



(10) **DE 10 2022 106 186 A1** 2022.09.29

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 106 186.8**

(22) Anmeldetag: **16.03.2022**

(43) Offenlegungstag: **29.09.2022**

(51) Int Cl.: **H02K 1/16** (2006.01)

**H02K 3/12** (2006.01)

**H02K 3/34** (2006.01)

(30) Unionspriorität:  
**17/210,128**                      **23.03.2021**      **US**

(71) Anmelder:  
**Ford Global Technologies, LLC, Dearborn, MI, US**

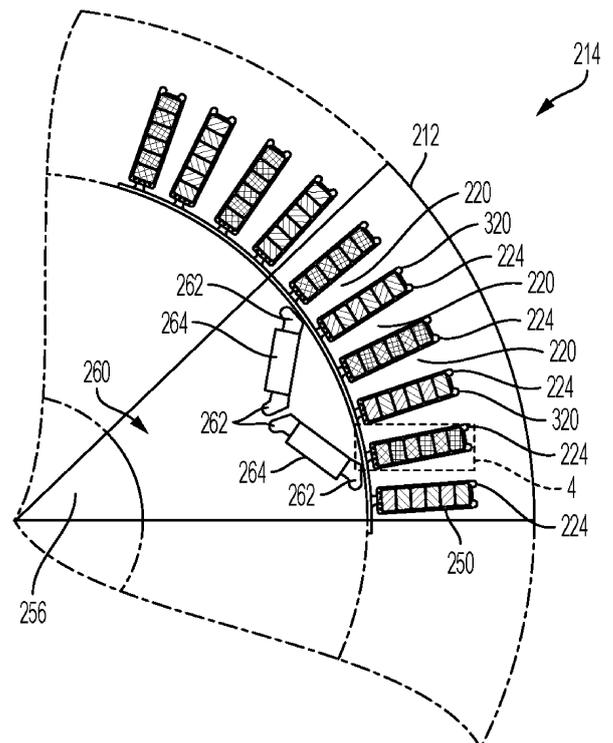
(74) Vertreter:  
**PATERIS Theobald Elbel Fischer, Patentanwälte,  
PartmbB, 14059 Berlin, DE**

(72) Erfinder:  
**Rathnam, Singar, Farmington Hills, MI, US;  
Hetrick, Joel, Ann Arbor, MI, US; Pradeepkumar,  
Akash Changarankumarath, Westland, MI, US**

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

(54) Bezeichnung: **ELEKTRIFIZIERTES FAHRZEUG, DAS EINEN STATOR EINER ELEKTRISCHEN MASCHINE MIT NUTTASCHE AUFWEIST**

(57) Zusammenfassung: Ein Fahrzeug, eine elektrische Maschine und ein Stator beinhalten Statorzähne, die sich von einem Jochabschnitt zu einem Rotor erstrecken und Nuten zwischen benachbarten Zähnen definieren, wobei Wicklungen innerhalb der Nuten positioniert sind, wobei die Zähne Taschen an Verbindungen mit dem Jochabschnitt bilden. Elektrisch isolierendes Nutpapier kann mindestens drei Seiten der Nuten auskleiden. Die Taschen können sich in die Zähne oder den Jochabschnitt erstrecken, wobei sich die Zähne von dem Jochabschnitt erstrecken, und können mit einer elektrisch isolierenden Verbindung gefüllt sein, die die isolierende Nutpapierauskleidung und die elektrisch leitfähigen rechteckigen Wicklungen innerhalb der Nuten sichert.



**Beschreibung**

## GEBIET DER TECHNIK

**[0001]** Diese Offenbarung betrifft ein elektrifiziertes Fahrzeug und eine elektrische Maschine, die einen Stator mit Nutmerkmalen aufweist, um den Fluss von isolierendem Harz, Epoxid, Lack oder Überzugslack um eine Nutauskleidung innerhalb der Nuten zu fördern.

## ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

**[0002]** Elektrifizierte Fahrzeuge sind von einer Hochspannungstraktionsbatterie abhängig, um Leistung an eine elektrische Maschine, die als Traktions-elektromotor zum Antrieb betriebsfähig ist, bereitzustellen. Elektrische Maschinen beinhalten einen Stator, der einen Rotor umgibt, der sich dreht, um Elektrizität zu erzeugen, wenn er als Generator betrieben wird, oder um Drehmoment zu erzeugen, wenn er als Elektromotor betrieben wird. Der Stator kann aus Blechpaketen gebildet sein, die Zähne aufweisen, die sich von einem Rückschluss oder Joch erstrecken, um einen inneren Umfang mit einem Luftspalt zwischen den Zähnen und dem Rotor zu bilden. Die Zähne definieren Nuten, die mit Isolierpapier ausgekleidet sein können, bevor die elektrisch leitfähigen Wicklungen gewickelt werden, die in mehrere Phasen um Abschnitte des Umfangs getrennt werden können. Dreiphasige elektrische Maschinen werden üblicherweise in Anwendungen von elektrifizierten Fahrzeugen verwendet. Die Statornutauskleidung schützt die Wicklungsleiter während des Einführens in die Statornuten und stellt zudem eine zusätzliche Isolierung zwischen den Elektromotorwicklungsdrähten und den Statorblechen bereit. Die Nutauskleidungsisolierung stellt zudem eine zusätzliche Isolierung an der scharfen Kante oder Hairpin bereit, an der die Elektromotorwicklungen aus den Elektromotorstatornuten austreten. Nachdem der Stator bewickelt ist, werden die Wicklungen ferner mit einem Harz, Epoxid, Lack, Überzugslack oder einem ähnlichen Material isoliert, um die Wicklungen vor Verunreinigung und elektrischem Kurzschluss zu schützen und die Wicklungen auch mechanisch starrer zu machen.

## KURZDARSTELLUNG

**[0003]** Ausführungsformen der Offenbarung beinhalten ein Fahrzeug, das eine Traktionsbatterie und eine elektrische Maschine umfasst, die durch die Traktionsbatterie mit Leistung versorgt wird und dazu konfiguriert ist, dem Fahrzeug Antriebsleistung bereitzustellen. Die elektrische Maschine beinhaltet einen Rotor, der durch einen Luftspalt von einem Stator getrennt ist, der den Rotor umgibt. Der Stator beinhaltet Zähne, die sich von einem Jochabschnitt zu dem Rotor erstrecken und Nuten zwischen

benachbarten Zähnen definieren, wobei Wicklungen innerhalb der Nuten positioniert sind, wobei die Zähne Taschen an Verbindungen mit dem Jochabschnitt bilden. Die Statorzähne können abgerundete dreieckige Taschen an den Verbindungen mit dem Jochabschnitt bilden. Die Statorzähne können rechteckige Nuten mit parallelen Seiten bilden, die sich von den Taschen zu dem Luftspalt erstrecken. Die Taschen können sich radial in den Jochabschnitt, in einen Seitenabschnitt eines zugeordneten Zahns oder diagonal von einer zugeordneten Nut in einen zugeordneten Zahn und den Jochabschnitt erstrecken. Jede Tasche kann mit einer Seite eines zugeordneten Zahns in einem Abstand von dem Jochabschnitt von weniger als einer halben radialen Dicke eines Leiters der Wicklungen verbunden sein. Der Stator kann ferner eine isolierende Nutauskleidung umfassen, die zwischen den Wicklungen und mindestens drei Seiten jeder der Nuten angeordnet ist. Die isolierende Nutauskleidung kann Papier umfassen. Der Stator der elektrischen Maschine kann ferner eine elektrisch isolierende Verbindung umfassen, die die Wicklungen und die Nutauskleidung beschichtet und die Taschen mindestens teilweise füllt.

