



(10) **DE 10 2019 115 231 A1** 2020.05.07

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2019 115 231.3**

(22) Anmeldetag: **05.06.2019**

(43) Offenlegungstag: **07.05.2020**

(51) Int Cl.: **H02P 6/16 (2016.01)**

(30) Unionspriorität:

**16/181,801 06.11.2018 US**

(71) Anmelder:

**GM Global Technology Operations LLC, Detroit,  
Mich., US**

(74) Vertreter:

**LKGLOBAL | Lorenz & Kopf PartG mbB  
Patentanwälte, 80333 München, DE**

(72) Erfinder:

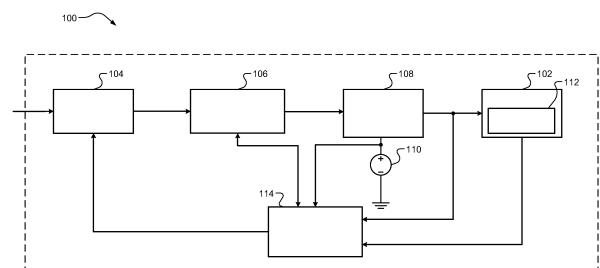
**Lee, Young Joo, Pontiac, Mich., US; Lee, Kibok,  
Ann Arbor, Mich., US; Gallert, Brian J., Pontiac,  
MI, US**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **System und Verfahren zum Schätzen des Versatzes des Rotorsensors**

(57) Zusammenfassung: In einem Beispiel wird ein System offenbart. Das System beinhaltet ein Rotorpositionsschätzmodul, das konfiguriert ist, um ein Anpassungssignal zum Anpassen eines gewünschten Drehmomentsignals für einen Motor zu erzeugen. Das Rotorpositionsschätzmodul beinhaltet ein Sensorversatzschätzmodul, das dazu konfiguriert ist, eine Versatzposition eines Sensors basierend auf (1) einem Motorstromsignal zu schätzen, das einen Strom zum Drehen eines Rotors innerhalb des Motors anzeigt, (2) einem Motorspannungssignal, das eine Spannung anzeigt, die an einen Wechselrichter angelegt wird, der den Strom an den Motor bereitstellt, und (3) einen Motorparameter. Der Sensor kann auf dem Rotor angeordnet sein. Das Rotorpositionsschätzmodul beinhaltet auch ein Drehzahlanpassungsmodul, das konfiguriert ist, um das Anpassungssignal basierend auf der geschätzten Versatzposition zu erzeugen.



**Beschreibung**

## EINLEITUNG

**[0001]** Die in diesem Abschnitt bereitgestellten Informationen dienen der allgemeinen Darstellung des Kontextes der Offenbarung. Die Arbeit der gegenwärtig genannten Erfinder in dem in diesem Abschnitt beschriebenen Umfang, sowie Aspekte der Beschreibung, die zum Zeitpunkt der Anmeldung ansonsten nicht als Stand der Technik gelten, gelten gegenüber der vorliegenden Offenbarung weder ausdrücklich noch implizit als Stand der Technik.

**[0002]** Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf Elektromotoren und insbesondere auf das Schätzen einer Versatzposition eines Rotors in Bezug auf eine gewünschte Position des Rotors.

**[0003]** Elektromotoren können in einer Vielzahl von Anwendungen verwendet werden, um Rotationsenergie bereitzustellen. Zum Beispiel verwenden Fahrzeuge Elektromotoren, um das Fahrzeug teilweise oder vollständig anzutreiben. Hybridfahrzeugsysteme verwenden Elektromotoren, um die Leistung für einen Verbrennungsmotor zu ergänzen. Elektrofahrzeugsysteme verwenden Elektromotoren als Primärquelle zur Drehmomenterzeugung.

**[0004]** Elektromotoren beinhalten einen Stator mit Statorwicklungen und einen Rotor, der sich basierend auf dem Stromfluss innerhalb der Statorwicklungen dreht. Der Rotor beinhaltet typischerweise einen oder mehrere Positionssensoren, wie etwa Halleffekt-Sensoren, die um den Rotor herum angeordnet sind. Die Position erfasst eine Position des Rotors in Bezug auf den Stator, sodass die Steuerung die Statorwicklungen korrekt erregen kann, um das gewünschte Drehmoment zu liefern.

## KURZDARSTELLUNG

**[0005]** In einem Beispiel wird ein System offenbart. Das System beinhaltet ein Rotorpositionsschätzmodul, das konfiguriert ist, um ein Anpassungssignal zum Anpassen eines gewünschten Drehmomentsignals für einen Motor zu erzeugen. Das Rotorpositionsschätzmodul beinhaltet ein Sensorversatzschätzmodul, das dazu konfiguriert ist, eine Versatzposition eines Sensors basierend auf (1) einem Motorstromsignal zu schätzen, das einen Strom zum Drehen eines Rotors innerhalb des Motors anzeigt, (2) einem Motorspannungssignal, das eine Spannung anzeigt, die an einen Wechselrichter angelegt wird, der den Strom an den Motor bereitstellt, und (3) einen Motorparameter. Der Sensor kann auf dem Rotor angeordnet sein. Das Rotorpositionsschätzmodul beinhaltet auch ein Drehzahlanpassungsmodul, das konfiguriert ist, um das Anpassungssignal basierend auf der geschätzten Versatzposition zu erzeugen.

**[0006]** In anderen Merkmalen beinhaltet das System ein Drehzahlsteuermodul, das konfiguriert ist, um das gewünschte Drehmomentsignal zu erzeugen. Das Drehzahlsteuermodul ist konfiguriert, um das gewünschte Drehmomentsignal basierend auf dem Anpassungssignal anzupassen.

