle den Segmenten jeweils zugeordneten, ggfs. untereinander verbundenen Steuerplatinen kann sodann insgesamt eine Gesamt-Leistungselektronik zur Steuerung des Elektromotors ausgebildet sein, an der die jeweiligen Spannungen, insbesondere die jeweiligen gereihten Summenspannungen von den an einer gemeinsamen Umfangsposition axial hintereinanderliegenden Segmenten anliegen. Hierdurch wird der eingangs genannte Vorteil erschlossen, dass der Elektromotor mit der Energie schon alleine der Segmente einer einzigen gemeinsamen Umfangsposition betreibbar ist, da die Gesamtleistungselektronik durch eine Summe einzelner Leistungselektroniken gebildet die, die jeweils für sich in der Lage sind den Motor zu betreiben. Jede Leistungselektronik umfasst dabei bevorzugt einen Pulswechselrichter.

[0041] Eine ganz besonders bevorzugte Ausführungsform der Erfindung kann es vorsehen, dass das Statorbestromungssystem des Elektromotors durch eine Vielzahl bestrombarer Stäbe ausgebildet ist, die sich in axialer Richtung durch den Stator des Elektromotors erstrecken und an einem ihrer Enden mit einem gemeinsamen Kurzschlußring verbunden sind und an dem anderen Ende mit einer Steuerplatine verbunden sind, insbesondere einer Steuerplatine der vorgenannten Art, die stirnseitig angeordnet ist.

[0042] Es kann hier vorgesehen sein, dass die Stäbe einer Anzahl von mehr als 3 Phasen, bevorzugt wenigstens 20 Phasen, weiter bevorzugt wenigstens 30 Phasen zugeordnet sind. Durch diese signifikante Erhöhung der Phasenanzahl gegenüber dem Stand der

Technik kann erzielt werden, dass die Spannungsdifferenz zwischen zwei Phasen oder einer Phase und Masse kleiner gleich 60 Volt ist. Dies führt zu dem eingangs genannten Vorteil, dass die Isolationsanforderungen deutlich kleiner sind und sich hierdurch insgesamt die Konstruktion vereinfacht und günstiger wird im Vergleich zum Stand der Technik.

[0043] Wenngleich die Ausbildung des Stators mit Stäben in dieser Ausführung bevorzugt ist, da der Nutfüllfaktor im Stator gegenüber Spulen verbessert ist, kann grundsätzlich eine solche Erhöhung der Phasenanzahl auch mit gewickelten Statorspulen erzielt werden und ist ebenso von der Erfindung umfasst.

[0044] Die bevorzugte Verwendung von Stäben führt auch zu dem Vorteil, dass niedrigere Motorinduktivitäten erzeugt werden, so dass die Reduzierung der Phasenspannungen der Beherrschung der Stromanstiegsgeschwindigkeiten zuträglich ist.

[0045] Die Schalter der Steuerplatine(n) zur Bestromung der Phasenanschlüsse des Stators können vorzugsweise als MOSFETs ausgeführt sind, insbesondere wenn die Betriebsspannung auf weniger als 60 V reduziert wird. Die Schalter werden bevorzugt in einer Halbbrücken-Konfiguration betrieben, wobei jede Halbbrücke einen Stab des Motors versorgen kann.

[0046] In einer einfachen Ausführungsform der Erfindung kann das Statorbestromungssystem mit elektrischer Masse und einer positiven Versorgungsspannung betrieben werden. Ein bevorzugte Ausführung kann jedoch auch vorsehen, dass der Kurzschlussring an der der Leistungselektronik/Steuerplatine(n) gegenüberliegenden Seite auf Masse liegt und die Stäbe zwischen zwei um Masse herum symmetrische Spannungen geschaltet werden. Damit kann jeder Stab individuell und unabhängig von den anderen Stäben bestromt werden.

[0047] In einer bevorzugten Ausführungsform wird die magnetische Polpaarzahl im Rotor des Motors gleich der Anzahl der in Umfangsrichtung liegenden Segmente gewählt, von denen die an einer gemeinsamen Umfangsposition axial hintereinander liegenden Segmente alle elektrisch zu einer zusammenwirkenden Untereinheit zusammengeschaltet sein können, also bevorzugt ein in sich autarke Energieversorgungsuntereinheit der gesamten Energieversorgung bildet.

[0048] Die Leistungselektronik wird ebenfalls in eine entsprechende Anzahl von Subeinheiten unterteilt, wie es vorangehend anhand der mehreren Steuerplatinen erläutert wurde.

[0049] Dabei können räumlich an einer gemeinsamen Umfangsposition liegende Einheiten von Segmenten und Steuerplatinen zu Funktionsmodulen zusammengefasst werden, die unabhängig voneinander betrieben und somit als Subantriebs-Module angesehen werden können.

