



(10) **DE 10 2008 036 013 B4** 2020.06.18

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 036 013.9**
(22) Anmeldetag: **01.08.2008**
(43) Offenlegungstag: **02.04.2009**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **18.06.2020**

(51) Int Cl.: **H02K 11/00** (2006.01)
H02K 11/215 (2016.01)
H02K 11/30 (2016.01)
H02P 21/06 (2016.01)
H02P 21/18 (2016.01)
B60L 50/51 (2019.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:

60/954,096	06.08.2007	US
12/137,340	11.06.2008	US

(73) Patentinhaber:

**GM Global Technology Operations LLC (n. d. Ges.
d. Staates Delaware), Detroit, Mich., US**

(74) Vertreter:

**Manitz Finsterwald Patent- und
Rechtsanwaltspartnerschaft mbB, 80336
München, DE**

(72) Erfinder:

**Stancu, Constantin C., Anaheim, Calif., US; Hiti,
Silva, Redondo Beach, Calif., US; Dawsey, Robert
T., Torrance, Calif., US; Hatch, Erik, Cypress,
Calif., US; Laba, Matthew D., Oakland, Mich., US;
Savagian, Peter J., Bloomfield Hills, Mich., US**

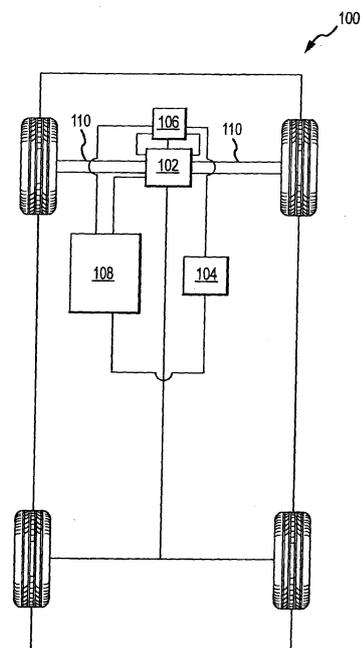
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	697 09 033	T2
US	2006 / 0 125 439	A1
US	2006 / 0 250 124	A1

(54) Bezeichnung: **Absolutpositionssensor für eine feldorientierte Steuerung eines Induktionsmotors**

(57) Hauptanspruch: Kraftfahrzeugantriebssystem, das umfasst:

einen Induktionsmotor (102) mit einem Rotor (404);
einen mit dem Induktionsmotor (102) gekoppelten Positionssensor (206), wobei der Positionssensor (206) ausgestaltet ist, um eine absolute Winkelposition des Rotors (404) zu erfassen; und
einen mit dem Positionssensor (206) gekoppelten Prozessor (208),
dadurch gekennzeichnet, dass der Prozessor (208) ausgestaltet ist, um auf der Basis einer Differenz zwischen der absoluten Winkelposition und einer anfänglichen Winkelposition eine relative Winkelposition (θ_r) des Rotors (404) zu ermitteln, wobei die anfängliche Winkelposition beim Starten des Induktionsmotors (102) beschafft wird.



BeschreibungQUERVERWEIS AUF
VERWANDTE ANMELDUNGEN

[0001] Diese Anmeldung beansprucht die Priorität der provisorischen US-Patentanmeldung mit der Seriennummer 60/954,096, die am 6. August 2007 eingereicht wurde und durch Bezugnahme hierin aufgenommen ist.

TECHNISCHES GEBIET

[0002] Ausführungsformen des hierin beschriebenen Gegenstands betreffen allgemein Fahrzeugantriebssysteme, und insbesondere betreffen Ausführungsformen des Gegenstands das Erfassen einer Absolutposition für eine feldorientierte Steuerung von Induktionsmotoren.

HINTERGRUND

[0003] In den letzten Jahren haben technologische Fortschritte sowie sich immer weiter entwickelnde Vorlieben bezüglich des Stils zu wesentlichen Veränderungen bei der Konstruktion von Kraftfahrzeugen geführt. Eine der Veränderungen betrifft die Leistungsverwendung und die Komplexität der verschiedenen elektrischen Systeme in Kraftfahrzeugen, insbesondere in Kraftfahrzeugen mit alternativem Kraftstoff, wie etwa Hybrid-, Elektro- und Brennstoffzellenfahrzeugen. Viele dieser Fahrzeuge verwenden Elektromotoren, um dem Fahrzeug Antriebsleistung zu liefern.

[0004] Bei Induktionsmotoren müssen sich die Drehzahl des Rotors und die Drehzahl des rotierenden Magnetfelds in dem Stator unterscheiden, um einen Strom zu induzieren, ein Konzept, das als Schlupf bekannt ist. Um den Induktionsmotor bei seinem höchsten Wirkungsgrad zu betreiben, wird der Schlupf unter Verwendung von Rückkopplungsschleifen gesteuert. Wenn die Rotordrehzahl bei herkömmlichen Steuerungssystemen ansteigt, nähert sich der Rotor einer Basisdrehzahl (oder Nenndrehzahl) an, bei der die Spannung an den Motoranschlüssen einen Wert erreicht, bei welchem kein zusätzlicher Strom an den Motor geliefert werden kann. Um den Motor bei höheren Drehzahlen als der Basisdrehzahl zu betreiben, wird eine als Flussschwächung bekannte Technik verwendet, die durch einen Strom gesteuert wird, der kein Drehmoment erzeugt.

[0005] Dementsprechend wurden feldorientierte Steuerungsverfahren entwickelt, um den an den Induktionsmotor gelieferten Strom, der ein Drehmoment erzeugt, separat von dem Strom zu steuern, der kein Drehmoment erzeugt. Diese Verfahren verwenden die Relativposition und die Drehzahl des Rotors, um eine Sollbeziehung zwischen dem Statorfluss und

dem Rotorfluss aufrecht zu erhalten. Der Strom, der kein Drehmoment erzeugt, wird auf der Grundlage der Drehzahl der Rotors und der Flusskennlinien des Induktionsmotors eingestellt. Durch ein Kompensieren des ungewünschten Flusses kann eine feldorientierte Steuerung verwendet werden, um den Wirkungsgrad, das Einschwingverhalten des Motors und die Befolgung des Drehmomentbefehls bei Drehzahlen, die höher als die Basisdrehzahl sind, zu verbessern. Als Folge der verbesserten Leistung können Induktionsmotoren und Antriebssysteme für eine Anwendung geeignet ausgelegt werden, wodurch Kosten verringert und der Gesamtwirkungsgrad erhöht werden.

[0006] Die meisten feldorientierten Steuerungsverfahren für Induktionsmotoren verwenden inkrementelle Signalgeber oder Kodierer, um die Relativposition und die Drehzahl des Rotors zu messen. Diese Signalgeber sind typischerweise entweder magnetisch oder optisch. Bei Kraftfahrzeugumgebungen ist der Einbauraum oft besonders wichtig und die Signalgeber sind oft schwierigen Umweltbedingungen ausgesetzt. Zum Beispiel kann die Arbeitstemperatur in einem Bereich von -40°C bis 150°C liegen, was die Arbeitstemperaturklassifizierungen der meisten optischen Signalgeber überschreitet. Während magnetische Signalgeber in der Lage sein können, Kraftfahrzeugtemperaturen auszuhalten, können sie oft die Arbeit nicht aufrecht erhalten, wenn sie Vibrationskräften und Frequenzen ausgesetzt sind, die bei Kraftfahrzeuganwendungen auftreten. Außerdem müssen magnetische Signalgeber mit einer großen physikalischen Größe implementiert werden, um hohe Genauigkeitsniveaus zu erreichen, was aus der Perspektive des Einbauraums und der Kraftfahrzeugkonstruktion unerwünscht ist.