**[0007]** In anderen Merkmalen beinhaltet das System ein Stromsteuermodul, das konfiguriert ist, um ein Stromsignal basierend auf mindestens einem von dem gewünschten Drehmomentsignal und dem angepassten gewünschten Drehmomentsignal zu erzeugen.

**[0008]** In anderen Merkmalen beinhaltet das System den Wechselrichter und der Wechselrichter ist konfiguriert, um den Strom basierend auf dem Stromsignal zu erzeugen und den Strom einer Vielzahl von Statorwicklungen innerhalb des Motors zuzuführen, um den Rotor gemäß des Stromsignals zu drehen.

**[0009]** In anderen Merkmalen beinhaltet das System eine Batterie, die mit dem Wechselrichter und dem Rotorpositionsschätzmodul verbunden und konfiguriert ist, um Gleichspannung (DC-Spannung) bereitzustellen.

**[0010]** In anderen Merkmalen wandelt der Wechselrichter die Gleichspannung in eine entsprechende Wechselstromspannung (AC-Spannung) um und stellt die Wechselspannung an den Motor und das Rotorpositionsschätzmodul bereit.

**[0011]** In anderen Merkmalen beinhaltet das System den Motor und der Motor beinhaltet eine rotierende Anordnung, die ein Fahrzeug basierend auf dem gewünschten Drehmomentsignal antreibt.

**[0012]** In anderen Merkmalen umfasst die rotierende Anordnung den Stator und den Rotor.

**[0013]** In anderen Merkmalen umfasst der Sensor einen Halleffekt-Sensor, der auf dem Rotor angeordnet ist.

**[0014]** In anderen Merkmalen beinhaltet das System einen Speicher, der konfiguriert ist, um das Anpassungssignal zu speichern.

**[0015]** In einem Beispiel wird ein Verfahren offenbart. Das Verfahren beinhaltet das Erzeugen eines Anpassungssignals zum Anpassen eines gewünschten Drehmomentsignals für einen Motor und das Schätzen einer Versatzposition eines Sensors basierend auf (1) einem Motorstromsignal, das einen Strom anzeigt, um einen Rotor innerhalb des Motors zu drehen, (2) ein Motorspannungssignal, das eine Spannung anzeigt, die an einen Wechselrichter angelegt wird, der den Strom an den Motor liefert, und (3) einen Motorparameter, worin der Sensor auf dem

Rotor angeordnet ist. Das Verfahren beinhaltet auch das Erzeugen des Anpassungssignals basierend auf der geschätzten Versatzposition.

**[0016]** In anderen Merkmalen beinhaltet das Verfahren das Erzeugen des gewünschten Drehmomentsignals, worin das gewünschte Drehmomentsignal basierend auf dem Anpassungssignal angepasst.

**[0017]** In anderen Merkmalen beinhaltet das Verfahren das Erzeugen eines Stromsignals basierend auf mindestens einem von dem gewünschten Drehmomentsignal und dem angepassten gewünschten Drehmomentsignal.

**[0018]** In anderen Merkmalen ist der Wechselrichter konfiguriert, um den Strom basierend auf dem Stromsignal zu erzeugen und den Strom einer Vielzahl von Statorwicklungen innerhalb des Motors zuzuführen, um den Rotor gemäß des Stromsignals zu drehen.

**[0019]** Bei anderen Merkmalen ist eine Batterie mit dem Wechselrichter verbunden und konfiguriert, um Gleichspannung (DC-Spannung) bereitzustellen.

**[0020]** Bei anderen Merkmalen wandelt der Wechselrichter die Gleichspannung in eine entsprechende Wechselspannung (AC-Spannung) um und stellt die Wechselspannung an den Motor bereit.

**[0021]** Bei anderen Merkmalen empfängt ein Motor das gewünschte Drehmomentsignal, das eine rotierende Anordnung beinhaltet, die ein Fahrzeug basierend auf dem gewünschten Drehmomentsignal antreibt.

**[0022]** In anderen Merkmalen umfasst die rotierende Anordnung den Stator und den Rotor.

**[0023]** In anderen Merkmalen umfasst der Sensor einen Halleffekt-Sensor, der auf dem Rotor angeordnet ist.

**[0024]** In anderen Merkmalen beinhaltet das Verfahren das Speichern des Anpassungssignals in einem Speicher.

**[0025]** Weitere Anwendungsbereiche der vorliegenden Offenbarung ergeben sich aus der ausführlichen Beschreibung, den Ansprüchen und den Zeichnungen. Die ausführliche Beschreibung und die spezifischen Beispiele dienen lediglich der Veranschaulichung und schränken den Umfang der Offenbarung nicht ein.

#### Figurenliste

**[0026]** Die vorliegende Offenbarung wird verständlicher unter Zuhilfenahme der ausführlichen Beschreibung und der zugehörigen Zeichnungen, wobei gilt:

**Fig. 1** ist ein exemplarisches Blockdiagramm eines Systems zum Schätzen eines Sensorversatzes gemäß einer exemplarischen Implementierung der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 2A** ist eine schematische Querschnittsdarstellung einer Rotor- und Statoranordnung gemäß einer exemplarischen Implementierung der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 2B** ist ein Diagramm, das verschiedene Stromsignale zum Erregen einer oder mehrerer Statorwicklungen veranschaulicht;

**Fig. 3A** ist ein exemplarisches Blockdiagramm eines Rotorpositionsschätzmoduls gemäß einer exemplarischen Implementierung der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 3B** ist ein weiteres exemplarisches Diagramm, das verschiedene Stromsignale zum Erregen einer oder mehrerer Statorwicklungen veranschaulicht;

**Fig. 4** ist ein Flussdiagramm zum Schätzen eines Versatzes eines Rotors gemäß einer exemplarischen Implementierung der vorliegenden Offenbarung; und

**Fig. 5** ist ein weiteres Flussdiagramm zum Schätzen eines Versatzes eines Rotors gemäß einer exemplarischen Implementierung der vorliegenden Offenbarung.