[0050] Bevorzugt kann es dabei vorgesehen sein, dass sich im Betrieb die Drehmomente der Funktionsmodule zu einem Gesamtdrehmoment für den Antrieb addieren, die Einzel-Drehmomente der jeweiligen Funktionseinheiten müssen jedoch nicht unbedingt identisch sein. Dieses Konzept bietet über die bloße Integration von Motor, Leistungselektronik und Batterie hinaus folgende bereits eingang angedeutete Vorteile:

1.) bei einem Ausfall eines Funktionsmoduls (zum Beispiel alle axial hintereinander liegenden Segmente einer Umfangsposition, deren Verbindungsplatinen, Batteriemanagementplatine und stirnseitige Steuerplatine) können die verbleibenden Funktionsmodule weiterhin betrieben werden, was einen Gesamtsystemausfall verhindert und lediglich zu einer Leistungs- bzw. Reichweiteneinbuße führt

2.) Da Batteriezellen unterschiedlich altern, ist im Laufe der Zeit mit unterschiedlichen Zellkapazitäten allein aufgrund von Streuung zu rechnen. Innerhalb eines Funktionsmoduls der Energieversorgung wird diese Streuung bevorzugt durch sog. passives Balancing ausgeglichen, d. h. (vereinfacht ausgedrückt) zu hoch geladene Zellen werden auf das Niveau der niedriger geladenen Zellen entladen. Alternativ kann innerhalb eines Funktionsmoduls das Balancing auch aktiv erfolgen, d. h. die Energie von zu hoch geladenen Zellen wird auf niedriger geladene Zellen mittels induktiven oder kapazitiven Verfahren übertragen.

[0051] Zwischen den Funktionsmodulen kann der Angleich allerdings auch über die Aufteilung der Gesamtdrehmoments auf die einzelnen Funktionsmodule erfolgen.

[0052] Zur Bestimmung des Lade- und Alterungszustands der Energiespeicherzellen/Batteriezellen sowie zur Einstellung des Drehmoments des Motors kann es bevorzugt vorgesehen sein, den Strom in der Energieversorgungseinheit, bevorzugt separat in jedem Funktionsmodul sowie in jedem einzelnen Stab zu überwachen.

[0053] Hierzu kann die Blechung des Motors durch weitere Bleche mit einem kleineren Innendurchmesser ergänzt werden, bei welchen die Nut bis zum Innendurchmesser verlängert ist. Hierdurch kann ein Hall-Sensor direkt von der Leistungselektronik in die Nut gesteckt werden. Der Sensor ist somit in den magnetischen Kreis um den jeweiligen Stab herum eingebunden, magnetisch störfest verbaut und gleich-

zeitig auf kürzest möglichem Weg mit der Auswerteeinheit, z. B. einem AD-Wandler verbunden.

[0054] Die Messung des Stroms in der Energieversorgung, bevorzugt jedem Funktionsmodul kann über Durchkontaktierungen in den Verbindungsplatinen erfolgen. Wenn ein Strom über diese fließt, so erzeugt dieser Strom einen Spannungsabfall, welcher im Batterie-Management-System ausgewertet wird. Somit dienen die Verbindungsplatinen nicht nur der Verbindung zwischen je zwei axial hintereinander liegenden Segmenten und der Herausführung der Zellspannungen, sondern erfüllen gleichzeitig die Aufgabe der Stromsensierung.

[0055] Es kann weiterhin vorgesehen sein, am Kurzschlussring zusätzlich einen zentralen Stromsensor anzuordnen, der den Strom vom Kurzschlussring gegen eine Referenz, z. B. ein Fahrzeugchassis misst. Im "Gut-Fall" ist der Strom durch diesen Sensor gleich der Summe der Ströme durch alle Stäbe, somit kann eine Diagnose, der einzelnen Stromerfassungseinheiten an den Stäben vorgenommen werden. Stimmt der an dem zentralen Sensor gemessene Wert nicht mit der Summe der Stabströme überein, so wird ein Fehler diagnostiziert.

[0056] Bei einer korrekt funktionierenden Regelung ist darüber hinaus der Strom durch den am Kurzschlussring angeordneten Sensor Null.

[0057] Zur Entwärmung (Kühlung) des Systems kann es vorgesehen werden, die im Elektromotor und der Leistungselektronik auf der oder den Steuerplatinen entstehende Wärme getrennt von der in der Energieversorgung, insbesondere in den Segmenten entstehende Wärme herauszuführen und eine möglichst geringe thermische Kopplung zwischen dem zylindrischen Gehäuse der Energieversorgung und den anderen beschriebenen Komponenten zu realisieren. Damit wird sichergestellt, dass die Motorwärme nicht zur Aufheizung der Energieversorgung und so zu einer beschleunigten Degradation der Batteriezellen führt.