[0007] Die US 2006 / 0 125 439 A1 offenbart ein Kraftfahrzeugantriebssystem nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0008] In der DE 697 09 033 T2 sind eine Antriebsanordnung, eine Motorsteuerung und ein Steuerungsverfahren offenbart, bei denen Resolver eingesetzt werden, um Drehwinkel von Wellen eines Planetengetriebes zu erfassen.

[0009] Die US 2006 / 0 250 124 A1 offenbart einen auf einem Resolver beruhenden Raddrehzahlsensor, der auch bei geringen Raddrehzahlen genaue Werte liefert.

[0010] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, den Einbauraum für ein Kraftfahrzeugantriebssystem zu verringern sowie die Zuverlässigkeit eines bei einer feldorientierten Steuerung eines Induktionsmotors des Kraftfahrzeugantriebssystems eingesetzten Signalgebers zu verbessern.

[0011] Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst.

KURZZUSAMMENFASSUNG

[0012] Es wird eine Vorrichtung für ein Kraftfahrzeugantriebssystem bereitgestellt. Das Kraftfahrzeugantriebssystem umfasst einen Induktionsmotor mit einem Rotor und einen mit dem Induktionsmotor gekoppelten Positionssensor. Der Positionssensor ist zur Erfassung der absoluten Winkelposition des Rotors ausgestaltet. Ein Prozessor kann mit dem Positionssensor gekoppelt sein und ausgestaltet sein, um die relative Winkelposition des Rotors auf der Grundlage einer Differenz zwischen der absoluten Winkelposition und einer anfänglichen Winkelposition, die beim Starten des Induktionsmotors beschafft wird, zu ermitteln. Ein Controller kann mit dem Induktionsmotor und dem Prozessor gekoppelt sein und ausgestaltet sein, um eine feldorientierte Steuerung des Induktionsmotors auf der Grundlage der relativen Winkelposition des Rotors bereitzustellen.

[0013] Es wird eine Vorrichtung für ein Antriebssystem zur Verwendung in einem Fahrzeug bereitgestellt. Das Antriebssystem umfasst einen Induktionsmotor mit einem Rotor und einen mit dem Induktionsmotor zusammengebauten Positionssensor. Der Positionssensor ist zur Erfassung der absoluten Winkelposition des Rotors ausgestaltet. Der Positionssensor kann ferner einen Resolver oder Koordinatenwandler bzw. Winkellagegeber umfassen, der einen mit einer Welle des Induktionsmotors gekoppelten Resolverrotor und einen mit dem Induktionsmotor gekoppelten Resolverstator aufweist.

[0014] Es wird ein Verfahren zum Steuern eines Induktionsmotors bereitgestellt. Das Verfahren umfasst, dass eine anfängliche Winkelposition des Rotors unter Verwendung eines Absolutpositionssensors beschafft wird, wobei die anfängliche Winkelposition des Rotors beim Starten des Induktionsmotors beschafft wird. Das Verfahren umfasst ferner, dass eine nachfolgende Winkelposition des Rotors unter Verwendung des Absolutpositionssensors beschafft wird. Das Verfahren umfasst, dass eine relative Winkelposition des Rotors auf der Grundlage der anfänglichen Winkelposition und der nachfolgenden Winkelposition ermittelt wird, und dass ein Magnetisierungsstrombefehl auf der Grundlage der relativen Winkelposition ermittelt wird.

[0015] Diese Zusammenfassung ist vorgesehen, um eine Auswahl von Konzepten, die nachstehend in der genauen Beschreibung weiter beschrieben werden, in einer vereinfachten Form vorzustellen. Diese Zusammenfassung ist nicht dazu gedacht, Schlüsselmerkmale oder wesentliche Merkmale des beanspruchten Gegenstands zu identifizieren, noch soll sie als ein Hilfsmittel bei der Ermittlung des Schutz-

umfangs des beanspruchten Gegenstandes verwendet werden.

Figurenliste

[0016] Ein besseres Verständnis des Gegenstands kann durch Bezugnahme auf die genaue Beschreibung und die Ansprüche in Verbindung mit den folgenden Figuren erreicht werden, wobei gleiche Bezugszeichen ähnliche Elemente in den Figuren bezeichnen.

Fig. 1 ist ein Blockdiagramm eines beispielhaften Kraftfahrzeugs gemäß einer Ausführungsform;

Fig. 2 ist ein Blockdiagramm einer beispielhaften Ausführungsform eines Induktionsmotorsteuerungssystems, das zur Verwendung in dem Kraftfahrzeug von **Fig. 1** geeignet ist;

Fig. 3 ist ein Flussdiagramm eines beispielhaften Induktionsmotorsteuerungsprozesses, der zur Verwendung in dem Induktionsmotorsteuerungssystem von **Fig. 2** geeignet ist; und

Fig. 4 ist eine Querschnittsansicht eines beispielhaften Kraftfahrzeugantriebssystems mit einem Induktionsmotor gemäß einer Ausführungsform.

GENAUE BESCHREIBUNG

[0017] Die folgende genaue Beschreibung ist rein veranschaulichender Natur und ist nicht dazu gedacht, die Ausführungsformen des Gegenstandes oder die Anwendung und Verwendungen derartiger Ausführungsformen zu beschränken. Bei der Verwendung hierin bedeutet das Wort „beispielhaft“ „als ein Beispiel, eine Instanz oder eine Veranschaulichung dienend“. Jede hierin als beispielhaft beschriebene Implementierung muss nicht unbedingt als bevorzugt oder vorteilhaft gegenüber anderen Implementierungen angesehen werden. Darüber hinaus besteht nicht die Absicht, durch irgendeine explizite oder implizite Theorie gebunden zu sein, die in dem voranstehenden technischen Gebiet, dem Hintergrund, der Kurzzusammenfassung oder der folgenden genauen Beschreibung dargestellt ist.

[0018] Die folgende Beschreibung bezieht sich auf Elemente oder Knoten oder Merkmale, die miteinander „verbunden“ oder „gekoppelt“ sind. Bei der Verwendung hierin bedeutet „verbunden“, sofern nicht ausdrücklich anderweitig angegeben, dass ein Element/Knoten/Merkmal mit einem weiteren Element/Knoten/Merkmal direkt verbunden ist (oder direkt damit kommuniziert), und zwar nicht notwendigerweise mechanisch. Gleichermaßen bedeutet „gekoppelt“, sofern nicht ausdrücklich anderweitig angegeben, dass ein Element/Knoten/Merkmal mit einem weiteren Element/Knoten/Merkmal direkt oder indirekt ver-

bunden ist (oder direkt oder indirekt damit kommuniziert), und zwar nicht notwendigerweise mechanisch. Obwohl die hierin gezeigten schematischen Darstellungen beispielhafte Anordnungen von Elementen darstellen, können daher bei einer Ausführungsform des dargestellten Gegenstands zusätzliche dazwischenkommende Elemente, Einrichtungen, Merkmale oder Komponenten vorhanden sein. Außerdem implizieren die Ausdrücke „erster“, „zweiter“ und weitere derartige numerische Ausdrücke, die sich auf Strukturen beziehen, keine Sequenz oder Reihenfolge, sofern dies nicht durch den Kontext klar angezeigt ist.