**[0027]** In den Zeichnungen werden dieselben Bezugszeichen für ähnliche und/oder identische Elemente verwendet.

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

**[0028]** Rotorsensoren liefern Signale an Steuersysteme, um es den Steuersystemen zu ermöglichen, eine Position eines Rotors relativ zu einem Stator zu erfassen. Die Steuersysteme verwenden die erfasste Position, um die Erregung der Statorwicklungen gemäß der erfassten Position zu synchronisieren, um ein gewünschtes Drehmoment zu erzeugen. Wenn die Sensoren jedoch versetzt oder fehlerhaft sind, werden die Statorwicklungen möglicherweise falsch mit Strom versorgt, was zu einer falschen Drehmomenterzeugung führt. Der Sensorversatz kann während der Montage des Stators und des Rotors und/oder aufgrund eines unerwünschten Statorendwindungsflusses auftreten.

**[0029]** Die vorliegende Offenbarung betrifft ein Motorsteuersystem, das den Positionsversatz der Sensoren relativ zu einer Referenzposition des Stators schätzt. Basierend auf dem geschätzten Versatz kann das Motorsteuersystem Anpassungssignale erzeugen, die Drehmomentsignale entsprechend kompensieren.

**[0030]** Fig. 1 veranschaulicht ein exemplarisches Blockdiagramm eines Motorsteuersystems **100** zum Schätzen eines Rotorversatzes eines Motors. Das Motorsteuersystem **100** beinhaltet einen Motor **102**, der ein Drehmoment erzeugt. In einer exemplarischen Implementierung kann der Motor **102** Drehmoment für ein Fahrzeug, wie ein Auto, einen Lastwagen, ein Boot und dergleichen erzeugen. Der Motor **102** erzeugt ein Drehmoment basierend auf einer Eingabe oder einer Steuerungseinstellung. Der Motor **102** ist mit einer Welle verbunden, um mechanische Kraft innerhalb des Motorsteuersystems **100** zu liefern. Der Motor **102** kann beispielsweise mit einer Welle verbunden sein, die das Fahrzeug antreibt.

**[0031]** Die Eingabe, die an das Motorsteuersystem **100** geliefert wird, kann auf verschiedene Weise an die Steuerung des Motors **102** bereitgestellt werden. So kann die Eingabe beispielsweise auf Fahrereingabe basieren, die über eine Pedalposition bereitgestellt wird. In einem anderen Beispiel kann die Eingabe durch ein Gaspedal bereitgestellt werden. Die Eingabe wird an einem Drehzahlsteuermodul **104** empfangen, das ein gewünschtes Drehmomentsignal an ein Stromsteuermodul **106** ausgibt. So kann beispielsweise das Drehzahlsteuermodul **104** eine oder mehrere Zuordnungen einer Position der Eingabe, wie beispielsweise des Pedals oder des Gaspedals, auf ein gewünschtes Drehmoment speichern und ein gewünschtes Drehmomentsignal ausgeben.

**[0032]** Das Stromsteuermodul **106** empfängt das gewünschte Drehmomentsignal und erzeugt ein Stromsignal, das eine an den Motor **102** gelieferte Strommenge darstellt. So kann beispielsweise das Stromsteuermodul **106** eine oder mehrere Zuordnungen des gewünschten Drehmoments auf einen Strombetrag speichern und das Stromsignal an einen Wechselrichter **108** ausgeben.

**[0033]** Der Wechselrichter **108** empfängt das Stromsignal und ist auch mit einer Batterie **110** verbunden. In einer exemplarischen Implementierung ist die Batterie **110** eine Gleichstrombatterie (DC-Batterie) und versorgt den Wechselrichter **108** mit Gleichstrom. Der Wechselrichter **108** wandelt Gleichstrom (DC) in Wechselstrom (AC) um und versorgt den Motor **102** mit Wechselstrom. So kann der Wechselrichter **108** beispielsweise den Motor **102** unter Verwendung von Pulsbreitenmodulationstechniken (PWM-Techniken) mit Wechselstrom versorgen, um die dem Motor **102** zugeführte Strom- und/oder Spannungsmenge zu steuern.

**[0034]** Der Motor **102** beinhaltet eine Rotor- und Statoranordnung **112**, die Statorwicklungen beinhaltet, um einen Rotor zu betreiben, der in Fig. 2 dargestellt ist. Der Wechselrichter **108** liefert beispielsweise den Wechselstrom an die Statorwicklungen, wodurch sich der Rotor dreht. Der Rotor ist mit einer Welle ver-

bunden, um Rotationsenergie innerhalb des Systems **100** bereitzustellen. In einer exemplarischen Implementierung kann der Rotor mit einem Antriebsstrang eines Fahrzeugs verbunden werden, um das Fahrzeug anzutreiben.

**[0035]** Das Motorsteuersystem **100** beinhaltet auch ein Rotorpositionsschätzmodul **114**, das das Wechselstromsignal vom Wechselrichter **108** und das Gleichstromsignal von der Batterie **110** empfängt. Wie hierin beschrieben, schätzt das Rotorpositionsschätzmodul **114** einen Versatz des Rotors. Das Rotorpositionsschätzmodul **114** kann ein Anpassungssignal an das Drehzahlsteuermodul **104** bereitstellen, das auf dem geschätzten Versatz basiert. Das Drehzahlsteuermodul **104** verwendet das Anpassungssignal, um das gewünschte Drehmomentsignal anzupassen, und das Stromsteuermodul **106** erzeugt ein Stromsteuermodul basierend auf dem angepassten gewünschten Drehmomentsignal.