**[0004]** Ausführungsformen können ebenfalls eine elektrische Maschine beinhalten, die einen Rotor und einen Stator umfasst, der den Rotor umgibt und durch einen Luftspalt getrennt ist, wobei der Stator Zähne umfasst, die sich von einem Jochabschnitt zu dem Rotor erstrecken und rechteckige Nuten mit elektrisch isolierendem Nutpapier definieren, das mindestens drei Seiten der rechteckigen Nuten auskleidet, wobei die Nuten abgerundete Taschen beinhalten, die sich in die Zähne oder den Jochabschnitt erstrecken, wobei sich die Zähne von dem Jochabschnitt erstrecken, und wobei die Taschen mit einer elektrisch isolierenden Verbindung gefüllt sind, die die isolierende Nutpapierauskleidung und die elektrisch leitfähigen rechteckigen Wicklungen innerhalb der rechteckigen Nuten sichert. Die abgerundeten Taschen können sich von dem Jochabschnitt um einen radialen Abstand von weniger als der Hälfte der radialen Breite eines einzelnen Leiters der rechteckigen Wicklungen erstrecken. Die Taschen können sich diagonal von einer zugeordneten Nut sowohl in die Zähne als auch in den Jochabschnitt erstrecken und können abgerundete dreieckige Taschen sein. Der Stator kann eine Vielzahl von Blechpaketen umfassen.

**[0005]** In einer oder mehreren Ausführungsformen umfasst ein Stator einer elektrischen Maschine einen Jochabschnitt und Zähne, die integral in einstückiger Konstruktion mit dem Jochabschnitt ausgebildet sind und sich von dem Jochabschnitt zu einem inneren Umfang erstrecken, um konvexe Verrundungen zwischen den Zähnen und dem Jochabschnitt zu bilden.

**[0006]** Benachbarte Zähne bilden dazwischen eine Nut, die dazu konfiguriert ist, eine isolierende Nutauskleidung und Wicklungen aufzunehmen. Die konvexen Verrundungen sind dazu konfiguriert, den Fluss eines elektrisch isolierenden Fluids zwischen der Nutauskleidung und dem Jochabschnitt während des Zusammenbaus zu fördern. Die Statorzähne können dreieckige konvexe Verrundungen mit dem Jochabschnitt bilden. Die dreieckigen konvexen Verrundungen können sich sowohl in den Jochabschnitt als auch in Seiten der Zähne erstrecken, sich in Seiten der Zähne, aber nicht in den Jochabschnitt erstrecken oder sich in den Jochabschnitt erstrecken, ohne sich in Seiten der Zähne zu erstrecken. Die Zähne können rechteckige Nuten bilden, wobei sich die konvexen Verrundungen um weniger als die Hälfte der radialen Breite eines einzelnen rechteckigen Leiters der Wicklungen innerhalb der rechteckigen Nuten von dem Jochabschnitt erstrecken.

**[0007]** Ausführungsformen der Offenbarung können einen oder mehrere zugeordnete Vorteile bereitstellen. Zum Beispiel fördern Statorbleche einer elektrischen Maschine, die Zähne aufweisen, die Nuten mit Taschen definieren, wobei die Zähne mit dem Rückschluss oder Joch des Statorkerns verbunden sind, den Fluss von Lack, Epoxid oder einer anderen isolierenden Verbindung zwischen dem Nutauskleidungsisolierpapier und dem Stahlkern während des Zusammenbaus. Der verbesserte Fluss der isolierenden Verbindung und der zusätzliche Oberflächenbereich, der nach dem Aushärten mit der isolierenden Verbindung in Kontakt steht, kann die Leistung der elektrischen Maschine im Betrieb hinsichtlich Geräusch, Vibration und Rauheit (noise, vibration and harshness - NVH) verbessern.

#### Figurenliste

**Fig. 1** ist ein Diagramm, das ein elektrifiziertes Fahrzeug veranschaulicht, das eine elektrische Maschine mit Statorblechen aufweist, die Nutmerkmale aufweisen, um den Fluss isolierenden Materials während des Zusammenbaus zu fördern.

**Fig. 2** ist eine perspektivische Ansicht eines Stators einer elektrischen Maschine, die Blechpakete mit Nutmerkmalen veranschaulicht.

**Fig. 3** veranschaulicht einen Bereich von Rotor- und Statorblechen einer elektrischen Maschine, der Nutmerkmale aufweist.

**Fig. 4** veranschaulicht eine repräsentative rechteckige Statornut mit Taschen, die sich diagonal in den Jochabschnitt und die Zähne erstrecken.

**Fig. 5** veranschaulicht eine repräsentative rechteckige Statornut mit Taschen, die sich in Umfangsrichtung in die Zähne erstrecken.

**Fig. 6** veranschaulicht eine repräsentative rechteckige Statornut mit Taschen, die sich radial in den Rückschluss oder Jochabschnitt erstrecken.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

**[0008]** In dieser Schrift werden Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung beschrieben. Es versteht sich jedoch, dass die offenbarten Ausführungsformen lediglich Beispiele sind und andere Ausführungsformen verschiedene und alternative Formen annehmen können. Die Figuren sind nicht zwingend maßstabsgetreu; einige Merkmale könnten vergrößert oder verkleinert dargestellt sein, um Details konkreter Komponenten zu zeigen. Daher sind in dieser Schrift offenbarte konkrete strukturelle und funktionelle Details nicht als einschränkend auszulegen, sondern lediglich als repräsentative Grundlage, um den Fachmann den vielfältigen Einsatz der vorliegenden Erfindung zu lehren. Für den Durchschnittsfachmann versteht es sich, dass verschiedene Merkmale, die unter Bezugnahme auf eine beliebige der Figuren veranschaulicht und beschrieben sind, mit Merkmalen kombiniert werden können, die in einer oder mehreren anderen Figuren veranschaulicht sind, um Ausführungsformen zu erzeugen, die nicht ausdrücklich veranschaulicht oder beschrieben sind. Die veranschaulichten Kombinationen von Merkmalen stellen repräsentative Ausführungsformen für typische Anwendungen bereit. Verschiedene Kombinationen und Modifikationen der Merkmale, die mit den Lehren dieser Offenbarung vereinbar sind, könnten jedoch für konkrete Anwendungen oder Umsetzungen wünschenswert sein.

**[0009]** Elektrifizierte Fahrzeuge beinhalten eine oder mehrere elektrische Maschinen, die als Generator betrieben werden können, um Vorrichtungen mit Leistung zu versorgen oder Energie in einer Traktionsbatterie zu speichern, oder als Elektromotor, um Drehmoment zum Antreiben des Fahrzeugs bereitzustellen. Elektrische Maschinen beinhalten einen Rotor, der sich während des Betriebs innerhalb eines feststehenden Stators dreht. Der Stator kann aus einer Vielzahl von Blechpaketen bestehen. Die Bleche können aus Elektrostahl oder anderen Eisenlegierungen hergestellt sein. Die Bleche können Zähne aufweisen, die sich von einem Rückschluss oder Jochabschnitt zu einer Mittelöffnung erstrecken, die den Rotor aufnimmt. Die Zähne definieren oder bilden Nuten zwischen benachbarten Zähnen. Leitfähige Wicklungen können durch die Nuten gewickelt sein, um elektrischen Strom zu führen. Die Nuten können dazu bemessen sein (d. h. eine Querschnittsfläche aufweisen, die dazu bemessen ist), die Wicklungen aufzunehmen. Die relative Querschnittsfläche der Zähne und Nuten kann dazu ausgestaltet sein, eine maximale Drehmomentdichte bereitzustellen. Das Erhöhen der Querschnittsfläche

der Zähne stellt eine erhöhte Kanalisierung des Magnetflusses bereit, wodurch die Drehmomentdichte verbessert wird. Das Erhöhen der Querschnittsfläche der Nuten ermöglicht, dass die Querschnittsfläche der Wicklungen zunimmt, und reduziert Kupferwiderstandsverluste. Daher können Statoren dazu ausgestaltet sein, die Querschnittsfläche der Zähne und die Querschnittsfläche der Nuten zu maximieren.

**[0010]** Wicklungen können dazu verwendet werden, elektrischen Strom durch die Nuten in dem Statorenkern zu leiten, was das Magnetfeld induziert. Die Wicklungen können ein Massivleiter für einen Einphasenmotor oder ein Massivleiter für jede Phase eines Mehrphasenmotors sein. Die einzelnen Leiter können verschiedene Querschnittsgeometrien aufweisen, wie etwa rund oder rechteckig (oder quadratisch). Die Wicklungen oder einzelnen Leiter können eine Beschichtung (z. B. Lack, Epoxid, Harz, Farbe) aufweisen, um eine Querleitung zwischen einzelnen Leitern zu verhindern. Die Wicklungen können die gleichen Querschnittsflächen aufweisen, um einheitliche Kupferverluste aufrechtzuerhalten.