[0058] Hierfür kann es vorgesehen sein, dass die Energieversorgung und der Elektromotor zueinander wärmetechnisch isoliert sind, insbesondere durch eine radialen Beabstandung, bevorzugt über welche hinweg die Gehäuse von der Energieversorgung und des Elektro-Motors nur durch Stege verbunden sind, welche also eine statische Anbindung ermöglichen, aber nur vergleichsweise wenig Wärmeübertrag zulassen.

[0059] Es kann insbesondere in Kombination mit der wärmetechnischen Entkopplung, allerdings auch unabhängig von dieser das hohlzylindrische Gehäuse der Energieversorgung, insbesondere jedes Segment in axialer Richtung auf die äußere Mantelflä-

che des Elektromotors aufsteckbar oder aufschiebbar sein, insbesondere mittels radialen Stegen (z. B. den vorgenannten), die zumindest endseitig in axialen Führungsnuten gleitend eingreifen.

[0060] Der Elektromotor und die Energieversorgung weisen bevorzugt jeweils eine eigene und voneinander unabhängige Entwärmungssysteme auf, insbesondere durch Heatpipes, die sich axial durch den Elektro-Motor und/oder die Energieversorgung erstrecken.

[0061] Der Gesamtaufbau an Heatpipes kann 2-lagig ausgeführt sein, mit einer ersten Innenlage am äußeren Umfang des Elektromotors, die mit diesem sowie der Leistungselektronik thermisch verbunden ist.

[0062] Es kann dabei weiterhin vorgesehen sein, dass zwischen dem Gehäuse der Energieversorgung und dem Motor, insbesondere im vorgenannten radialen Abstandsbereich ein thermisch isolierendes Material verbaut ist, welches gleichzeitig auch die Heatpipes an den Motor presst (für eine gute thermische Verbindung), andererseits aber die Batteriezellen im Gehäuse der Energieversorgung von der Wärmeentwicklung des Motors und der Leistungselektronik isoliert.

[0063] Eine zweite äußere Lage von Heatpipes kann ausschließlich für die Entwärmung der Batteriezellen bzw. des Gehäuses der Energieversorgung verwendet werden, die bevorzugt am äußeren Umfang des Gehäuses der Energieversorgung montiert sind oder am Innenumfang, insbesondere zwischen thermischem Isolator und Gehäuse der Energieversorgung.

[0064] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann auch die Entwärmung von Motor und Leistungselektronik über Heatpipes erfolgen, insbesondere wie zuvor beschrieben und die Entwärmung der Energieversorgung kann über ein anderes Kühlkonzept bspw. eine Flüssigkeits-Kühlung vorgenommen werden.

[0065] In bevorzugter Ausführung sind die Heatpipes an die Stirnseite des Motors (der Leistungselektronik abgewandt) geführt und schaffen so eine thermische Schnittstelle, so dass die durch die Heatpipes axial entlagern der Motorerstreckung herausgeführte Wärme entweder durch Luft- oder durch Flüssigkeitskühlung abgeführt werden kann.

[0066] Zur Erfassung des Drehwinkels des Motors können klassische Rotor-Lage-Geber auf magnetisch-induktiver Basis eingesetzt werden. Diese eignen sich aufgrund ihrer Baugröße jedoch nur sehr bedingt für ein solch kompaktes System, so dass andere technische Lösungen hier vorteilhaft erscheinen.

[0067] Es erscheint vorteilhaft, die Drehwinkelerfassung über einen auf der Welle montierten Permanentmagneten und einen auf einer darüberliegenden Platine, z. B. der stirnseitigen Steuerplatine montierten Drehwinkelsensor zu realisieren.

[0068] Hierfür kommen sowohl 360°-Hall-Sensoren infrage, besonders vorteilhaft erscheinen aber 360° magnetoresistive Sensoren basierend auf dem GMR oder auf dem TMR-Effekt. Aufgrund der Symmetrie des Systems bei einer geraden Polpaarzahl im Rotor und einer entsprechenden Zahl von Energieversorgungsuntereinheiten (Funktionseinheiten) und Leistungselektronik-Einheiten (Steuerplatinen) kann in diesem Fall anstelle eines 360°-fähigen Drehwinkelsensors auch ein 180°-Drehwinkelsensor eingesetzt werden. Dies ermöglicht die Verwendung von AMR-Winkelsensoren (Anisotroper magnetoresistiver Effekt), welche besonders störfeldrobust und kostengünstig sind.

[0069] Eine bevorzugt Ausführungsform wird anhand der nachfolgenden Figuren beschrieben:

[0070] Die Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Elektro-Antriebssystem mit einem Elektromotor **1** mit einer Abtriebswelle **2** und gegenüberliegend aus dem Stator herausragenden Stäben **3** zur Bestromung des Stators. Die Stäbe können bevorzugt jeweils oder zu mehreren einer Phase zugeordnet sein, insbesondere mit einer Phasenspannung von jeweils kleiner 60 V.