[0019] Der Kürze halber kann es sein, dass herkömmliche Techniken mit Bezug auf Signalisierung, Sensoren oder weitere funktionale Aspekte der Systeme (und der einzelnen Betriebskomponenten der Systeme) hier nicht im Detail beschrieben sind. Darüber hinaus sind die Verbindungslinien, die in den verschiedenen hierin enthaltenen Figuren gezeigt sind, zur Darstellung beispielhafter funktionaler Beziehungen und/oder physikalischer Kopplungen zwischen den verschiedenen Elementen gedacht. Es wird angemerkt, dass viele alternative oder zusätzliche funktionale Beziehungen oder physikalische Verbindungen bei einer Ausführungsform des Gegenstands vorhanden sein können.

[0020] Hierin erörterte Technologien und Konzepte betreffen Systeme und Verfahren zur Implementierung einer feldorientierten Steuerung von Induktionsmotoren unter Verwendung von Absolutpositionssensoren. Eine feldorientierte Steuerung umfasst separate Stromsteuerungsschleifen für den Strom, der ein Drehmoment erzeugt, und den Strom, der kein Drehmoment erzeugt, welche an den Induktionsmotor geliefert werden. Die relative Position und Drehzahl des Rotors wird verwendet, um eine Sollbeziehung zwischen dem Statorfluss und dem Rotorfluss zur Verbesserung des Motorwirkungsgrads aufrecht zu erhalten, wie nachstehend genauer beschrieben ist. Bei der Verwendung hierin sind die Tieferstellungen d und q Größen in dem Kartesischen Bezugssystem bzw. Bezugsrahmen, das/der synchron zu der Rotation eines Rotors in einem Induktionsmotor ist, wobei die q -Achse (oder Quadraturachse) rechtwinklig zu der Rotorpolachse ist (d.h. Drehmoment erzeugend) und die d -Achse (oder Direktachse) parallel zu der Rotorpolachse ist (d.h. kein Drehmoment erzeugend).

[0021] Fig. 1 veranschaulicht ein Fahrzeug oder Kraftfahrzeug **100** gemäß einer Ausführungsform, welches einen Induktionsmotor **102**, eine Energiequelle **104**, eine Wechselrichteranordnung **106**, ein elektronisches Steuerungssystem **108** und eine Antriebswelle **110** umfasst. Bei einer beispielhaften Ausführungsform steht die Energiequelle **104** in wirksamer Verbindung mit dem elektronischen Steuerungssystem **108** und der Wechselrichteranordnung

106 und/oder ist mit diesen elektrisch gekoppelt. Die Wechselrichteranordnung **106** ist mit dem Induktionsmotor **102** gekoppelt, welcher wiederum mit der Antriebswelle **110** gekoppelt ist. Die Wechselrichteranordnung **106** steht in wirksamer Verbindung mit dem elektronischen Steuerungssystem **108** und/oder ist mit diesem elektrisch gekoppelt und ist ausgestaltet, um elektrische Energie und/oder Leistung von der Energiequelle **104** an den Induktionsmotor **102** zu liefern, wie nachstehend genauer erörtert ist.

[0022] In Abhängigkeit von der Ausführungsform kann das Kraftfahrzeug **100** ein beliebiger einer Anzahl verschiedener Typen von Kraftfahrzeugen sein, wie zum Beispiel eine Limousine, ein Kombi, ein Lastwagen oder ein Sportnutzfahrzeug (SUV), und kann ein Zweiradantrieb (2WD) (d.h. Heckantrieb oder Frontantrieb), ein Vierradantrieb (4WD) oder ein Allradantrieb (AWD) sein. Das Kraftfahrzeug **100** kann auch einen beliebigen oder eine Kombination einer Anzahl verschiedener Typen von Maschinen umfassen, wie zum Beispiel eine benzin- oder dieselpespeiste Brennkraftmaschine, die Maschine eines „Fahrzeugs mit flexiblem Kraftstoff“ (FFV, FFV von Flex Fuel Vehicle) (d.h., die eine Mischung aus Benzin und Alkohol verwendet), die Maschine eines Brennstoffzellenfahrzeugs, eine mit einem gasförmigen Gemisch (z.B. Wasserstoff und Erdgas) gespeiste Maschine, eine hybride Brennkraft/Elektromotormaschine oder einen Elektromotor.

[0023] Bei der in Fig. 1 veranschaulichten beispielhaften Ausführungsform kann der Induktionsmotor **102** einen Generator, einen Antriebsmotor oder einen anderen geeigneten in der Technik bekannten Motor umfassen. Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist der Induktionsmotor **102** ein mehrphasiger Wechselstrommotor (AC-Motor) und umfasst einen Satz von Wicklungen (oder Spulen), wobei jede Wicklung einer Phase des Induktionsmotors **102** entspricht. Obwohl es in Fig. 1 nicht veranschaulicht ist, umfasst der Induktionsmotor **102** eine Statoranordnung (oder einen Stator) und eine Rotoranordnung (oder einen Rotor), wie der Fachmann feststellen wird. Bei einer beispielhaften Ausführungsform kann der Induktionsmotor **102** auch ein Getriebe umfassen, das darin derart eingebaut ist, dass der Induktionsmotor **102** und das Getriebe mit wenigstens einigen der Räder durch eine oder mehrere Antriebswellen **110** mechanisch gekoppelt sind.

[0024] In Abhängigkeit von der Ausführungsform kann die Energiequelle **104** eine Batterie, eine Brennstoffzelle oder eine andere geeignete Spannungsquelle umfassen. Es sollte verstanden sein, dass, obwohl Fig. 1 ein Kraftfahrzeug **100** mit einer Energiequelle **104** darstellt, die Prinzipien und der Gegenstand, welche hierin erörtert werden, von der Anzahl oder dem Typ der Energiequelle unabhängig sind und

auf Fahrzeuge zutreffen, die irgendeine Anzahl von Energiequellen aufweisen.

[0025] Bei einer beispielhaften Ausführungsform umfasst die Wechselrichteranordnung **106** einen oder mehrere Wechselrichter, die jeweils Schalter (z.B. Halbleitereinrichtungen, wie etwa Transistoren und/oder Schalter) mit antiparallelen Dioden (d.h. antiparallel zu jedem Schalter) umfassen, wobei die Wicklungen des Induktionsmotors **102** zwischen die Schalter elektrisch geschaltet sind, um Spannung bereitzustellen und ein Drehmoment in dem Induktionsmotor **102** zu erzeugen, wie in der Technik verstanden wird. Das elektronische Steuerungssystem **108** steht in wirksamer Verbindung mit der Wechselrichteranordnung **106** und/oder ist mit dieser elektrisch verbunden. Obwohl es nicht im Detail gezeigt ist, umfasst das elektronische Steuerungssystem **108** verschiedene Sensoren und Kraftfahrzeugsteuerungsmodulare oder elektronische Steuerungseinheiten (ECUs), wie etwa ein Wechselrichtersteuerungsmodul zur Steuerung der Wechselrichteranordnung **106**, und kann ferner einen Prozessor und/oder einen Speicher umfassen, welcher darin (oder in einem anderen computerlesbaren Medium) gespeicherte Anweisungen umfasst, um die Prozesse und Verfahren wie nachstehend beschrieben auszuführen.