**[0011]** Bei mehrphasigen elektrischen Maschinen können die Wicklungen verschiedener Phasen durch einen Isolator getrennt werden, um Kurzschlüsse zwischen den Wicklungen zu verhindern, da das elektrische Potential zwischen verschiedenen Phasen die Isolierung, die durch Umgebungsluft und den Lack zwischen den Wicklungen bereitgestellt ist, überwinden kann. Der Isolator kann jede der Nuten auskleiden und als Nutauskleidung oder Isolierpapier bezeichnet werden. Eine elektrisch isolierende Beschichtung (die wärmeleitend sein kann) kann auf die Wicklungen, die Nutauskleidung und die Nuten aufgebracht werden, um die Wärmeübertragungseigenschaften zu verbessern, einen elektrischen Kurzschluss zu verhindern und eine mechanische Steifigkeit der Baugruppe bereitzustellen.

**[0012]** Verschiedene Techniken können dazu verwendet werden, die elektrisch isolierende Beschichtungsverbindung oder das elektrisch isolierende Beschichtungsmaterial aufzubringen, einschließlich eines Eintauch- und Aushärtungs-/Härtungsprozesses, einer Träufelanwendung, einer Vakuumdruckimprägnierung und einer Harzversiegelung. Die Eintauch- und Härtinganwendung beinhaltet das Eintauchen der Elektromotorwicklungen in einen Tank mit isolierender Flüssigkeit (oft zweimal, um eine vollständige Abdeckung sicherzustellen), gefolgt von Erhitzen in einem Ofen, um die Verbindung auszuhärten/zu härten. In einer Träufelanwendung ist die Wicklung mit einem Drehteller verbunden und wird ein elektrischer Widerstand verwendet, um während des Drehens Wärme zu erzeugen, und ein Träufelstrom von Material wird in den Wickelkopf eingeführt. Die Verbindung folgt dem Draht in der gesamten Nut, um die Möglichkeit einer

Teilentladung in zufälligen Wicklungen zu reduzieren oder zu beseitigen. Sobald sie vollständig gesättigt sind, wird der Strom in den Wicklungen erhöht, um die Verbindung während des Drehens auszuhärten. Vakuumdruckimprägnierung (vacuum pressure impregnation - VPI) verwendet einen Vakuumdrucktank, der mit einer isolierenden Verbindung oder einem isolierenden Material gefüllt ist, um Elektromotorwicklungen und Isolierung vollständig mit Harz oder Lack zu imprägnieren. Die Wicklungen können vorgewärmt werden, um die Leistung zu verbessern, wobei die Kapazität über mehrere Zyklen gemessen wird, um eine akzeptable Füllung zu bestimmen. Eine weitere Alternative beinhaltet das Versiegeln oder Vergießen mit Harz, um die Wicklungen zu isolieren, indem die Spulen und die Isolierung vollständig mit einem duroplastischen Polymerharz mit hohem Molekulargewicht imprägniert werden.

**[0013]** Fig. 1 stellt ein repräsentatives elektrifiziertes Fahrzeug dar, das in diesem Beispiel ein Plug-in-Hybrid-Elektrofahrzeug (hybrid electric vehicle - HEV) ist. Das Fahrzeug 112 kann eine oder mehrere elektrische Maschinen 114 umfassen, die mechanisch mit einem Getriebe 116 verbunden sind, das Statornuten mit Taschen oder Merkmalen wie hierin beschrieben aufweist. Die elektrischen Maschinen 114 können dazu in der Lage sein, als Elektromotor oder Generator betrieben zu werden. Zusätzlich ist das Getriebe 116 mechanisch mit einer Brennkraftmaschine 118 verbunden. Das Getriebe 116 ist ebenfalls mechanisch mit einer Antriebswelle 20 verbunden, die mechanisch mit den Rädern 122 verbunden ist. Die elektrischen Maschinen 114 können Antriebs- und Nutzbremsefähigkeit bereitstellen, wenn der Motor 118 ein- oder ausgeschaltet ist. Während des Nutzbremseens fungieren die elektrischen Maschinen 114 als Generatoren und können Kraftstoffverbrauchsvorteile bereitstellen, indem Energie zurückgewonnen wird, die normalerweise als Wärme im Reibungsbremssystem verlorengehen würde. Die elektrischen Maschinen 114 können außerdem Fahrzeugemissionen reduzieren, indem sie ermöglichen, dass der Motor 118 bei effizienteren Drehzahlen betrieben wird, und ermöglichen, dass das Hybrid-Elektrofahrzeug 112 im Elektromodus betrieben wird, wobei der Motor 118 unter bestimmten Bedingungen aus ist.

**[0014]** Eine Traktionsbatterie oder ein Batteriepack 124 speichert Energie, die durch die elektrischen Maschinen 114 verwendet werden kann. Ein Fahrzeugbatteriepack 124 stellt typischerweise eine Hochspannungsgleichstrom-(direct current - DC-) Ausgabe bereit. Die Traktionsbatterie 124 ist elektrisch mit einem oder mehreren Leistungselektronikmodulen verbunden. Ein oder mehrere Schütze 142 können die Traktionsbatterie 124 von anderen Komponenten isolieren, wenn sie geöffnet sind, und die Traktionsbatterie 124 mit anderen Komponenten ver-

binden, wenn sie geschlossen sind. Ein Leistungselektronikmodul 126 ist zudem elektrisch mit den elektrischen Maschinen 114 verbunden und stellt die Fähigkeit bereit, Energie bidirektional zwischen der Traktionsbatterie 124 und den elektrischen Maschinen 114 zu übertragen. Eine typische Traktionsbatterie 124 kann zum Beispiel eine DC-Spannung bereitstellen, während die elektrischen Maschinen 114 möglicherweise einen Dreiphasen-Wechselstrom (alternating current - AC) benötigen, um zu funktionieren. Das Leistungselektronikmodul 126 kann die DC-Spannung in einen Dreiphasen-AC-Strom umwandeln, wie er von den elektrischen Maschinen 114 benötigt wird. In einem regenerativen Modus kann das Leistungselektronikmodul 126 den Dreiphasen-AC-Strom von den elektrischen Maschinen 114, die als Generatoren fungieren, in die DC-Spannung umwandeln, die von der Traktionsbatterie 124 benötigt wird. Die Beschreibung in dieser Schrift gilt gleichermaßen für ein elektrifiziertes Fahrzeug, das als ein reines Elektrofahrzeug umgesetzt ist, oft als ein Batterieelektrofahrzeug (battery electric vehicle - BEV) bezeichnet. Bei einem BEV kann es sich bei dem Hybridgetriebe 116 um ein Schaltgetriebe handeln, das mit einer elektrischen Maschine 114 verbunden ist, und bei dem der Motor 118 ausgelassen sein kann.

**[0015]** Zusätzlich zum Bereitstellen von Energie zum Antrieb kann die Traktionsbatterie 124 Energie für andere elektrische Fahrzeugsysteme bereitstellen. Ein typisches System kann ein DC/DC-Wandlermodul 128 beinhalten, das die Hochspannungs-DC-Ausgabe der Traktionsbatterie 124 in eine Niederspannungs-DC-Zufuhr umwandelt, die mit anderen Fahrzeugverbrauchern kompatibel ist. Andere Hochspannungsverbraucher, wie etwa Verdichter und elektrische Heizvorrichtungen, können ohne die Verwendung eines DC/DC-Wandlermoduls 128 direkt mit der Hochspannung verbunden sein. Die Niederspannungssysteme können elektrisch mit einer Hilfsbatterie 130 verbunden sein (z. B. einer 12-V-, 24-V- oder 48-V-Batterie).