[0071] Die äußere Mantelfläche des Elektromotors **1** weist in dieser Ausführung Nute **4** auf, hier mit Schwalbenschwanzprofil, in die korrespondierende Stege **5** an der inneren Mantelfläche der hier nur zu einem Teil gezeigte Energieversorgung **6** eingeschoben werden können.

[0072] Die Energieversorgung **6** ist in einem hohlzylindrischen Gehäuse untergebracht, dass hier sowohl in axialer Richtung als auch in Umfangsrichtung unterteilt ist. Es ist hierdurch das gesamte hohlzylindrische Gehäuse in mehrere Ring-Segmente **7** gebildet, von denen hier nur diejenigen gezeigt sind, die an einer gemeinsamen Umfangsposition axial hintereinanderliegen. Diese gemeinsame Umfangsposition erstreckt sich hier über einen Winkelbereich von 90 Grad, da eine Aufteilung in Umfangsrichtung in **4** Segmente vorliegt.

[0073] Es ist hier vorgesehen in den zylindrischen Ausnehmungen **8** standardisierte Batteriezellen einzusetzen, um die Energieversorgung des Motors zu realisieren.

[0074] In den Nuten **9** können Heatpipes angeordnet werden, um stirnseitig in einer hier nicht gezeigten Leistungselektronik entstehende Wärme und die

Wärme des Motors **1** auf die Seite der Abtriebswelle **2** zu überführen.

[0075] Auch die Ringsegmente **7** können außen Nute **10** aufweisen, in denen Heatpipes zum Wärmetransport einliegen können.

[0076] Die Fig. 2 zeigt eine Ansicht, die verdeutlicht, dass zwischen zwei benachbarten Segmenten **7**, insbesondere zwischen jedem Paar von zwei benachbarten Segmenten **7**, die an gemeinsamer Umfangsposition axial hintereinander liegen, Verbindungsplatinen **11** vorgesehen sein können (insbesondere mindestens eine), um die Verschaltung der Batteriezellen innerhalb jedes Segments **7** und zwischen den benachbarten Segmenten **7** vorzunehmen. Z. B. können hierdurch alle in den Segmenten enthaltenen Batteriezellen in Reihe geschaltet werden. Jedes Segment kann eine eigene zugeordnete Platine aufweisen. An einem in Umfangsrichtung liegenden Ende **11a** weist die hier kreisringsegmentförmig ausgebildete Verbindungsplatine **11** Kontakte **12** auf, die mit einer hier nicht gezeigten Platine verbunden werden können, welche sich im Ausnehmungsbereich **13** befinden kann, der sich in axialer Richtung erstreckt und an einem in Umfangsrichtung liegenden Ende **7a** jedes Segmentes angeordnet ist und somit ebenso zwischen je zwei in Umfangsrichtung aufeinander folgenden Segmenten angeordnet ist. Die nicht gezeigte Platine kann hier das Batteriemanagement der Batteriezellen übernehmen.

[0077] Fig. 3 zeigt die Anordnung einer Steuerplatine **14**, die sich zumindest im Wesentlichen über denselben Winkelbereich wie beim Segment **7** erstreckt und somit die Form eines Kreisringsegmentes aufweist. Die hier dargestellte Steuerplatine **14** umfasst eine Leistungselektronik zur Ansteuerung derjenigen Stäbe **3** des Stators, die in demselben Winkelbereich in der Platine **14** kontaktiert einliegen.

[0078] Die Steuerplatine überdeckt hier einen Teil der Stirnseite des Motors **3** und im Wesentlichen vollständig die Stirnseite des letzten bzw. ersten Segmentes **7**.

[0079] Die hier gezeigte Gesamtanordnung aus allen axial hintereinanderliegenden Segmenten **7** dieser gemeinsamen Umfangsposition mit den darin enthaltenen Batteriezellen und Platinen bildet zusammen mit der Steuerplatine **14** eine Funktionseinheit, mit welcher alleine bereits der Elektromotor betrieben werden kann.

[0080] Dies verdeutlicht auch, dass die erfindungsgemäße Realisierung der Energieversorgungseinheit sich nicht zwingend in Umfangsrichtung über vollständige 360° erstrecken muss.

[0081] In diesem Beispiel können am Motor **1** noch drei weitere nicht gezeigte identische Funktionseinheiten montiert werden, wodurch im Wesentlichen die gesamte elektrische Kapazität vervierfacht werden kann, ebenso wie das Drehmoment des Motors. Solche sodann vier realisierten Funktionseinheiten bilden eine Energieversorgung im Sinne der Erfindung, die sich in Umfangsrichtung über volle 360 Grad erstreckt, insbesondere hierbei zusätzlich eine vierfache Redundanz bildet.

[0082] Die Erfindung ist nicht auf die hier dargestellte 4-fach-Segmentierung beschränkt. Es können sowohl mehr als auch weniger Segmente vorgesehen sein.