[0026] Gemäß einer Ausführungsform spricht das elektronische Steuerungssystem **108** auf Befehle an, die von dem Fahrer des Kraftfahrzeugs **100** empfangen werden (d.h. über ein Gaspedal), und liefert Befehle an die Wechselrichteranordnung **106**, um eine hochfrequente Pulsbreitenmodulation (PWM) zur Verwaltung der Spannung, die von der Wechselrichteranordnung **106** an den Induktionsmotor **102** geliefert wird, zu verwenden, wie verstanden wird. Bei einer beispielhaften Ausführungsform implementiert das elektronische Steuerungssystem **108** einen feldorientierten Regelkreis, um die Wechselrichteranordnung **106** zu betreiben und den Wirkungsgrad und die Leistung des Induktionsmotors **102** zu verbessern, wie nachstehend genauer beschrieben ist.

[0027] Nun umfasst mit Bezug auf **Fig. 2** bei einer beispielhaften Ausführungsform ein Induktionsmotorsteuerungssystem **200** ohne eine Einschränkung einen Induktionsmotor **102**, eine Energiequelle **104**, einen Controller **202**, einen Wechselrichter **204**, einen Absolutpositionssensor **206** und einen Prozessor **208**. Einige Elemente von **Fig. 2** ähneln ihren entsprechenden Elementen, die voranstehend mit Bezug auf **Fig. 1** beschrieben wurden, und deren Beschreibung wird in dem Kontext von **Fig. 2** nicht redundant wiederholt. Das Induktionsmotorsteuerungssystem **200** kann ausgestaltet sein, um eine feldorientierte Steuerung zum Regeln des Induktionsmotors **102** auf der Grundlage der Rotorposition zu verwenden, wie nachstehend genauer beschrieben

ist. Zum Beispiel kann das Induktionsmotorsteuerungssystem **200** ausgestaltet sein, um feldorientierte Steuerungsverfahren zu implementieren, wie etwa diejenigen, die in dem US Patent Nr. 6,222,335 mit dem Titel „METHOD OF CONTROLLING A VOLTAGE-FED INDUCTION MACHINE“ offenbart sind, welche dem Anmelder der vorliegenden Erfindung gehört und durch Bezugnahme hierin aufgenommen ist, welche ein beispielhaftes Verfahren zur Implementierung einer feldorientierten Steuerung auf der Grundlage einer relativen Position eines Rotors für einen Induktionsmotor offenbart.

[0028] Wieder mit Bezug auf **Fig. 2** ist bei einer beispielhaften Ausführungsform die Energiequelle **104** mit dem Wechselrichter **204** gekoppelt, welcher wiederum mit dem Induktionsmotor **102** gekoppelt ist. Der Absolutpositionssensor **206** ist mit dem Induktionsmotor **102** gekoppelt. Der Prozessor **208** ist zwischen den Ausgang des Absolutpositionssensors **206** und den Controller **202** gekoppelt. Der Controller **202** ist mit dem Wechselrichter **204** gekoppelt und ausgestaltet, um Tastverhältnisbefehle an den Wechselrichter **204** zu liefern. Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist der Controller **202** ferner mit dem Ausgang des Wechselrichters **204** und dem Ausgang des Prozessors **208** gekoppelt, um eine Rückkopplungsschleife zur Implementierung einer feldorientierten Steuerung zu schaffen, wie nachstehend genauer erörtert ist. Die drei Linien zwischen dem Wechselrichter **204** und dem Induktionsmotor **102** zeigen an, dass der Induktionsmotor **102** und der Wechselrichter **204** drei Phasen aufweisen, obwohl der hierin beschriebene Gegenstand nicht auf eine dreiphasige Implementierung beschränkt ist und für Wechselrichter **204** und Induktionsmotoren **102** zutrifft, die eine beliebige Anzahl von Phasen aufweisen, wie in der Technik festgestellt wird.

[0029] Bei einer beispielhaften Ausführungsform stellt der Absolutpositionssensor **206** Informationen oder Signale bereit, welche die absolute Winkelposition des Rotors darstellen. Der Absolutpositionssensor **206** kann ausgestaltet sein, um die absolute Winkelposition des Rotors des Induktionsmotors **102** relativ zu dem Stator oder irgendeinem anderen festen Referenzpunkt auf der Grundlage der Positionierung des Absolutpositionssensors **206** zu erfassen oder zu messen. Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist der Absolutpositionssensor **206** ein Resolver, obwohl bei alternativen Ausführungsformen andere geeignete Mittel zum Erfassen einer absoluten Winkelposition verwendet werden können. Bei einer beispielhaften Ausführungsform wird ein Resolver verwendet, der zwei Polpaare aufweist (z.B. ein zweipoliger Resolver). Bei alternativen Ausführungsformen können mehrpolige Resolver verwendet werden, jedoch sind mehrpolige Resolver im Allgemeinen teurer und erfordern, dass zusätzliche mathematische Berechnungen implementiert werden, welche in der Technik be-

kannt sind und nicht im Umfang dieser Offenbarung liegen. Der Resolver ist in der Lage, genaue Positionsinformationen zu erzeugen, selbst wenn er für eine kompakte Größe gebaut und entworfen ist. Zudem sind Resolver sehr haltbar und können einen zuverlässigen und genauen Betrieb in der Gegenwart schwieriger Umgebungsbedingungen (z.B. Temperatur- und Vibrationsniveaus bei Kraftfahrzeugen) aufrechterhalten.

[0030] Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist der Prozessor **208** mit dem Absolutpositionssensor **206** gekoppelt und ausgestaltet, um die Signale (analoge Signale in dem Fall eines Resolvers) oder Messwerte von dem Absolutpositionssensor **206** in eine digitale Darstellung (z.B. ein digitales Wort) umzuwandeln. Der Prozessor **208** kann ein Resolver/Digital-Wandler oder ein anderes geeignetes Mittel zur Verarbeitung von Signalen von dem Absolutpositionssensor **206** sein. Der Prozessor **208** kann ausgestaltet sein, um zusätzliche Aufgaben und Funktionen auszuführen, wie nachstehend genauer beschrieben ist.

[0031] Bei einer beispielhaften Ausführungsform kann das Induktionsmotorsteuerungssystem **200** ferner einen Stromrechner **210** umfassen. Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist der Ausgang des Stromrechners **210** mit einem Eingang des Controllers **202** gekoppelt, und der Stromrechner **210** ist aus-

gestaltet, um einen Befehl (i_q^*) für den Strom, der ein Drehmoment erzeugt, an den Controller **202** zu liefern. Der Stromrechner **210** kann den Befehl für den Strom, der ein Drehmoment erzeugt, in Ansprechen

auf einen Drehmomentbefehl (T_e^*) (z.B. von dem elektronischen Steuerungssystem **108** geliefert), einen geschätzten Rotorfluss (Φ_r) und einen befohlenen Rotorfluss (Φ_r^*) ermitteln, wie nachstehend genauer beschrieben ist.