**[0036]** Fig. 2A veranschaulicht einen exemplarischen Rotor- und Statoranordnung **112**. Die Rotor- und Statoranordnung **112** beinhaltet einen Stator **202** und einen Rotor **204**. Der Stator **202** beinhaltet Statorwicklungen **206-1** bis **206-12**. Der Stator **202** kann jedoch zusätzliche oder weniger Statorwicklungen beinhalten. Der Rotor **204** ist innerhalb des Stators **202** angeordnet und dreht sich basierend auf dem Strom in den Statorwicklungen **206-1** bis **206-12**. Der Rotor **204** ist mit einer oder mehreren Wellen des Antriebsstrangs verbunden, um die Räder anzutreiben, wenn sich der Rotor **204** dreht.

**[0037]** Der Rotor **204** beinhaltet einen oder mehrere Sensoren **208**. Der Rotor **204** ist so dargestellt, dass er die Sensoren **208-1**, **208-2**, **208-3** enthält. Es versteht sich, dass der Rotor **204** zusätzliche oder weniger Sensoren **208** beinhalten kann. In einer exemplarischen Implementierung umfassen die Sensoren **208** Halleffekt-Sensoren. Die Sensoren **208** messen eine Hallspannung und erzeugen ein Signal, das die gemessene Hallspannung anzeigt. Das von den Sensoren **208** erzeugte Signal kann einem oder mehreren Modulen innerhalb des Systems **100** zur Verfügung gestellt werden, um eine Position des Rotors **204** relativ zum Stator **202** zu bestimmen.

**[0038]** Die Bezugszeichen **210-1**, **210-2**, **210-3** veranschaulichen die gewünschten Positionen der entsprechenden Sensoren **208-1**, **208-2**, **208-3**. Die Position der Sensoren **208-1**, **208-2**, **208-3** kann jedoch in Bezug auf die entsprechende gewünschte Position **210-1**, **210-2**, **210-3** aufgrund des unerwünschten Statorendwindungsflusses und/oder der Herstellungsschwankungen der Sensorausrichtung aufgrund gegenelektromotorischer Kräfte versetzt sein, was zu einer Phasenfehlausrichtung der Sensoren **208-1**, **208-2**, **208-3** führt. Die Rotor- und Stator-

anordnung **112** beinhaltet auch Permanentmagnete **212-1, 212-2, 212-3, 212-4**.

**[0039] Fig. 2B** veranschaulicht Diagramme, die verschiedene ideale und versetzte Motorstromsignale ( $\Theta$ ) veranschaulichen, die einer oder mehreren Statorwicklungen bereitgestellt werden. Hall-A, Hall-B, und Hall-C beziehen sich auf Messungen des jeweiligen Halleffekt-Sensors basierend auf den aktuellen Motorsignalen.

**[0040] Fig. 3A** veranschaulicht ein exemplarisches Rotorpositionsschätzmodul **114**. Das Rotorpositionsschätzmodul **114** schätzt einen Versatz der Sensoren **208-1, 208-2, 208-3** in Bezug auf die gewünschte Position **210-1, 210-2, 210-3** und liefert das Rückkopplungssignal basierend auf dem geschätzten Versatz.

**[0041]** Wie dargestellt, beinhaltet das Rotorpositionsschätzmodul **114** ein Motorstrom-Bestimmungsmodul **302**, ein Motorspannungs-Bestimmungsmodul **304**, ein Motorparameter-Empfangsmodul **306**, ein Sensorversatzschätzmodul **308**, Speicher **310** und ein Drehzahlanpassungsmodul **312**.

**[0042]** Das Motorstrom-Bestimmungsmodul **302** empfängt das dem Motor **102** vom Wechselrichter **108** bereitgestellte Stromsignal, und das Motorspannungs-Bestimmungsmodul **304** empfängt ein Motorspannungssignal von der Batterie **110** und dem Wechselrichter **108**. Das Motorparameter-Empfangsmodul **306** empfängt einen oder mehrere Motorparameter vom Motor **102**. So können beispielsweise ein oder mehrere Motorsensoren dem Motorparameter-Empfangsmodul **306** die Motorparameter bereitstellen. Die Motorparameter können Motorinduktivität, Motormagnetintensität und dergleichen beinhalten, sind aber nicht darauf beschränkt. Die Motorparameter können durch einen oder mehrere Sensoren innerhalb des Motors **102** gemessen werden.

**[0043]** Das Sensorversatzschätzmodul **308** empfängt ein Motorstromsignal vom Motorstrom-Bestimmungsmodul **302**, ein Motorspannungssignal vom Motorspannungs-Bestimmungsmodul **304** und ein Motorparametersignal vom Motorparameter-Empfangsmodul **306**. Das Sensorversatzschätzmodul **308** schätzt einen Versatz des Rotors **204** basierend auf dem Motorstromsignal, dem Motorspannungssignal und dem Motorparametersignal.

**[0044]** Zum Beispiel schätzt das Sensorversatzschätzmodul **308** unter Verwendung des Motorstromsignals, des Motorspannungssignals und des Motorparametersignals eine Drehzahl des Motors **102** und schätzt eine Position des Rotors **204** relativ zum Stator **202**.