**[0016]** Das elektrifizierte Fahrzeug 112 kann ein BEV oder ein Plug-in-Hybridfahrzeug sein, in dem die Traktionsbatterie 124 durch eine externe Leistungsquelle 136 wiederaufgeladen werden kann, oder ein Standardhybrid, der die Traktionsbatterie vom Betreiben elektrischer Maschinen als Generator auflädt, aber keine Leistung aus einer externen Leistungsquelle aufnimmt. Bei der externen Leistungsquelle 136 kann es sich um eine Verbindung mit einer Steckdose handeln. Die externe Leistungsquelle 136 kann elektrisch mit einem Elektrofahrzeugversorgungsgerät (electric vehicle supply equipment - EVSE) 138 verbunden sein. Das EVSE 138 kann Schaltungen und Steuerungen bereitstellen, um die Übertragung von Energie zwischen der Leistungsquelle 136 und dem Fahrzeug 112 zu regeln

und zu verwalten. In anderen Ausführungsformen kann das Fahrzeug 112 drahtloses Laden einsetzen, das als freihändiges oder berührungsloses Laden bezeichnet werden kann, das induktive oder ähnliche drahtlose Leistungsübertragung verwendet.

**[0017]** Die externe Leistungsquelle 136 kann dem EVSE 138 elektrische DC- oder AC-Leistung bereitstellen. Das EVSE 138 kann einen Ladestecker 140 zum Einstecken in einen Ladeanschluss 134 des Fahrzeugs 112 aufweisen. Der Ladeanschluss 134 kann eine beliebige Art von Anschluss sein, der dazu konfiguriert ist, Leistung vom EVSE 138 an das Fahrzeug 112 zu übertragen. Der Ladeanschluss 134 kann elektrisch mit einer Ladevorrichtung oder einem bordeigenen Leistungswandlungsmodul 132 verbunden sein. Das Leistungswandlungsmodul 132 kann die vom EVSE 138 zugeführte Leistung konditionieren, um der Traktionsbatterie 124 die richtigen Spannungs- und Strompegel bereitzustellen. Das Leistungswandlungsmodul 132 kann mit dem EVSE 138 eine Schnittstelle bilden, um die Abgabe von Leistung an das Fahrzeug 112 zu koordinieren. Der EVSE-Stecker 140 kann Stifte aufweisen, die mit entsprechenden Aussparungen des Ladeanschlusses 134 zusammenpassen. Alternativ dazu können verschiedene Komponenten, die als elektrisch verbunden beschrieben sind, Leistung unter Verwendung einer drahtlosen induktiven Kopplung übertragen, wie vorstehend beschrieben.

**[0018]** Eine oder mehrere Radbremsen 144 können zum Reibungsbremsen des Fahrzeugs 112 und Verhindern einer Bewegung des Fahrzeugs 112 bereitgestellt sein. Die Radbremsen 144 können hydraulisch betätigt, elektrisch betätigt oder eine Kombination davon sein. Die Radbremsen 144 können Teil eines Bremssystems 150 sein. Das Bremssystem 150 kann andere Komponenten beinhalten, die zum Betreiben der Radbremsen 144 erforderlich sind. Der Einfachheit halber stellt die Figur eine einzelne Verbindung zwischen dem Bremssystem 150 und einer der Radbremsen 144 dar. Eine Verbindung zwischen dem Bremssystem 150 und den anderen Radbremsen 144 ist impliziert. Das Bremssystem 150 kann eine Steuerung beinhalten, um das Bremssystem 150 zu überwachen und zu koordinieren. Das Bremssystem 150 kann die Bremskomponenten überwachen und die Radbremsen 144 steuern, um den gewünschten Betrieb zu erzielen. Das Bremssystem 150 kann auf Fahrerbefehle reagieren und kann zudem autonom betrieben werden, um Merkmale wie etwa Stabilitätskontrolle umzusetzen. Die Steuerung des Bremssystems 150 kann ein Verfahren zum Aufbringen einer angeforderten Bremskraft umsetzen, wenn dies durch eine andere Steuerung oder Unterfunktion angefordert wird.

**[0019]** Ein oder mehrere elektrische Verbraucher 146 können mit dem Hochspannungsbuss verbunden

sein. Die elektrischen Verbraucher 146 können eine zugeordnete Steuerung aufweisen, welche den elektrischen Verbraucher 146 gegebenenfalls betreibt. Zu Beispielen für elektrische Verbraucher 146 können ein Heizmodul oder ein Klimamodul gehören.

**[0020]** Die beschriebenen verschiedenen Komponenten können eine oder mehrere zugeordnete Steuerungen zum Steuern und Überwachen des Betriebs der Komponenten aufweisen. Die Steuerungen können über einen seriellen Bus (z. B. ein Controller Area Network (CAN)) oder über separate Leiter kommunizieren. Zusätzlich kann eine Systemsteuerung 148 vorhanden sein, um den Betrieb der verschiedenen Komponenten zu koordinieren.

**[0021]** Fig. 2 ist eine perspektivische Ansicht eines repräsentativen Stators, der durch Blechpakete gebildet ist, die jeweils Statornutmerkmale gemäß verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung aufweisen. Fig. 3 stellt eine Draufsicht auf einen Stator Kern und einen zugeordneten Rotor bereit, die durch einen Luftspalt getrennt sind. Unter Bezugnahme auf die Fig. 2 und Fig. 3 beinhaltet die elektrische Maschine 114 (Fig. 1) einen Stator 210, der eine Vielzahl von Blechen 212 aufweist. Wenn sie zu einem Paket zusammengefügt sind, bilden die Bleche 212 einen Stator Kern 214. Jedes der Bleche 212 kann eine ring- oder donutförmige Form aufweisen, um einen Rotor 260 aufzunehmen, der durch einen Luftspalt getrennt und von dem Stator Kern 214 umgeben ist. Der Rotor 260 kann Ausschnitte 262 beinhalten, die dazu konfiguriert sind, Dauermagnete 264 zu sichern, die gepaart werden können, um Magnetpole zu bilden. Der Rotor 260 kann unter Verwendung einer komplementären Feder und Nut (nicht gezeigt) mechanisch mit einer Welle 256 verbunden sein.

**[0022]** Jedes Blech 212 beinhaltet eine Vielzahl von Zähnen 220, die integral in einstückiger Konstruktion ausgebildet sind und sich von einem Rückschluss oder Jochabschnitt 222 radial nach innen zu dem Innendurchmesser erstrecken. Benachbarte Zähne 220 wirken zusammen, um Nuten 224 zu definieren. Jede Nut 224 beinhaltet eine konvexe Verrundung oder Tasche (am besten in den Fig. 3-6 gezeigt) an oder nahe der Stelle, an der sich die Zähne 220 von dem Jochabschnitt 222 erstrecken, wie nachstehend ausführlicher beschrieben. Die Zähne 220 jedes Blechs 212 sind derart ausgerichtet, dass sich Statornuten 224 durch den Stator Kern 214 zwischen den gegenüberliegenden Endflächen 226 erstrecken. Die Endflächen 226 definieren die gegenüberliegenden Enden des Kerns 214 und sind durch das erste und das letzte Blech 212 gebildet. Eine elektrisch isolierende Nutauskleidung (Fig. 3-6) ist in den Nuten 224 positioniert. Eine Vielzahl von Wicklungen

230 ist um verschiedene Gruppen von Zähnen 220 gewickelt und innerhalb der Statornuten 224 angeordnet. Jede Nut 224 beinhaltet mehrere Durchgänge oder Umwicklungen der Leiter oder Drähte 250, die die Wicklungen 230 bilden. Die Anzahl der Leiterdurchgänge oder -umwicklungen innerhalb jeder Nut kann in Abhängigkeit von der konkreten Anwendung und Umsetzung variieren. In einer Ausführungsform beinhaltet jede Nut 224 acht Leiterumwicklungen oder -durchgänge.

**[0023]** Die Leiter oder Drähte, die die Wicklungen 230 bilden, können verschiedene Querschnittsgeometrien aufweisen, wie etwa kreisförmig oder rechteckig (einschließlich quadratisch), abhängig von der konkreten Anwendung und Umsetzung. Die Wicklungen 230 können in einem isolierenden Material oder einer isolierenden Verbindung (nicht gezeigt) angeordnet oder vergossen sein, wie zum Beispiel einem Lack, einem Überzugslack, einem Epoxid oder Harz, der/das während des Zusammenbaus als Flüssigkeit oder Fluid aufgebracht wird und die Nutmerkmale mindestens teilweise füllt (wie etwa Taschen, konkave Verrundungen usw.), die hierin beschrieben sind, bevor er/es ausgehärtet oder gehärtet wird, um eine starre Struktur zu bilden. Abschnitte der Wicklungen 230 erstrecken sich im Allgemeinen in einer axialen Richtung entlang der Statornuten 224. An den Endflächen 226 des Stator Kerns 214 krümmen sich die Wicklungen 230, um sich in Umfangsrichtung um die Endflächen 226 zu erstrecken und bilden so die Hairpins oder Endwicklungen 240.