[0032] Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist der Controller **202** ausgestaltet, um die Spannung zu steuern, die von der Energiequelle **104** an den Induktionsmotor **102** geliefert wird, indem PWM-Techniken zum Regeln des Ausgangs des Wechselrichters **204** verwendet werden, wie zu verstehen ist. Der Controller **202** ist ausgestaltet, um Informationen hinsichtlich der Relativposition des Rotors des Induktionsmotors **102** zu verwenden, um eine feldorientierte Steuerung zu implementieren. Bei einer beispielhaften Ausführungsform kann der Controller **202** ferner ohne eine Beschränkung einen Drehzahlbeobachter **212**, eine Flussreferenztafel **214**, eine Magnetisierungsstrom-Schätzeinrichtung **216**, einen Synchronrahmen-Stromregler **218**, einen Stationärkoordinatentransformator **220**, einen Raumvektormodu-

lator **222**, einen Synchronkoordinatentransformator **224**, eine Fluss-schätzeinrichtung und einen Schlupfwinkelrechner **226** und einen Addierer **228** umfassen. Diese und weitere Elemente können miteinander gekoppelt sein, um eine feldorientierte Steuerung des Induktionsmotors **202** auf der Grundlage der relativen Rotorposition zu implementieren, wie nachstehend genauer beschrieben ist.

[0033] Nun kann mit Bezug auf **Fig. 3** bei beispielhaften Ausführungsform das Induktionsmotorsteuerungssystem **200** ausgestaltet sein, um einen Induktionsmotorsteuerungsprozess **300** und zusätzliche Aufgaben, Funktionen und Operationen, die nachstehend beschrieben sind, auszuführen. Die verschiedenen Aufgaben können durch eine Software, eine Hardware, eine Firmware oder eine beliebige Kombination daraus ausgeführt werden. Zu Veranschaulichungszwecken kann sich die folgende Beschreibung auf Elemente beziehen, die voranstehend in Verbindung mit **Fig. 1 - Fig. 2** erwähnt wurden. In der Praxis können die Aufgaben, Funktionen und Operationen von verschiedenen Elementen des beschriebenen Systems ausgeführt werden, wie etwa dem elektronischen Steuerungssystem **108**, dem Controller **202** oder dem Prozessor **208**. Es ist festzustellen, dass eine beliebige Anzahl zusätzlicher oder alternativer Aufgaben umfasst sein kann und in einer umfassenderen Prozedur oder einem Prozess mit zusätzlicher Funktionalität, die im Detail hierin nicht beschrieben ist, enthalten sein kann.

[0034] Wieder mit Bezug auf **Fig. 3** und weiterhin mit Bezug auf **Fig. 1** und **Fig. 2** kann der Induktionsmotorsteuerungsprozess **300** bei einer beispielhaften Ausführungsform so ausgestaltet sein, dass er beginnt, wenn der Induktionsmotor **102** gestartet wird. Bei einer beispielhaften Ausführungsform beschafft der Absolutpositionssensor **206** eine anfängliche Winkelposition des Rotors, wenn der Induktionsmotor **102** gestartet wird (Aufgabe **302**). Der Induktionsmotorsteuerungsprozess **300** kann ausgestaltet sein, um die anfängliche Winkelposition zu speichern (Aufgabe **304**). Der Prozessor **208** kann zum Beispiel ausgestaltet sein, um die anfängliche Winkelposition im Speicher zu speichern oder zu halten. Der Absolutpositionssensor **206** beschafft eine nachfolgende Winkelposition des Rotors während eines Betriebs des Induktionsmotors **102**, wenn der Rotor rotiert (Aufgabe **306**).

[0035] Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist der Induktionsmotorsteuerungsprozess **300** ausgestaltet, um die relative Winkelposition (θ_r) des Rotors auf der Grundlage der absoluten Winkelposition zu ermitteln (Aufgabe **308**). Der Induktionsmotorsteuerungsprozess **300** kann eine relative Winkelposition des Rotors auf der Grundlage einer Differenz zwischen der nachfolgenden Winkelposition und der anfänglichen Winkelposition ermitteln. Zum Bei-

spiel kann der Prozessor **208** ausgestaltet sein, um die anfängliche Winkelposition des Rotors als einen Versatz zu speichern, und die anfängliche Winkelposition von jeder nachfolgenden Winkelpositionsmessung zu subtrahieren, um eine relative Winkelposition zu erzeugen (z.B. relativ zu der anfänglichen Winkelposition oder der Winkelposition beim Start). Bei alternativen Ausführungsformen kann der Controller **202** ausgestaltet sein, um die absolute Winkelposition zu empfangen und die relative Winkelposition zu ermitteln. Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist der Induktionsmotorsteuerungsprozess **300** ausgestaltet, um die relative Winkelposition an ein feldorientiertes Steuerungssystem (z.B. den Controller **202**) zu liefern. Zum Beispiel kann der Ausgang des Prozessors **208** mit einem Eingang des Controllers **202** gekoppelt sein.

[0036] Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist der Induktionsmotorsteuerungsprozess **300** ausgestaltet, um die Drehzahl des Rotors (ω_r) auf der Grundlage der Relativposition zu ermitteln (Aufgabe **310**). Zum Beispiel kann der Prozessor **208** mit dem Drehzahlbeobachter **212** gekoppelt sein und/oder diesem die relative Rotorpositionsinformation liefern. Der Drehzahlbeobachter **212** kann ausgestaltet sein, um die Rotordrehzahl durch ein Differenzieren der relativen Rotorposition bezüglich der Zeit zu ermitteln. Bei einer beispielhaften Ausführungsform verwendet der Induktionsmotorsteuerungsprozess **300** die Rotordrehzahl, um einen Magnetisierungsstrombefehl (i_d^*) zur Kompensation transientscher Veränderungen in dem Rotorfluss auf der Grundlage der Rotordrehzahl zu ermitteln (Aufgabe **312**). Zum Beispiel kann der Drehzahlbeobachter **212** die Rotordrehzahl an den Eingang der Flussreferenztafel

214 liefern, welche einen Rotorflussbefehl (Φ_r^*) beschafft. Gemäß einer Ausführungsform ist die Flussreferenztafel **214** eine Nachschlagetafel, die vor-

bestimmte Rotorflussbefehle (Φ_r^*) auf der Grundlage der Rotordrehzahl (ω_r), der Spannung der Energiequelle **104** (V_{DC}) und der Flusskennlinien des Induktionsmotors **102** enthält. Der Ausgang der Flussreferenztafel **214** kann an die Magnetisierungsstrom-Schätzeinrichtung **216** geliefert werden, welche ausgestaltet ist, um den Magnetisierungsstrom-

befehl (i_d^*) zur Erzeugung des Sollrotorflusses auf der Grundlage des Rotorflussbefehls (Φ_r^*) zu ermitteln.