**[0045]** Das Sensorversatzschätzmodul **308** kann auf den Speicher **310** zugreifen, um einen geschätzten

Versatz zu empfangen, der dem Motorstrom, der Motorspannung und den Motorparametern entspricht. Der geschätzte Versatz kann Versätze berücksichtigen, die sich auf Gleichstrompositionsfehler aufgrund von Herstellungsschwankungen mit einem Motorstrom von Null und/oder nichtlinearen Positionsfehlern aufgrund von Herstellungsschwankungen mit einem Motorstrom ungleich Null beziehen.

**[0046]** Das Sensorversatzschätzmodul **308** schätzt eine Drehzahl des Motors **102**, die dem Motorstrom, der Motorspannung und den Motorparametern entspricht. Der Speicher **310** beinhaltet beispielsweise eine Nachschlagetabelle, die eine oder mehrere Zuordnungen des Motorstroms, der Motorspannung und/oder der Motorparameter zum Hallsensorversatzwert speichert. Die Nachschlagetabelle speichert auch eine oder mehrere Zuordnungen des Motorstroms, der Motorspannung und/oder der Motorparameter, um die Motordrehzahl zu schätzen. Das Sensorversatzschätzmodul **308** bestimmt einen Rotorversatz und liefert ein Versatz-Rotorsignal und eine geschätzte Motordrehzahl an das Drehzahlanpassungsmodul **312**. In einigen Implementierungen wird die Zuordnung während des End-of-Line-Tests (EOL-Tests) erzeugt.

**[0047]** Das Drehzahlanpassungsmodul **312** empfängt das Versatzsignal vom Sensorversatzschätzmodul **308** und erzeugt ein Anpassungssignal, das an das Drehzahlsteuermodul **104** ausgegeben wird. In einer Implementierung greift das Drehzahlanpassungsmodul **312** auf den Speicher **310** zu, um einen Anpassungswert entsprechend der geschätzten Versatzposition zu ermitteln. Der Speicher **310** beinhaltet beispielsweise eine Nachschlagetabelle, die eine oder mehrere Zuordnungen der geschätzten Versatzposition des Rotors **204** auf einen Anpassungswert speichert. Das Drehzahlanpassungsmodul **312** stellt dem Drehzahlsteuermodul **104** den Anpassungswert bereit. Das Drehzahlsteuermodul **104** stellt das gewünschte Drehmomentsignal basierend auf dem Anpassungswert ein, und das angepasste gewünschte Drehmomentsignal wird dem Stromsteuermodul **106** bereitgestellt. Das Drehzahlanpassungsmodul **312** speichert auch den Anpassungswert im Speicher **310**, der für Fahrzeugdiagnosezwecke abgerufen werden kann.

**[0048] Fig. 3B** veranschaulicht ein exemplarisches Diagramm des angepassten gewünschten Positionssignals ( $\Theta_{\text{hall\_comp}}$ ), eines unangepassten Positionssignals ( $\Theta_{\text{hall\_raw}}$ ) und die geschätzte Position des Rotors ( $\Theta_{\text{est}}$ ).

**[0049] Fig. 4** ist ein Flussdiagramm eines exemplarischen Verfahrens **400** zum Schätzen des Versatzes des Rotors **204** in Bezug auf die gewünschte Position einer geschätzten Motordrehzahl. Das Verfahren **400** wird im Zusammenhang mit den Modulen beschrie-

ben, die in der exemplarischen Implementierung des Rotorpositionsschätzmoduls **114** enthalten sind, das in den **Fig. 1** und **Fig. 3** gezeigt ist, um die von diesen Modulen ausgeführten Funktionen weiter zu beschreiben. Jedoch können sich die bestimmten Module, welche die Schritte des Verfahrens ausführen, von der nachfolgenden Beschreibung unterscheiden, bzw. das Verfahren kann getrennt von den Modulen aus den **Fig. 1** und **Fig. 3** implementiert werden. Zum Beispiel kann das Verfahren durch ein einzelnes Modul implementiert werden.

**[0050]** Das Verfahren **400** beginnt bei **402**. Bei **404** wird eine Bestimmung getroffen, ob der Motor **102** in Betrieb ist. Jedes der Module **302**, **304**, **306** kann bestimmen, ob der Motor **102** in Betrieb ist. Wenn der Motor **102** nicht in Betrieb ist, kehrt das Verfahren zu **404** zurück. Wenn der Motor **102** in Betrieb ist, geht das Verfahren **400** zu **406** über. Bei **406** empfängt das Motorstrom-Bestimmungsmodul **302** das Motorstromsignal. Bei **408** empfängt das Motorspannungs-Bestimmungsmodul **304** das Motorspannungssignal. Bei **410** empfängt das Motorparameter-Empfangsmodul **306** ein oder mehrere Motorparametersignale.

**[0051]** Bei **412** bestimmt das Sensorversatzschätzmodul **308**, ob das Motorstromsignal, das Motorspannungssignal und/oder das Motorparametersignal von den Modulen **302**, **304**, **306** empfangen wurden. Wenn das Motorstromsignal, das Motorspannungssignal und/oder das Motorparametersignal nicht empfangen wurden, kehrt das Verfahren **400** zu **412** zurück. Wenn das Motorstromsignal, das Motorspannungssignal und/oder das Motorparametersignal empfangen wurden, schätzt das Sensorversatzschätzmodul **308** den Versatz des Rotors **204** und schätzt die Motordrehzahl basierend auf den empfangenen Signalen. Bei **414** erzeugt das Drehzahlanpassungsmodul **312** das Anpassungssignal basierend auf dem geschätzten Versatz. Bei **416** stellt das Drehzahlsteuermodul **104** das gewünschte Drehmomentsignal basierend auf dem Anpassungswert ein. Das Verfahren **400** kehrt zu **402** zurück.