Patentansprüche

1. Elektro-Antriebssystem, insbesondere für Fahrzeuge, umfassend einen Elektromotor (**1**) und eine Energieversorgung (**6**), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Energieversorgung (**6**) radial außen am Elektromotor (**1**) anliegend und in Umfangsrichtung um den Elektromotor (**1**) herum angeordnet ist, insbesondere in einer Winkelerstreckung von 360 Grad.

2. Elektro-Antriebssystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Energieversorgung (**6**) in einem hohlzylindrischen Gehäuse aufgenommen ist, in dessen inneren hohlen Bereich der Elektromotor (**1**) angeordnet ist, insbesondere wobei die Zylinderachse und die Motorachse kollinear liegen.

3. Elektro-Antriebssystem nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das hohlzylindrische Gehäuse eine Vielzahl von Ausnehmungen (**8**), insbesondere zylindrischen Ausnehmungen (**8**) aufweist, bevorzugt, die sich in axialer Richtung erstrecken, in welchen Energiespeicherzellen aufgenommen sind oder zumindest aufnehmbar sind.

4. Elektro-Antriebssystem nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das hohlzylindrische Gehäuse in der axialen Richtung in mehrere Ringelemente unterteilt ist, insbesondere deren axiale Länge angepasst ist um genau eine axial liegende Energiespeicherzelle in einer jeweiligen zylindrischen Ausnehmung (**8**) aufzunehmen.

5. Elektro-Antriebssystem nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das hohlzylindrische Gehäuse, insbesondere jedes Ringelement nach Anspruch 4, in Umfangsrichtung in wenigstens zwei Segmente (**7**) unterteilt ist.

6. Elektro-Antriebssystem nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen je zwei benachbart axial hintereinanderliegenden Segmenten (**7**) von Ringelementen eine Verbindungsplatine (**11**),

insbesondere eine kreisringsegmentförmige Verbindungsplatine (**11**) angeordnet ist.

7. Elektro-Antriebssystem nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit den Verbindungsplatinen (**11**) die Energiespeicherzellen wenigstens einer Teilanzahl, insbesondere gruppenweise oder aller an einer gemeinsamen Umfangsposition axial hintereinander angeordneter Segmente (**7**) elektrisch in Reihe geschaltet sind.

8. Elektro-Antriebssystem nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem Bereich (**13**) zwischen je zwei in Umfangsrichtung benachbarten Segmenten (**7**) für alle axial hintereinander liegende Segmente (**7**) einer gemeinsamen Umfangsposition eine sich achsparallel erstreckende Platine angeordnet ist, insbesondere die sich im Wesentlichen über die gesamte axiale Länge des hohlzylindrischen Gehäuses der Energieversorgung erstreckt, bevorzugt wobei diese Platine mit jeder Verbindungsplatine (**11**) zwischen zwei benachbart axial hintereinanderliegenden Segmenten (**7**) elektrisch verbunden ist.

9. Elektro-Antriebssystem nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Platine eine Elektronik zum Energiespeicherzellenmanagement, insbesondere zur Prüfung der insbesondere in jedem Segment (**7**) oder in allen Segmenten (**7**) einer gemeinsamen Umfangsposition gereihten Zellspannungen umfasst.

10. Elektro-Antriebssystem nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in zumindest teilweiser Überdeckung der axialen Stirnflächen von der Energieversorgungseinheit (**6**) und dem Elektromotor (**1**) wenigstens eine Steuerplatine (**14**) angeordnet ist, die eingerichtet ist, die Energie der Energieversorgungseinheit auf das Statorbestromungssystem des Elektromotors (**1**) zu verteilen, insbesondere gesteuert oder geregelt zu verteilen.

11. Elektro-Antriebssystem nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeweils einem jedem in Umfangsrichtung erstreckten Segment (**7**) des hohlzylindrischen Gehäuses der Energieversorgung oder jeweils allen an einer gemeinsamen Umfangsposition angeordneten Segmenten (**7**) von axial hintereinanderliegenden Ringelementen eine eigene Steuerplatine (**14**) zugeordnet ist, insbesondere die kreisringsegmentförmig ausgebildet ist, die an einen Teil des Statorbestromungssystems angeschlossen ist, insbesondere der sich über denselben Winkelbereich erstreckt, wie das betreffende Segment.

12. Elektro-Antriebssystem nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch die wenigstens eine Steuerplatine (**14**) eine Leistungselektronik, insbesondere durch alle den Segmenten (**7**)

zugeordneten, Steuerplatinen jeweils eine Leistungselektronik zur Steuerung des Elektromotors ausgebildet ist, an der die jeweilige Spannung insbesondere die gereichte Summenspannungen von den an einer gemeinsamen Umfangsposition axial hintereinanderliegenden Segmenten (7) elektrisch angeschaltet ist, insbesondere so dass der Elektromotor (1) mit der Energie und Leistungselektronik alleine der Segmente (7) einer einzigen Umfangsposition betreibbar ist.