[0037] Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist der Induktionsmotorsteuerungsprozess **300** ausgestaltet, um ein Tastverhältnis für den Wechsel-

richter **204** auf der Grundlage der Relativposition des Rotors und der Synchronrahmen-Strombefehle (i_d^*, i_q^*) zu ermitteln (Aufgabe **314**). Der Synchronrahmen-Stromregler **218** kann mit dem Stromrechner **210** und der Magnetisierungsstrom-Schätzeinrichtung **216** derart gekoppelt sein, dass er die Synchron-

rahmen-Strombefehle (i_d^*, i_q^*) empfängt. Der Synchronrahmen-Stromregler **218** kann mit dem Ausgang des Synchronkoordinaten-Transformators **224** gekoppelt sein. Der Synchronkoordinaten-Transformator **224** ist mit dem Ausgang des Wechselrichters **204** gekoppelt und ausgestaltet, um den Strom in dem Induktionsmotor **102** zu messen (oder zu erfassen). Der Synchronkoordinaten-Transformator **224** führt eine Koordinatentransformation aus, um den Wert der gemessenen Ströme in dem Synchronreferenzrahmen (i_d, i_q) zu beschaffen, und liefert die gemessenen Ströme an den Synchronrahmen-Stromregler **218**. Der Synchronrahmen-Stromregler **218** ist ausgestaltet, um Synchronrahmen-Tastverhältnisse (d_d^*, d_q^*) derart zu ermitteln, dass die gemessenen

Ströme (i_d, i_q) den Strombefehlen (i_d^*, i_q^*) folgen.

[0038] Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist der Stationärkoordinaten-Transformator **220** mit dem Ausgang des Synchronrahmen-Stromreglers **218** und dem Ausgang des Addierers **228** gekoppelt. Der Addierer **228** ist mit der Fluss-Schätzeinrichtung und dem Schlupfwinkelrechner **226** gekoppelt, welcher ausgestaltet ist, um als Eingänge den gemessenen

Strom (i_d, i_q), den befohlenen Strom (i_d^*, i_q^*) und den

Rotorflussbefehl (Φ_r^*) zu empfangen, und aus diesen Eingängen einen geschätzten Rotorfluss (Φ_r) und einen optimierten Schlupfwinkel (θ_{slip}) zu ermitteln, wie in der Technik verstanden wird. Der Addierer **228** ist auch ausgestaltet, um die relative Rotorposition (θ_r) zu empfangen und die relative Rotorposition und den Schlupfwinkel (θ_{slip}) zu addieren, um einen Transformationswinkel (θ_t) zu erzeugen. Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist der Stationärkoordinaten-Transformator **220** ausgestaltet, um die Synchronrahmen-Tastverhältnisbefehle

(d_d^*, d_q^*) auf der Grundlage des Transformationswinkels (θ_t) in den Stationärrahmen (d_α, d_β) umzuwandeln. Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist der Ausgang des Stationärkoordinaten-Transformators **220** mit dem Eingang des Raumvektormodulators **222** gekoppelt. Der Raumvektormodulator **222** ist ausgestaltet, um wirksame Tastverhältnisbefehle für die Schalter des Wechselrichters **204** auf der Grundlage der Stationärrahmen-Tastverhältnisbefehle der-

art zu ermitteln, dass der Wechselrichter **204** eine PWM-Modulation verwendet, um eine Spannung von der Energiequelle **104** zum Betreiben des Induktionsmotors **102** nach Wunsch bereitzustellen. Bei einer beispielhaften Ausführungsform wird die durch Aufgabe **306**, Aufgabe **308**, Aufgabe **310**, Aufgabe **312** und Aufgabe **314** definierte Schleife während des Betriebs des Induktionsmotors **102** endlos wiederholt.

[0039] Nun umfasst mit Bezug auf **Fig. 4** bei einer beispielhaften Ausführungsform ein Kraftfahrzeugantriebssystem **400** mit einem Induktionsmotor ohne eine Einschränkung einen Induktionsmotor **102**, der mit einem Absolutpositionssensor **206** zusammengebaut ist. **Fig. 4** veranschaulicht eine Querschnittsansicht des Induktionsmotorantriebssystems **400**, die entlang eines Mittelpunkts einer rotierenden Welle gezeigt ist. Der Induktionsmotor **102** umfasst eine Welle **402**, die zu einem Rotor **404** konzentrisch ist, der in einem Gehäuse **406** untergebracht ist. Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist der Absolutpositionssensor **206** ein Resolver mit einem Resolverrotor **408** und einem Resolverstator **410**.

[0040] Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist die Welle **402** mit dem Rotor **404** mechanisch derart gekoppelt, dass die Welle **402** mit dem Rotor **404** synchron rotiert. Bei einer beispielhaften Ausführungsform weist die Welle **402** eine Länge derart auf, dass sich ein Abschnitt der Welle **402** über den Rotor **404** hinaus und durch einen Spalt in dem Gehäuse **406** erstreckt. Der Resolverrotor **408** ist mit der Welle **402** mechanisch gekoppelt (z.B. indem der Resolverrotor **408** mit der Welle **402** verriegelt wird). Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist die Welle **402** konzentrisch zu dem Resolverrotor **408**. Der Resolverstator **410** kann mit dem Gehäuse **406** mechanisch gekoppelt und konzentrisch zu dem Resolverrotor **408** sein. Der Resolverstator **410** ist ausgestaltet, um die absolute Winkelposition des Rotors **404** auf der Grundlage der Winkelposition des Resolverrotors **408** zu erfassen, welcher der Winkelposition des Rotors **404** über die mechanische Kopplung mit der Welle **402** folgt, wie in der Technik verstanden wird.

[0041] Die voranstehend beschriebenen Systeme und/oder Verfahren stellen ein feldorientiertes Steuerungssystem für Induktionsmotoren unter Verwendung von Absolutpositionssensoren bereit. Da feldorientierte Steuerungssysteme für Induktionsmotoren für inkrementelle oder relative Positionsmessungen konzipiert sind, ist das Implementieren eines Absolutpositionssensors (wie etwa eines Resolvers) komplexer als das Verwenden eines inkrementellen Signalgebers. Die Platzersparnis jedoch übertrifft die zusätzlichen Implementierungskosten. Zudem sind Resolver langlebig und können in schwierigen Umgebungen zuverlässig verwendet werden, in denen inkrementelle Signalgeber weniger zuverlässig sind.

Wie voranstehend beschrieben, wird die Leistung des Motors nicht beeinträchtigt und die feldorientierte Steuerung des Induktionsmotors kann ohne Modifikation existierender Steuerungssysteme erreicht werden, selbst wenn ein relativer Positionssensor nicht verwendet wird.

[0042] Andere Ausführungsformen können das voranstehend beschriebene System und Verfahren bei verschiedenen Typen von Kraftfahrzeugen, verschiedenen Fahrzeugen (z.B. Wasserfahrzeugen und Flugzeugen) oder insgesamt bei verschiedenen elektrischen Systemen verwenden, da es bei jeder Situation implementiert werden kann, bei der ein Induktionsmotor unter Verwendung einer feldorientierten Steuerung betrieben wird. Ferner können der Motor und die Wechselrichter andere Phasenzahlen aufweisen und die hierin beschriebenen Systeme sollen nicht so aufgefasst werden, dass sie auf ein dreiphasiges Konzept beschränkt sind. Die hierin erörterten grundlegenden Prinzipien können auf Phasensysteme höherer Ordnung erweitert werden, wie in der Technik verstanden wird.