**[0052]** **Fig. 5** ist ein anderes Flussdiagramm eines exemplarischen Verfahrens **500** zum Schätzen des Versatzes des Rotors **204** in Bezug auf die gewünschte Position einer geschätzten Motordrehzahl. Das Verfahren **500** wird im Zusammenhang mit den Modulen beschrieben, die in der exemplarischen Implementierung des Rotorpositionsschätzmoduls **114** enthalten sind, das in den **Fig. 1** und **Fig. 3** gezeigt ist, um die von diesen Modulen ausgeführten Funktionen weiter zu beschreiben. Jedoch können sich die bestimmten Module, welche die Schritte des Verfahrens ausführen, von der nachfolgenden Beschreibung unterscheiden, bzw. das Verfahren kann getrennt von den Modulen aus den **Fig. 1** und **Fig. 3** implementiert werden. Zum Beispiel kann das Verfahren durch ein einzelnes Modul implementiert werden.

**[0053]** Das Verfahren **500** beginnt bei **502**. Bei **504** schätzt das Rotorpositionsschätzmodul **114** die Position des Rotors **204** und schätzt die Motordrehzahl wie oben beschrieben. Bei **506** bestimmt das Sensorversatzschätzmodul **308**, ob eine Anzahl von Sensorübergängen kleiner als ein vorbestimmter Schwellenwert ist. Wenn ein Sensor **208** eine dreihundertsechzig Grad Drehung um den Rotor **204** vorgenommen hat, kann dies als Sensorübergang definiert werden.

**[0054]** Wenn die Anzahl der Sensorübergänge kleiner oder gleich dem vorbestimmten Schwellenwert ist, geht das Verfahren **500** zu **508** über. Wenn die Anzahl der Sensorübergänge größer als der vorbestimmte Schwellenwert ist, geht das Verfahren **500** zu **514** über. Bei **508** bestimmt das Sensorversatzschätzmodul **308** einen Positionssektorwert des einen oder der mehreren Sensoren **208** und empfängt eine oder mehrere von den Sensoren **208** erfasste Halleffekt-Messungen. Bei **510** werden die geschätzte Position mindestens eines Sensors **208**, die Halleffekt-Messung, die dem mindestens einen Sensor **208** entspricht, und das Motorstromsignal von dem Sensorversatzschätzmodul **308** abgetastet und gehalten. Bei **512** greift das Sensorversatzschätzmodul **308** auf den Speicher **310** zu, um den Versatz basierend auf der geschätzten Position mindestens eines Sensors **208**, der Halleffekt-Messung, die dem mindestens einen Sensor **208** entspricht, und dem Motorstromsignal zu schätzen. Bei **514** werden die geschätzte Drehzahl, die geschätzte Position und der geschätzte Versatz empfangen und im Speicher **310** gespeichert.

**[0055]** Bei **516** erzeugt das Drehzahlanpassungsmodul **312** das Anpassungssignal basierend auf der geschätzten Drehzahl und einer Referenzdrehzahl. Die Referenzdrehzahl kann einer EOL-Drehzahl entsprechen. Das Anpassungssignal wird bei **518** im Speicher **310** gespeichert. Bei **520** wird ein Motorlaststrom am Stromsteuermodul **106** empfangen. Das Stromsteuermodul **106** bestimmt bei **522**, ob eine Differenz zwischen dem angepassten gewünschten Drehmomentsignal und dem Motorlaststrom größer als ein vorbestimmter Stromschwellenwert ist. Ist die Differenz nicht größer als der vorgegebene Stromschwellenwert, wird das gewünschte Drehmomentsignal bei **524** angepasst. Wenn die Differenz größer als der vorbestimmte Stromschwellenwert ist, wird das gewünschte Drehmomentsignal nicht angepasst. Das Verfahren **500** endet bei **526**.

**[0056]** Die vorhergehende Beschreibung ist rein illustrativ und soll die vorliegende Offenbarung sowie ihre Ausführungen oder Verwendungen keineswegs einschränken. Die umfassenden Lehren der Offenbarung können in zahlreichen Formen umgesetzt werden. Obwohl diese Offenbarung bestimmte Beispiele beinhaltet, sollte der tatsächliche Umfang der Offenbarung daher nicht so begrenzt sein, da weitere Mo-

difikationen durch das Studieren der Zeichnungen, der Spezifikation und der folgenden Patentansprüche offensichtlich werden. Es sei darauf hingewiesen, dass einer oder mehrere Schritte innerhalb eines Verfahrens in anderer Reihenfolge (oder gleichzeitig) ausgeführt werden können, ohne die Prinzipien der vorliegenden Offenbarung zu verändern. Ferner, obwohl jede der Ausführungsformen oben dahingehend beschrieben ist, dass sie bestimmte Merkmale aufweist, kann/können eines oder mehrere dieser Funktionen, die in Bezug auf jede Ausführungsform der Offenbarung beschrieben sind, in jeder der anderen Ausführungsformen implementiert und/oder kombiniert werden, selbst wenn diese Kombination nicht explizit beschrieben wird. Mit anderen Worten ausgedrückt schließen sich die beschriebenen Ausführungsformen nicht gegenseitig aus, und Permutationen von einer oder mehreren Ausführungsformen gegeneinander bleiben innerhalb des Schutzzumfangs dieser Offenbarung.