**[0024]** Die Fig. 4-6 veranschaulichen repräsentative alternative Konfigurationen für Statornutmerkmale, um den Fluss eines elektrisch isolierenden Materials oder einer elektrisch isolierenden Verbindung, wie etwa Lack, Überzugslack, Epoxid oder Harz, während des Zusammenbaus zu fördern. In den veranschaulichten repräsentativen Ausführungsformen ist jede Nut 224 rechteckig und nimmt acht Wicklungen entsprechender rechteckiger Leiter 250 auf. Eine elektrisch isolierende Nutauskleidung 310, die ein isolierendes Papier umfasst, erstreckt sich um mindestens drei Seiten der Nuten 224. In den veranschaulichten repräsentativen Ausführungsformen erstreckt sich die Nutauskleidung 310 um alle Wicklungen 250 innerhalb der Nuten 224 mit einer kleinen Öffnung an der innersten Wicklung. Die Nutauskleidung 310 erstreckt sich nicht wesentlich in die Taschen 320, 320', 320'', um den Fluss des elektrisch isolierenden Materials nicht einzuschränken. Konkave Verrundungen oder Taschen 320, 320' und 320'' fördern somit den Fluss einer elektrisch isolierenden flüssigen Verbindung oder eines elektrisch isolierenden flüssigen Materials, um die Nuten 224 und Taschen mindestens teilweise zu füllen, die/das dann während des Zusammenbaus der elektrischen Maschine ausgehärtet oder gehärtet wird, und

sichert die isolierende Nutpapierauskleidung 310 und Wicklungen 250 innerhalb rechteckiger Nuten 224.

**[0025] Fig. 4** veranschaulicht eine repräsentative rechteckige Statornut 224 mit konkaven Verrundungen oder abgerundeten Taschen 320 an den Verbindungen zu dem Jochabschnitt 222, die sich sowohl in den Jochabschnitt 222 als auch in die Seitenwand benachbarter Zähne 220 erstrecken. In dieser repräsentativen Ausführungsform erstrecken sich Taschen 320 im Allgemeinen diagonal in den Jochabschnitt 222 und die Zähne 220. Eine rechteckige Nut 224 wird durch benachbarte Statorzähne 220 mit parallelen Seiten gebildet, die sich von den Taschen 320 zu dem Luftspalt zwischen dem Stator und dem Rotor erstrecken.

**[0026]** Eine isolierende Nutauskleidung 310 erstreckt sich um mindestens drei Seiten der rechteckigen Nut 224 zwischen den Zähnen 220 und den Wicklungsleitern 250. Die Konfiguration aus **Fig. 4** kann eine wünschenswertere NVH-Leistung bereitstellen als die Konfigurationen aus den **Fig. 5** und **Fig. 6**, kann jedoch schwieriger herzustellen sein und weniger wünschenswerte elektromagnetische Eigenschaften aufweisen.

**[0027] Fig. 5** veranschaulicht eine repräsentative rechteckige Statornut 224 mit konkaven Verrundungen oder Taschen 320', die sich in Umfangsrichtung in benachbarte Zähne 220 erstrecken. Taschen 320' sind mit den Seiten von benachbarten Zähnen 220 in einem Abstand von dem Jochabschnitt 220' von weniger als einer halben radialen Dicke einer der Leiterwicklungen 250 verbunden. Die Konfiguration aus **Fig. 5** kann verschiedene Vorteile in Bezug auf die Herstellung und NVH-Leistung bereitstellen, kann jedoch zu weniger wünschenswerten elektromagnetischen Eigenschaften führen.

**[0028] Fig. 6** veranschaulicht eine repräsentative rechteckige Statornut 224 mit Taschen 320", die sich radial in den Rückschluss oder Jochabschnitt 222 erstrecken, ist ansonsten jedoch den Konfigurationen aus den **Fig. 4** und **Fig. 5** ähnlich. Die Konfiguration der Taschen 320" in **Fig. 6** kann verschiedene Herstellungsvorteile bereitstellen, aber in einigen Umsetzungen in Bezug auf NVH und elektromagnetische Eigenschaften weniger wünschenswert als die Konfigurationen aus den **Fig. 4** und **Fig. 5**.

**[0029]** Wenngleich vorstehend beispielhafte Ausführungsformen beschrieben sind, sollen diese Ausführungsformen nicht alle möglichen Formen beschreiben, die durch die Patentansprüche eingeschlossen sind. Die in der Beschreibung verwendeten Ausdrücke sind vielmehr beschreibende Ausdrücke als einschränkende Ausdrücke und es versteht sich, dass verschiedene Änderungen vorgenommen

werden können, ohne vom Wesen und Umfang der Offenbarung abzuweichen. Wie vorstehend beschrieben, können die Merkmale verschiedener Ausführungsformen kombiniert werden, um weitere Ausführungsformen der Erfindung zu bilden, die unter Umständen nicht ausdrücklich beschrieben oder veranschaulicht sind. Wenngleich verschiedene Ausführungsformen gegenüber anderen Ausführungsformen oder Umsetzungen nach dem Stand der Technik hinsichtlich einer oder mehrerer gewünschter Kenndaten als vorteilhaft oder bevorzugt beschrieben worden sein könnten, erkennt der Durchschnittsfachmann, dass bei einem/einer oder mehreren Merkmalen oder Kenndaten Kompromisse eingegangen werden können, um die gewünschten Gesamtattribute des Systems zu erzielen, die von der konkreten Anwendung und Umsetzung abhängen. Diese Attribute können unter anderem Kosten, Festigkeit, Lebensdauer, Lebenszykluskosten, Marktfähigkeit, Erscheinungsbild, Verbauung, Größe, Betriebsfähigkeit, Gewicht, Herstellbarkeit, einfacher Zusammenbau usw. beinhalten. Demnach liegen Ausführungsformen, die in Bezug auf eine oder mehrere Eigenschaften als weniger wünschenswert als andere Ausführungsformen oder Umsetzungen des Stands der Technik beschrieben sind, nicht außerhalb des Umfangs der Offenbarung und sie können für konkrete Anwendungen wünschenswert sein.

**[0030]** Gemäß der vorliegenden Erfindung ist ein Fahrzeug bereitgestellt, das Folgendes aufweist: eine Traktionsbatterie; und eine elektrische Maschine, die durch die Traktionsbatterie mit Leistung versorgt wird und dazu konfiguriert ist, dem Fahrzeug Antriebsleistung bereitzustellen, wobei die elektrische Maschine einen Rotor beinhaltet, der durch einen Luftspalt von einem Stator getrennt ist, der den Rotor umgibt, wobei der Stator Zähne beinhaltet, die sich von einem Jochabschnitt zu dem Rotor erstrecken und Nuten zwischen benachbarten Zähnen mit Wicklungen definieren, die innerhalb der Nuten positioniert sind, wobei die Zähne oder der Jochabschnitt Taschen in den Nuten definieren.

**[0031]** Gemäß einer Ausführungsform bilden die Statorzähne abgerundete Taschen an den Verbindungen mit dem Jochabschnitt.

**[0032]** Gemäß einer Ausführungsform bilden die Statorzähne rechteckige Nuten mit parallelen Seiten, die sich von den Taschen zu dem Luftspalt erstrecken.

**[0033]** Gemäß einer Ausführungsform erstrecken sich die Taschen radial in den Jochabschnitt.

**[0034]** Gemäß einer Ausführungsform erstrecken sich die Taschen in eine Seite eines zugeordneten Zahns.

**[0035]** Gemäß einer Ausführungsform erstrecken sich die Taschen diagonal von einer zugeordneten Nut sowohl in eine Seitenwand eines zugeordneten Zahns als auch in den Jochabschnitt.

**[0036]** Gemäß einer Ausführungsform ist jede Tasche mit einer Seite eines zugeordneten Zahns in einem Abstand von dem Jochabschnitt von weniger als einer halben radialen Dicke eines Leiters der Wicklungen verbunden.