13. Elektro-Antriebssystem nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Statorbestromungssystem durch eine Vielzahl bestrombarer Stäbe (3) ausgebildet ist, die sich in axialer Richtung durch den Stator des Elektromotors (1) erstrecken und an einem ihrer Enden mit einem gemeinsamen Kurzschlußring verbunden sind und an dem anderen Ende mit einer Steuerplatine (14) verbunden sind, insbesondere einer Steuerplatine gemäß der Ausbildung von Anspruch 10 oder 11.

14. Elektro-Antriebssystem nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Statorbestromungssystem eine Vielzahl von Bestromungseinheiten, insbesondere Wicklungen oder bevorzugt Stäben (3) gemäß Anspruch 12 aufweist, die einer Anzahl von mehr als 3 Phasen, bevorzugt wenigstens 6 Phasen zugeordnet sind, insbesondere wobei die Spannungsdifferenz zwischen zwei Phasen oder einer Phase und Masse kleiner gleich 60 Volt ist.

15. Elektro-Antriebssystem nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das hohlzylindrische Gehäuse der Energieversorgung, insbesondere jedes Segment (7) in axialer Richtung auf die äußere Mantelfläche des Elektromotors (1) aufsteckbar oder aufschiebbar ist, insbesondere mittels radialen Stegen (5), die zumindest endseitig in axialen Führungsnuten (4) gleitend eingreifen.

16. Elektro-Antriebssystem nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Energieversorgung (6) und der Elektromotor (1) zueinander wärmetechnisch isoliert sind, insbesondere durch eine radiale Beabstandung, bevorzugt über welche hinweg die Gehäuse von der Energieversorgung (6) und des Elektromotors (1) nur durch Stege (5) verbunden sind.

17. Elektro-Antriebssystem nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Elektromotor (1) und die Energieversorgung jeweils eine eigene und voneinander unabhängige Entwärmungssysteme aufweisen, insbesondere durch Heatpipes, die sich axial durch den Elektromotor (1) und/oder die Energieversorgung (6) erstrecken.

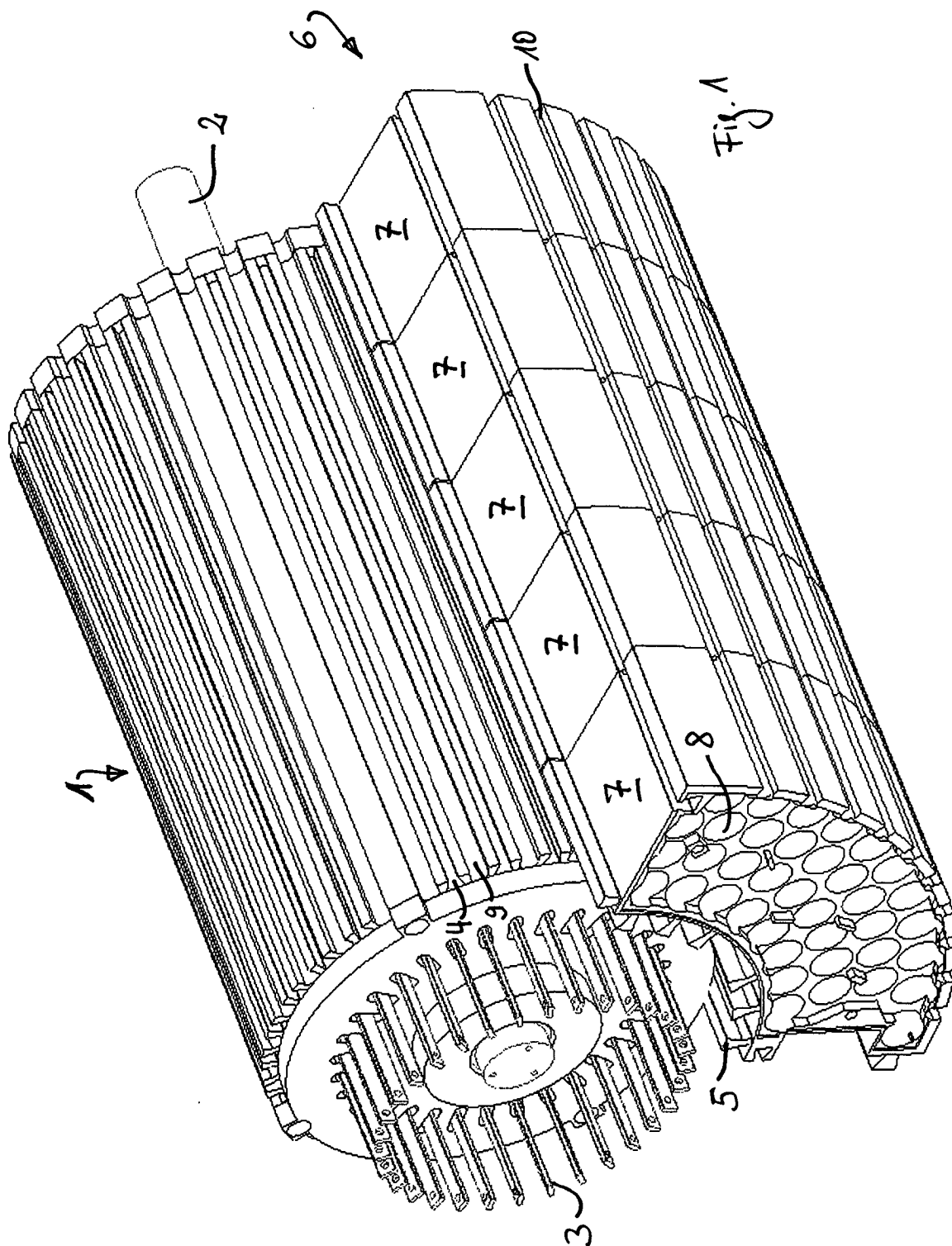
18. Elektro-Antriebssystem nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in