**[0057]** Räumliche und funktionale Beziehungen zwischen Elementen (z. B. zwischen Modulen, Schaltkreiselementen, Halbleiterschichten usw.) werden unter Verwendung von verschiedenen Begriffen beschrieben, einschließlich „verbunden“, „eingeras-tet“, „gekoppelt“, „benachbart“, „neben“, „oben auf“, „über“, „unter“ und „angeordnet“. Sofern nicht ausdrücklich als „direkt“ beschrieben, kann eine Beziehung eine direkte Beziehung sein, wenn eine Beziehung zwischen einem ersten und zweiten Element in der oben genannten Offenbarung beschrieben wird, wenn keine anderen intervenierenden Elemente zwischen dem ersten und zweiten Element vorhanden sind, kann jedoch auch eine indirekte Beziehung sein, wenn ein oder mehrere intervenierende(s) Element(e) (entweder räumlich oder funktional) zwischen dem ersten und zweiten Element vorhanden ist/sind. Wie hierin verwendet, sollte der Satz „zumindest eines von A, B und C“ so zu verstehen sein, dass damit eine Logik gemeint ist (A ODER B ODER C), unter Verwendung eines nicht ausschließlichen logischen ODER, und sollte nicht dahingehend zu verstehen sein, dass gemeint ist „zumindest eines von A, zumindest eines von B und zumindest eines von C“.

**[0058]** In den Figuren bezeichnen die Pfeilrichtungen, wie angezeigt, durch die Pfeilspitze im Allgemeinen den Fluss von Informationen (wie Daten oder Befehlen), die im Kontext der Darstellung relevant sind. Wenn beispielsweise Element A und Element B eine Vielzahl von Informationen austauschen, aber die Informationen, die von Element A nach Element B übertragen werden, für die Darstellung relevant sind, kann der Pfeil von Element A nach Element B zeigen. Diese unidirektionalen Pfeile implizieren nicht, dass keine anderen Informationen von Element B nach Element A übertragen werden. Zudem kann Element B im Zusammenhang mit Informationen, die von Ele-

ment A nach Element B gesendet werden, Anfragen oder Bestätigungen dieser Informationen zu Element A senden.

**[0059]** In dieser Anwendung, einschließlich der folgenden Definitionen, kann der Begriff „Modul“ oder der Begriff „Steuerung“ ggf. durch den Begriff „Schaltung“ ersetzt werden. Der Begriff „Modul“ kann auf Folgendes verweisen bzw. Teil von Folgendem sein oder Folgendes beinhalten: eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC); eine digitale, analoge oder gemischt analog/digitale diskrete Schaltung; eine digitale, analoge oder gemischt analog/digitale integrierte Schaltung; eine kombinatorische Logikschaltung; ein feldprogrammierbares Gate-Array (FPGA); einen Prozessor (gemeinsam genutzt, dediziert oder Gruppe), der Code ausführt; einen Speicher (gemeinsam genutzt, dediziert oder Gruppe), der einen von einem Prozessor ausgeführten Code speichert; andere geeignete Hardware-Komponenten, die die beschriebene Funktionalität bereitstellen; oder eine Kombination von einigen oder allen der oben genannten, wie zum Beispiel in einem System-on-Chip.

**[0060]** Das Modul kann eine oder mehrere Schnittstellenschaltungen beinhalten. In einigen Beispielen können die Schnittstellen-Schaltkreise kabelgebundene oder -lose Schnittstellen beinhalten, die mit einem lokalen Netzwerk (LAN), dem Internet, einem Weitverkehrsnetz (WAN) oder Kombinationen hieraus verbunden sind. Die Funktionalität der in dieser Offenbarung genannten Module kann auf mehrere Module verteilt werden, die mit Schnittstellen-Schaltkreisen verbunden sind. So können zum Beispiel mehrere Module einen Lastenausgleich zulassen. In einem anderen Beispiel können von einem Servermodul (z.°B. Remote-Server oder Cloud) bestimmte Funktionen eines Client-Moduls übernommen werden.

**[0061]** Der Begriff Code, wie oben verwendet, kann Software, Firmware und/oder Mikrocode beinhalten, und auf Programme, Routinen, Funktionen, Klassen, Datenstrukturen und/oder Objekte verweisen. Der Begriff „gemeinsame Prozessorschaltung“ bezieht sich auf eine einzelne Prozessorschaltung, die ermittelten oder vollständigen Code von mehreren Modulen ausführt. Der Begriff „gruppierte Prozessorschaltung“ bezieht sich auf eine Prozessorschaltung, die in Kombination mit zusätzlichen Prozessorschaltungen ermittelten oder vollständigen Code von ggf. mehreren Modulen ausführt. Verweise auf mehrere Prozessorschaltungen umfassen mehrere Prozessorschaltungen auf diskreten Matrizen, mehrere Prozessorschaltungen auf einer einzelnen Scheibe, mehrere Kerne auf einer einzelnen Prozessorschaltung, mehrere Threads einer einzelnen Prozessorschaltung oder eine Kombination der oben genannten. Der Begriff „gemeinsame Memory-Schaltung“

bezieht sich auf eine einzelne Memory-Schaltung, die ermittelten oder vollständigen Code von mehreren Modulen speichert. Der Begriff „gruppierte Memory-Schaltung“ bezieht sich auf eine Memory-Schaltung, die in Kombination mit zusätzlichem Speicher ermittelte oder vollständige Codes von ggf. mehreren Modulen speichert.