**[0037]** Gemäß einer Ausführungsform umfasst der Stator der elektrischen Maschine ferner eine isolierende Nutauskleidung, die zwischen den Wicklungen und mindestens drei Seiten von jeder der Nuten angeordnet ist.

**[0038]** Gemäß einer Ausführungsform umfasst der Stator der elektrischen Maschine ferner eine elektrisch isolierende Verbindung, die die Wicklungen und die Nutauskleidung beschichtet und die Taschen mindestens teilweise füllt.

**[0039]** Gemäß der vorliegenden Erfindung ist eine elektrische Maschine bereitgestellt, die Folgendes aufweist: einen Rotor; und einen Stator, der den Rotor umgibt und durch einen Luftspalt getrennt ist, wobei der Stator Zähne umfasst, die sich von einem Jochabschnitt zu dem Rotor erstrecken und rechteckige Nuten mit elektrisch isolierendem Nutpapier definieren, das mindestens drei Seiten der rechteckigen Nuten auskleidet, wobei die Nuten abgerundete Taschen beinhalten, die sich in die Zähne oder den Jochabschnitt erstrecken, wobei sich die Zähne von dem Jochabschnitt erstrecken, und wobei die Taschen mit einer elektrisch isolierenden Verbindung gefüllt sind, die die isolierende Nutpapierauskleidung und die elektrisch leitfähigen rechteckigen Wicklungen innerhalb der rechteckigen Nuten sichert.

**[0040]** Gemäß einer Ausführungsform erstrecken sich die abgerundeten Taschen von dem Jochabschnitt um einen radialen Abstand von weniger als der Hälfte der radialen Breite eines einzelnen Leiters der rechteckigen Wicklungen.

**[0041]** Gemäß einer Ausführungsform weisen die abgerundeten Taschen, die durch die Statorzähne definiert sind, einen Scheitelpunkt auf, der diagonal von einer zugeordneten Nut sowohl in die Zähne als auch den Jochabschnitt angeordnet ist.

**[0042]** Gemäß einer Ausführungsform umfassen die abgerundeten Taschen abgerundete dreieckige Taschen.

**[0043]** Gemäß einer Ausführungsform umfasst der Stator eine Vielzahl von Blechpaketen.

**[0044]** Gemäß der vorliegenden Erfindung ist ein Stator einer elektrischen Maschine bereitgestellt, der Folgendes aufweist: einen Jochabschnitt; und Zähne, die integral in einstückiger Konstruktion mit dem Jochabschnitt ausgebildet sind und sich von dem Jochabschnitt zu einem inneren Umfang erstrecken, um konvexe Verrundungen zwischen den Zähnen und dem Jochabschnitt zu bilden, wobei benachbarte Zähne eine Nut dazwischen bilden, die dazu konfiguriert ist, eine isolierende Nutauskleidung und Wicklungen aufzunehmen, wobei die konvexen Verrundungen dazu konfiguriert sind, den Fluss eines elektrisch isolierenden Fluids zwischen der Nutauskleidung und dem Jochabschnitt während des Zusammenbaus zu fördern.

**[0045]** Gemäß einer Ausführungsform bilden die Zähne mit dem Jochabschnitt konvexe Verrundungen.

**[0046]** Gemäß einer Ausführungsform erstrecken sich die konvexen Verrundungen sowohl in den Jochabschnitt als auch in Seiten der Zähne.

**[0047]** Gemäß einer Ausführungsform erstrecken sich die konvexen Verrundungen in Seiten der Zähne, jedoch nicht in den Jochabschnitt.

**[0048]** Gemäß einer Ausführungsform erstrecken sich die konvexen Verrundungen in den Jochabschnitt, ohne sich in Seiten der Zähne zu erstrecken.

**[0049]** Gemäß einer Ausführungsform bilden die Zähne rechteckige Nuten und wobei sich die konvexen Verrundungen um weniger als die Hälfte der radialen Breite eines einzelnen rechteckigen Leiters der Wicklungen innerhalb der rechteckigen Nuten von dem Jochabschnitt erstrecken.

## Patentansprüche

1. Fahrzeug, das Folgendes umfasst:  
eine Traktionsbatterie; und  
eine elektrische Maschine, die durch die Traktionsbatterie mit Leistung versorgt wird und dazu konfiguriert ist, dem Fahrzeug Antriebsleistung bereitzustellen, wobei die elektrische Maschine einen Rotor beinhaltet, der durch einen Luftspalt von einem Stator getrennt ist, der den Rotor umgibt, wobei der Stator Zähne beinhaltet, die sich von einem Jochabschnitt zu dem Rotor erstrecken und Nuten zwischen benachbarten Zähnen mit Wicklungen definieren, die innerhalb der Nuten positioniert sind, wobei die Zähne oder der Jochabschnitt Taschen in den Nuten definieren.

2. Fahrzeug nach Anspruch 1, wobei die Statorzähne abgerundete Taschen an den Verbindungen zu dem Jochabschnitt bilden.

3. Fahrzeug nach Anspruch 2, wobei die Statorzähne rechteckige Nuten bilden, die parallele Seiten aufweisen, die sich von den Taschen zu dem Luftspalt erstrecken.

4. Fahrzeug nach Anspruch 2, wobei sich die Taschen radial in den Jochabschnitt erstrecken.

5. Fahrzeug nach Anspruch 2, wobei sich die Taschen in eine Seite eines zugeordneten Zahns erstrecken.

6. Fahrzeug nach Anspruch 2, wobei sich die Taschen diagonal von einer zugeordneten Nut sowohl in eine Seitenwand eines zugeordneten Zahns als auch den Jochabschnitt erstrecken.

7. Fahrzeug nach Anspruch 1, wobei jede Tasche mit einer Seite eines zugeordneten Zahns in einem Abstand von dem Jochabschnitt von weniger als einer halben radialen Dicke eines Leiters der Wicklungen verbunden ist.

8. Fahrzeug nach Anspruch 1, wobei der Stator der elektrischen Maschine ferner eine isolierende Nutauskleidung umfasst, die zwischen den Wicklungen und mindestens drei Seiten von jeder der Nuten angeordnet ist.

9. Fahrzeug nach Anspruch 8, wobei der Stator der elektrischen Maschine ferner eine elektrisch isolierende Verbindung umfasst, die die Wicklungen und die Nutauskleidung beschichtet und die Taschen mindestens teilweise füllt.

10. Elektrische Maschine, die Folgendes umfasst:  
einen Rotor; und  
einen Stator, der den Rotor umgibt und durch einen Luftspalt getrennt ist, wobei der Stator Zähne umfasst, die sich von einem Jochabschnitt zu dem Rotor erstrecken und rechteckige Nuten mit elektrisch isolierendem Nutpapier definieren, das mindestens drei Seiten der rechteckigen Nuten auskleidet, wobei die Nuten abgerundete Taschen beinhalten, die sich in die Zähne oder den Jochabschnitt erstrecken, wobei sich die Zähne von dem Jochabschnitt erstrecken, und wobei die Taschen mit einer elektrisch isolierenden Verbindung gefüllt sind, die die isolierende Nutpapierauskleidung und die elektrisch leitfähigen rechteckigen Wicklungen innerhalb der rechteckigen Nuten sichert.

11. Elektrische Maschine nach Anspruch 10, wobei sich die abgerundeten Taschen von dem Jochabschnitt um einen radialen Abstand von weniger als der Hälfte der radialen Breite eines einzelnen Leiters der rechteckigen Wicklungen erstrecken.

12. Elektrische Maschine nach Anspruch 10, wobei die abgerundeten Taschen, die durch die Statorzähne definiert sind, einen Scheitelpunkt aufweisen, der diagonal von einer zugeordneten Nut sowohl in die Zähne als auch den Jochabschnitt angeordnet ist.