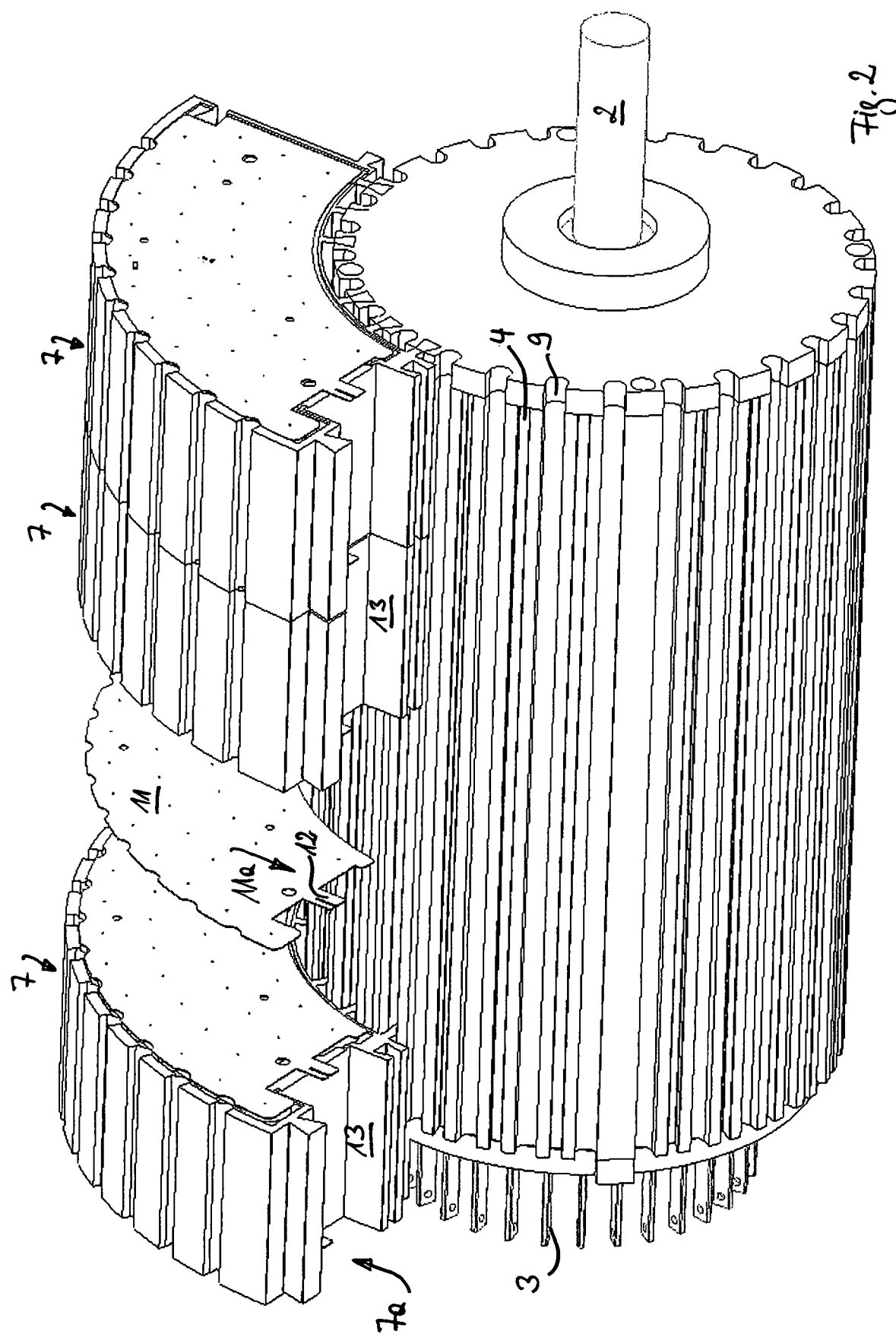
der Blechung des Elektromotors (1) wenigstens eine Nut bis zum Innendurchmesser des Stators verlängert ist, in welcher ein Magnetfeldsensor angeordnet ist, der von der Leistungselektronik einer Steuerplatine (14) in die Nut hineinragt.