[0043] Obwohl mindestens eine beispielhafte Ausführungsform in der voranstehenden genauen Beschreibung dargestellt wurde, ist festzustellen, dass eine große Anzahl an Variationen existiert. Es ist auch festzustellen, dass die beispielhafte Ausführungsform oder die hierin beschriebenen Ausführungsformen nicht dazu gedacht sind, den Schutzzumfang, die Anwendbarkeit oder die Ausgestaltung des beanspruchten Gegenstandes in irgendeiner Weise zu beschränken. Stattdessen wird die voranstehende genaue Beschreibung Fachleute mit einer brauchbaren Anleitung zur Implementierung der beschriebenen Ausführungsform oder Ausführungsformen versorgen. Es sollte verstanden sein, dass in der Funktion und Anordnung von Elementen verschiedene Änderungen durchgeführt werden können, ohne von dem Schutzzumfang abzuweichen, der durch die Ansprüche definiert ist, welcher bekannte Äquivalente und vorhersehbare Äquivalente zum Zeitpunkt des Einreichens dieser Patentanmeldung umfasst.

Patentansprüche

1. Kraftfahrzeugantriebssystem, das umfasst:
 einen Induktionsmotor (102) mit einem Rotor (404);
 einen mit dem Induktionsmotor (102) gekoppelten Positionssensor (206), wobei der Positionssensor (206) ausgestaltet ist, um eine absolute Winkelposition des Rotors (404) zu erfassen; und
 einen mit dem Positionssensor (206) gekoppelten Prozessor (208),
dadurch gekennzeichnet, dass der Prozessor (208) ausgestaltet ist, um auf der Basis einer Differenz zwischen der absoluten Winkelposition und einer anfänglichen Winkelposition eine relative Winkelposition (θ_r) des Rotors (404) zu ermitteln, wobei die an-

fängliche Winkelposition beim Starten des Induktionsmotors (102) beschafft wird.

2. Kraftfahrzeugantriebssystem nach Anspruch 1, das ferner einen Controller (202) umfasst, der mit dem Induktionsmotor (102) und dem Prozessor (208) gekoppelt ist, wobei der Controller (202) ausgestaltet ist, um eine feldorientierte Steuerung des Induktionsmotors (102) auf der Grundlage der relativen Winkelposition (θ_r) des Rotors (404) bereitzustellen.

3. Kraftfahrzeugantriebssystem nach Anspruch 2, wobei der Controller (202) einen Drehzahlbeobachter (212) umfasst, der ausgestaltet ist, um eine Drehzahl (ω_r) des Rotors (404) auf der Grundlage der relativen Winkelposition (θ_r) zu ermitteln.

4. Kraftfahrzeugantriebssystem nach Anspruch 3, wobei der Controller (202) ausgestaltet ist, um einen Magnetisierungsstrombefehl (i_d^*) auf der Grundlage der Drehzahl (ω_r) des Rotors (404) zu ermitteln.

5. Kraftfahrzeugantriebssystem nach Anspruch 1, wobei der Prozessor (208) ausgestaltet ist, um die relative Winkelposition (θ_r) des Rotors (404) zu ermitteln, indem:
die anfängliche Winkelposition des Rotors (404) gespeichert wird; und
die anfängliche Winkelposition von einer nachfolgenden Winkelposition des Rotors (404) subtrahiert wird, wobei das Subtrahieren der anfänglichen Winkelposition von der nachfolgenden Winkelposition zu der relativen Winkelposition (θ_r) führt.

6. Kraftfahrzeugantriebssystem nach Anspruch 1, wobei der Positionssensor (206) ein Resolver (206) ist.

7. Kraftfahrzeugantriebssystem nach Anspruch 6, das ferner einen Resolver/Digital-Wandler (208) umfasst, der mit dem Resolver (206) gekoppelt ist, wobei der Resolver/DigitalWandler (208) ausgestaltet ist, um eine relative Winkelposition (θ_r) des Rotors (404) auf der Grundlage der absoluten Winkelposition zu ermitteln.

8. Kraftfahrzeugantriebssystem nach Anspruch 6, wobei der Resolver (206) ein zweipoliger Resolver ist.

9. Kraftfahrzeugantriebssystem nach Anspruch 6, wobei der Resolver (206) mit dem Induktionsmotor (102) zusammengebaut ist.

10. Verfahren (300) zum Steuern eines Induktionsmotors (102) mit einem Rotor (404), wobei das Verfahren (300) umfasst, dass:
eine anfängliche Winkelposition des Rotors (404) unter Verwendung eines Absolutpositionssensors (206) beschafft wird (302), wobei die anfängliche Winkelpo-

sition des Rotors (404) beim Starten des Induktionsmotors (102) beschafft wird;

eine nachfolgende Winkelposition des Rotors (404) unter Verwendung des Absolutpositionssensors (206) beschafft wird (306);

eine relative Winkelposition (θ_r) des Rotors (404) auf der Grundlage der anfänglichen Winkelposition und der nachfolgenden Winkelposition ermittelt wird (308); und

ein Magnetisierungsstrombefehl (i_d^*) auf der Grundlage der relativen Winkelposition (θ_r) ermittelt wird.

11. Verfahren (300) nach Anspruch 10, wobei das Ermitteln der relativen Winkelposition (θ_r) ferner umfasst, dass die anfängliche Winkelposition von der nachfolgenden Winkelposition subtrahiert wird, wobei das Subtrahieren der anfänglichen Winkelposition von der nachfolgenden Winkelposition zu der relativen Winkelposition (θ_r) des Rotors (404) führt.

12. Verfahren nach Anspruch 10, das ferner umfasst, dass eine Rotordrehzahl (ω_r) auf der Grundlage der relativen Winkelposition (θ_r) des Rotors (404) ermittelt wird (310), indem die relative Winkelposition (θ_r) bezüglich der Zeit differenziert wird.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