13. Elektrische Maschine nach Anspruch 12, wobei die abgerundeten Taschen abgerundete dreieckige Taschen umfassen.

14. Elektrische Maschine nach Anspruch 13, wobei der Stator eine Vielzahl von Blechpaketen umfasst.

15. Stator einer elektrischen Maschine, der Folgendes umfasst:  
einen Jochabschnitt; und  
Zähne, die integral in einstückiger Konstruktion mit dem Jochabschnitt ausgebildet sind und sich von dem Jochabschnitt zu einem inneren Umfang erstrecken, um konvexe Verrundungen zwischen den Zähnen und dem Jochabschnitt zu bilden, wobei benachbarte Zähne eine Nut dazwischen bilden, die dazu konfiguriert ist, eine isolierende Nutauskleidung und Wicklungen aufzunehmen, wobei die konvexen Verrundungen dazu konfiguriert sind, den Fluss eines elektrisch isolierenden Fluids zwischen der Nutauskleidung und dem Jochabschnitt während des Zusammenbaus zu fördern.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

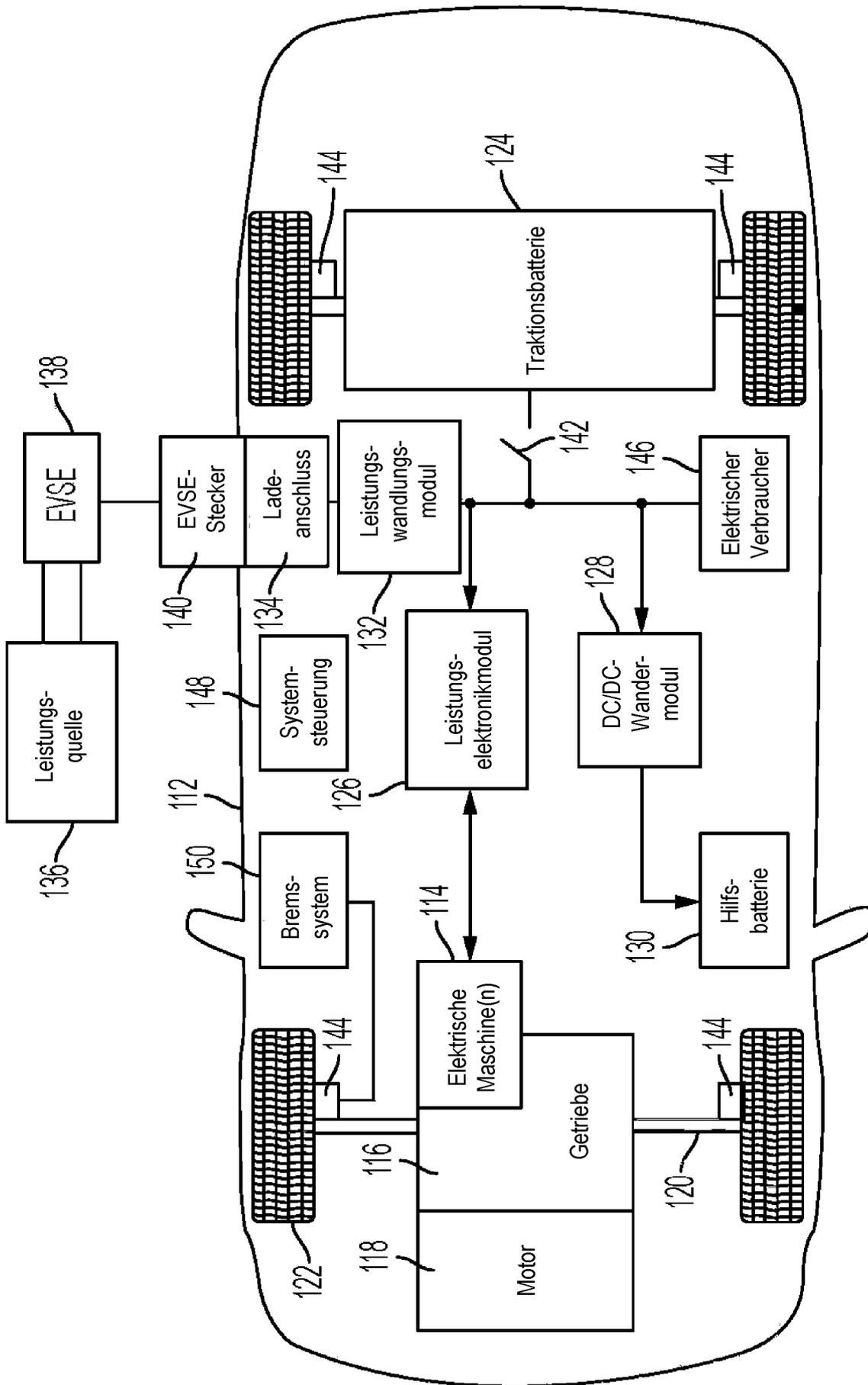


FIG. 1

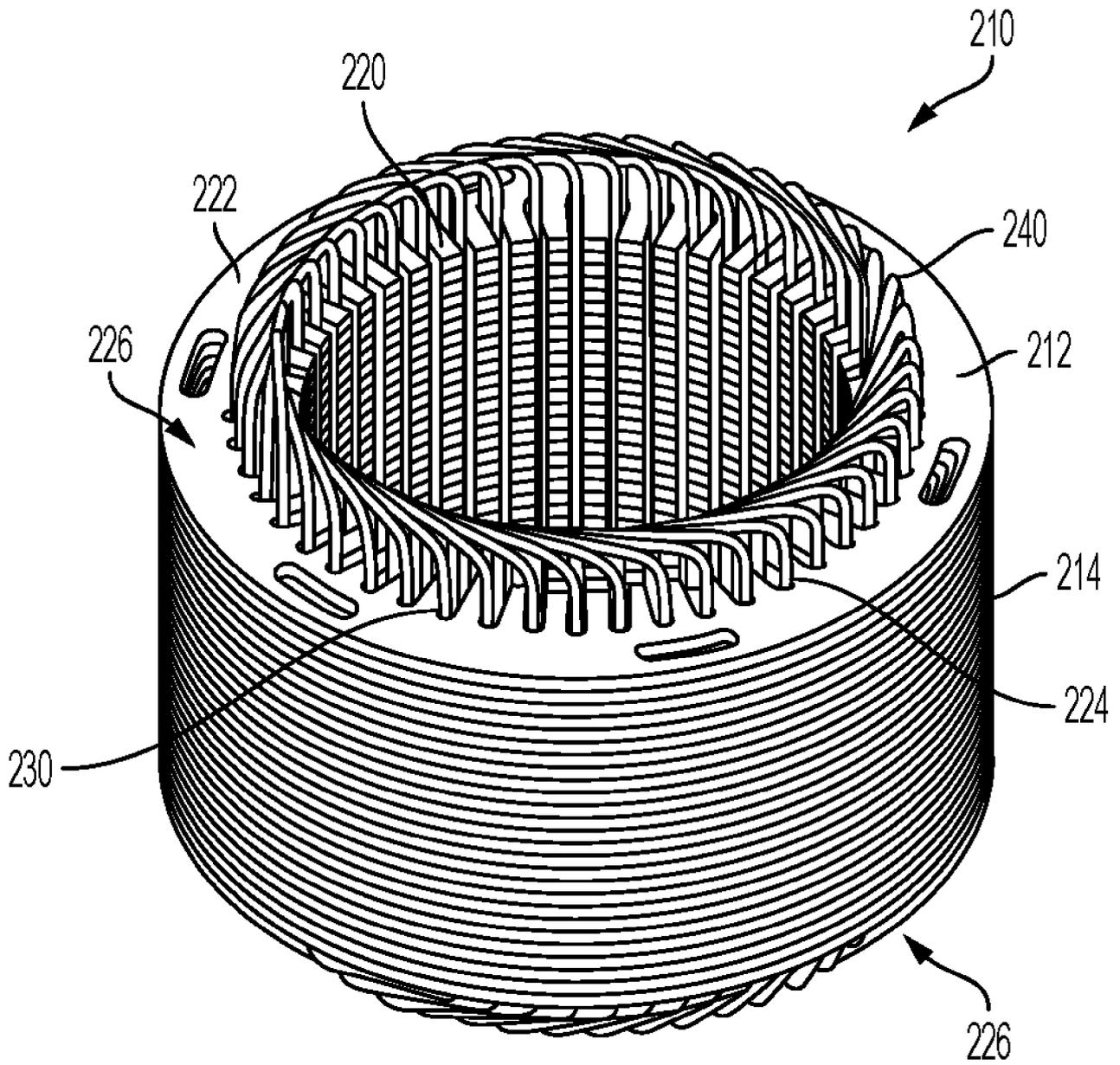


FIG. 2

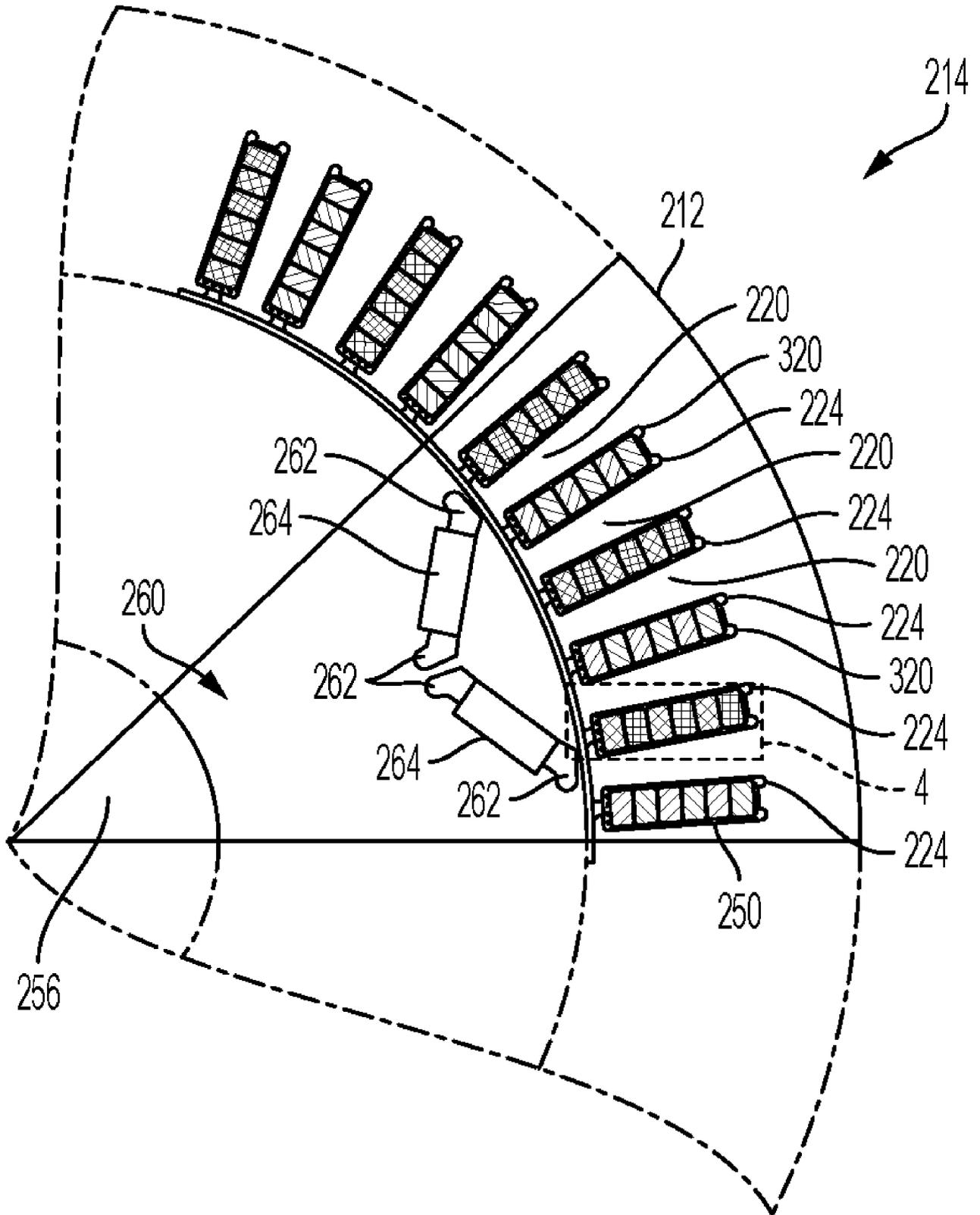


FIG. 3

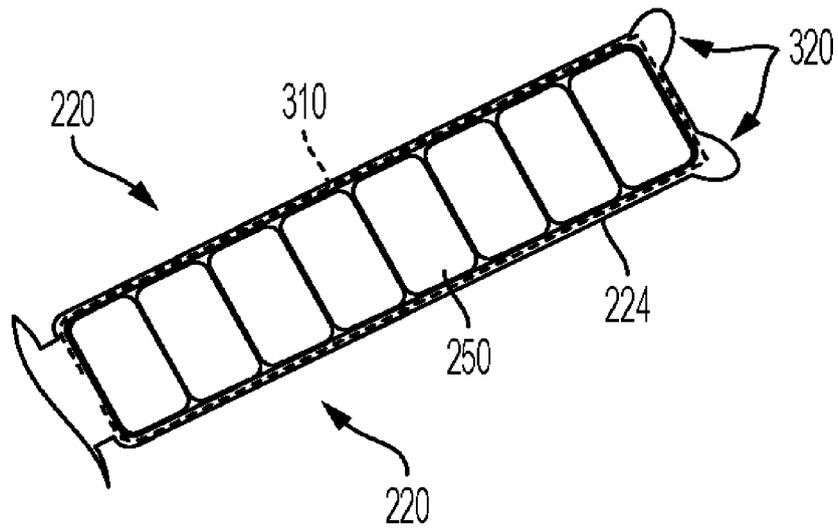


FIG. 4

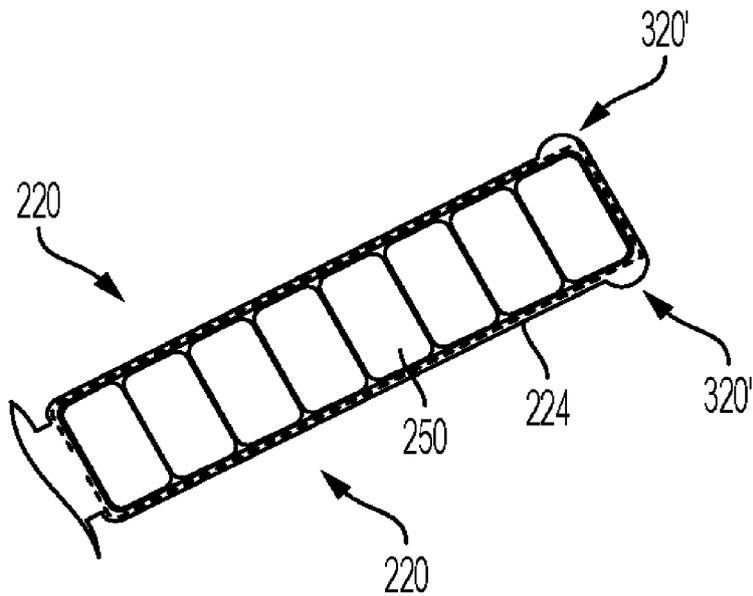


FIG. 5

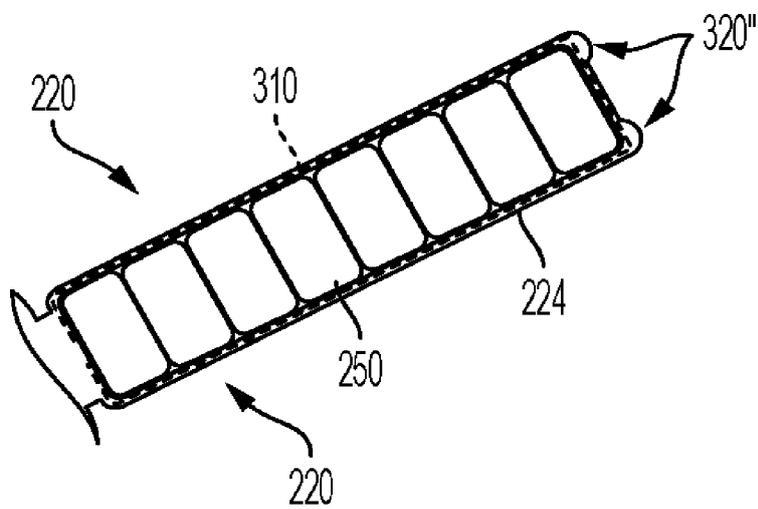


FIG. 6