19. Elektro-Antriebssystem nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Drehwinkelersfassung auf der Welle des Elektromotors (1) wenigstens ein Permanentmagnet angeordnet ist, dessen Magnetfeld durch einen auf einer darüber liegenden Platine, insbesondere auf einer stirnseitigen Steuerplatine (14) montierten Drehwinkelsensor, insbesondere 180-Grad-Sensor, erfassbar ist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen





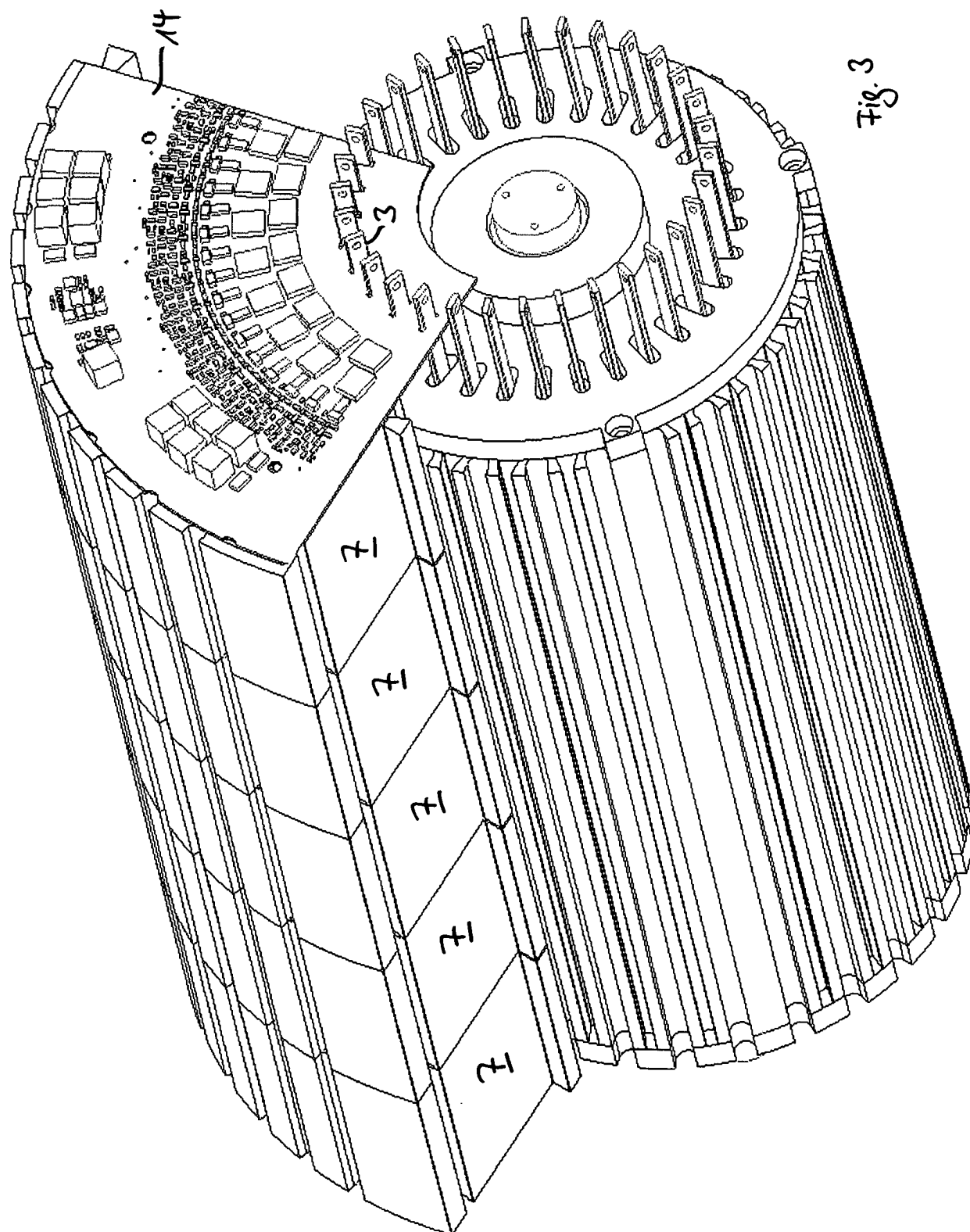


Fig. 3