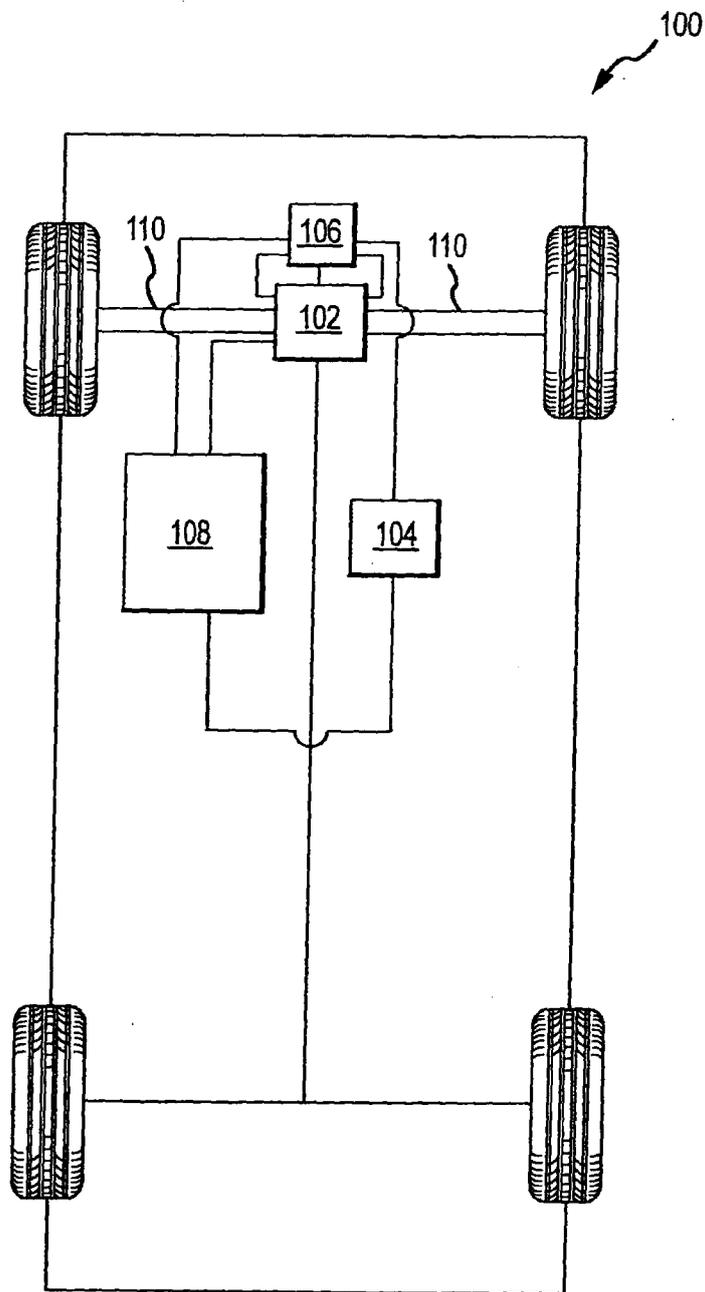


FIG.1

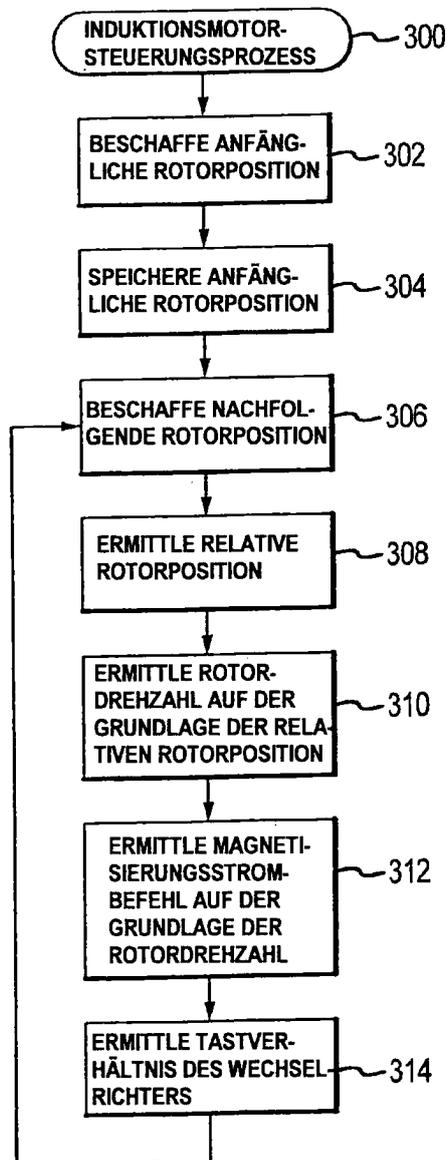


FIG.3

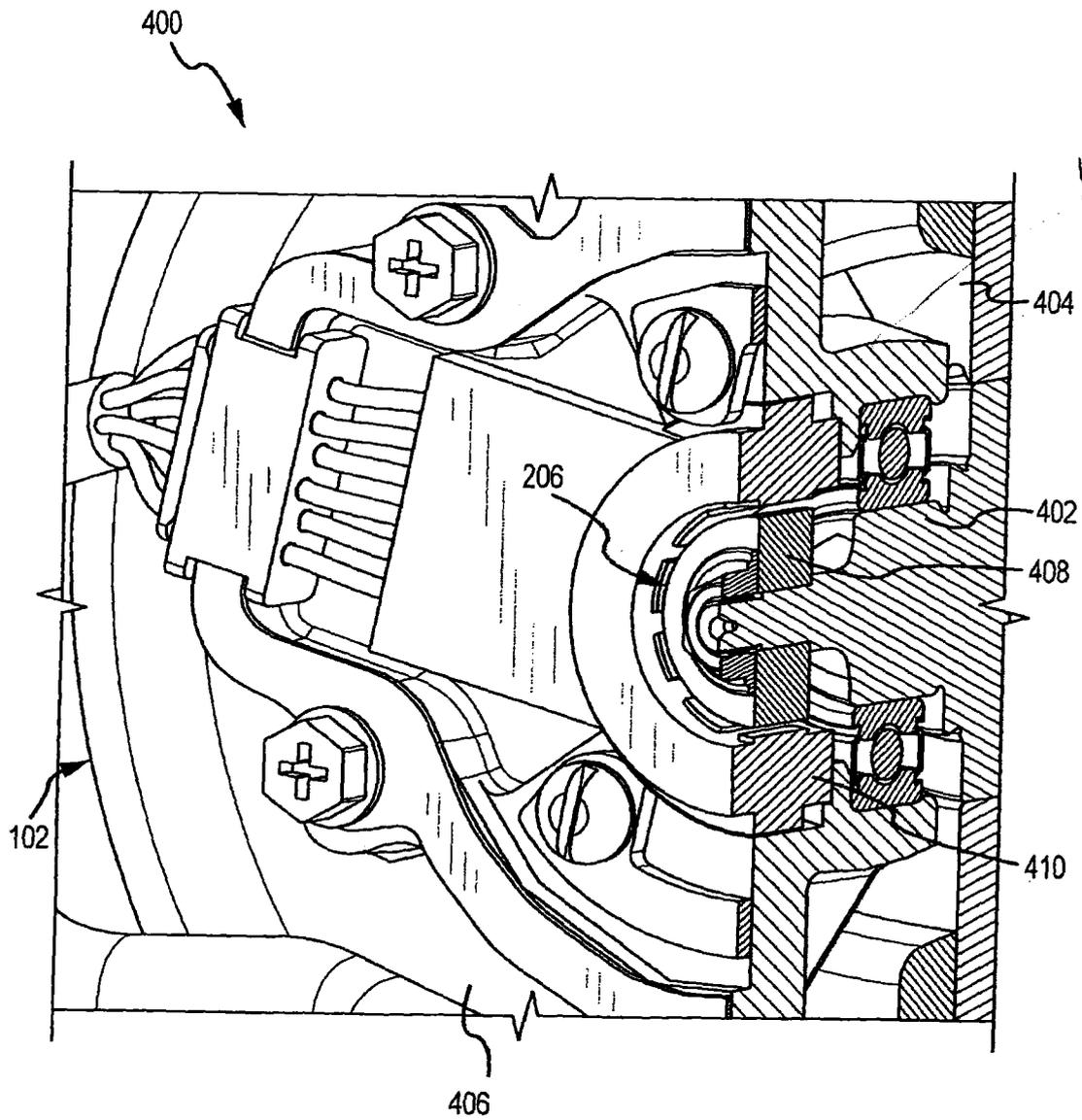


FIG. 4