**[0062]** Der Begriff Memory-Schaltung ist dem Begriff computerlesbares Medium untergeordnet. Der Begriff „computerlesbares Medium“, wie er hier verwendet wird, bezieht sich nicht auf flüchtige elektrische oder elektromagnetische Signale, die sich in einem Medium ausbreiten (z. B. im Falle einer Trägerwelle); der Ausdruck „computerlesbares Medium“ ist daher als konkret und nichtflüchtig zu verstehen. Nicht einschränkende Beispiele eines nichtflüchtigen konkreten computerlesbaren Mediums sind nichtflüchtige Memory-Schaltungen (z. B. Flash-Memory-Schaltungen, löschbare programmierbare ROM-Schaltungen oder Masken-ROM-Schaltungen), flüchtige Memory-Schaltungen (z. B. statische oder dynamische RAM-Schaltungen), magnetische Speichermedien (z. B. analoge oder digitale Magnetbänder oder ein Festplattenlaufwerk) und optische Speichermedien (z. B. CD, DVD oder Blu-Ray).

**[0063]** Die im Rahmen dieser Anmeldung beschriebenen Vorrichtungen und Verfahren können teilweise oder vollständig mit einem speziellen Computer, der für die Ausführung ermittelter Computerprogramm-funktionen konfiguriert ist, implementiert werden. Die Funktionsblöcke, Flussdiagramm-Komponenten und weiter oben beschriebenen Elemente dienen als Softwarespezifikationen, die von entsprechend geschulten Technikern oder Programmierern in Computerprogramme umgesetzt werden können.

**[0064]** Die Computerprogramme beinhalten prozessorausführbare Anweisungen, die auf zumindest einem nicht-flüchtigen, konkreten, computerlesbaren Medium gespeichert sind. Die Computerprogramme können ebenfalls gespeicherte Daten enthalten oder auf gespeicherten Daten basieren. Die Computerprogramme können ein Basic-Input-Output-System (BIOS) umfassen, das mit der Hardware des speziellen Computers zusammenwirkt, Vorrichtungstreiber, die mit ermittelten Vorrichtungen des speziellen Computers, einem oder mehreren Betriebssystemen, Benutzeranwendungen, Hintergrunddiensten, im Hintergrund laufenden Anwendungen usw. zusammenwirken.

**[0065]** Die Computerprogramme können Folgendes beinhalten: (i) beschreibenden Text, der gegliedert wird, wie z. B. HTML (Hypertext Markup Language), XML (Extensible Markup Language) oder JSON (JavaScript Object Notation), (ii) Assembler Code, (iii) Objektcode, der von einem Quellcode durch einen Compiler erzeugt wurde, (iv) Quellcode zur Ausfüh-

rung durch einen Interpreter, (v) Quellcode zur Kompilierung und zur Ausführung durch einen Justin-Time-Compiler usw. Nur exemplarisch kann der Quellcode mittels der Syntax der Sprachen, einschließlich C, C++, C#, Objective-C, Swift, Haskell, Go, SQL, R, Lisp, Java®, Fortran, Perl, Pascal, Curl, OCaml, Javascript®, HTML5 (Hypertext Markup Language 5. Version), Ada, ASP (Active Server Pages), PHP (PHP: Hypertext Preprocessor), Scala, Eiffel, Smalltalk, Erlang, Ruby, Flash®, Visual Basic®, Lua, MATLAB, SIMULINK und Python®, geschrieben werden.

## Patentansprüche

1. System, das Folgendes umfasst: ein Rotorpositionsschätzmodul, das konfiguriert ist, um ein Anpassungssignal zum Anpassen eines gewünschten Drehmomentsignals für einen Motor zu erzeugen, das Rotorpositionsschätzmodul umfassend: ein Sensorversatzschätzmodul, das dazu konfiguriert ist, eine Versatzposition eines Sensors basierend auf (1) einem Motorstromsignal zu schätzen, das einen Strom zum Drehen eines Rotors innerhalb des Motors anzeigt, (2) einem Motorspannungssignal, das eine Spannung anzeigt, die an einen Wechselrichter angelegt wird, der den Strom an den Motor bereitstellt, und (3) einen Motorparameter, worin der Sensor auf dem Motor angeordnet ist; und ein Drehzahlanpassungsmodul, das konfiguriert ist, um das Anpassungssignal basierend auf der geschätzten Versatzposition zu erzeugen.
2. System nach Anspruch 1, ferner umfassend ein Drehzahlsteuermodul, das konfiguriert ist, um das gewünschte Drehmomentsignal zu erzeugen, worin das Drehzahlsteuermodul dazu konfiguriert ist, das gewünschte Drehmomentsignal basierend auf dem Anpassungssignal anzupassen.
3. System nach Anspruch 2, ferner umfassend ein Stromsteuermodul, das konfiguriert ist, um ein Stromsignal basierend auf mindestens einem von dem gewünschten Drehmomentsignal und dem angepassten gewünschten Drehmomentsignal zu erzeugen.
4. System nach Anspruch 3, ferner umfassend den Wechselrichter, worin der Wechselrichter konfiguriert ist, um den Strom basierend auf dem Stromsignal zu erzeugen und den Strom einer Vielzahl von Statorwicklungen innerhalb des Motors zuzuführen, um den Rotor gemäß des Stromsignals zu drehen.
5. System nach Anspruch 4, ferner umfassend eine Batterie, die mit dem Wechselrichter und dem Rotorpositionsschätzmodul verbunden und konfiguriert ist, um Gleichspannung (DC-Spannung) bereitzustellen.
6. System nach Anspruch 5, worin der Wechselrichter die Gleichspannung in eine entsprechende



Wechselstromspannung (AC-Spannung) umwandelt und die Wechselspannung an den Motor und das Rotorpositionsschätzmodul bereitstellt.

7. System nach Anspruch 4, ferner umfassend den Motor, worin der Motor eine rotierende Anordnung beinhaltet, die ein Fahrzeug basierend auf dem gewünschten Drehmomentsignal antreibt.

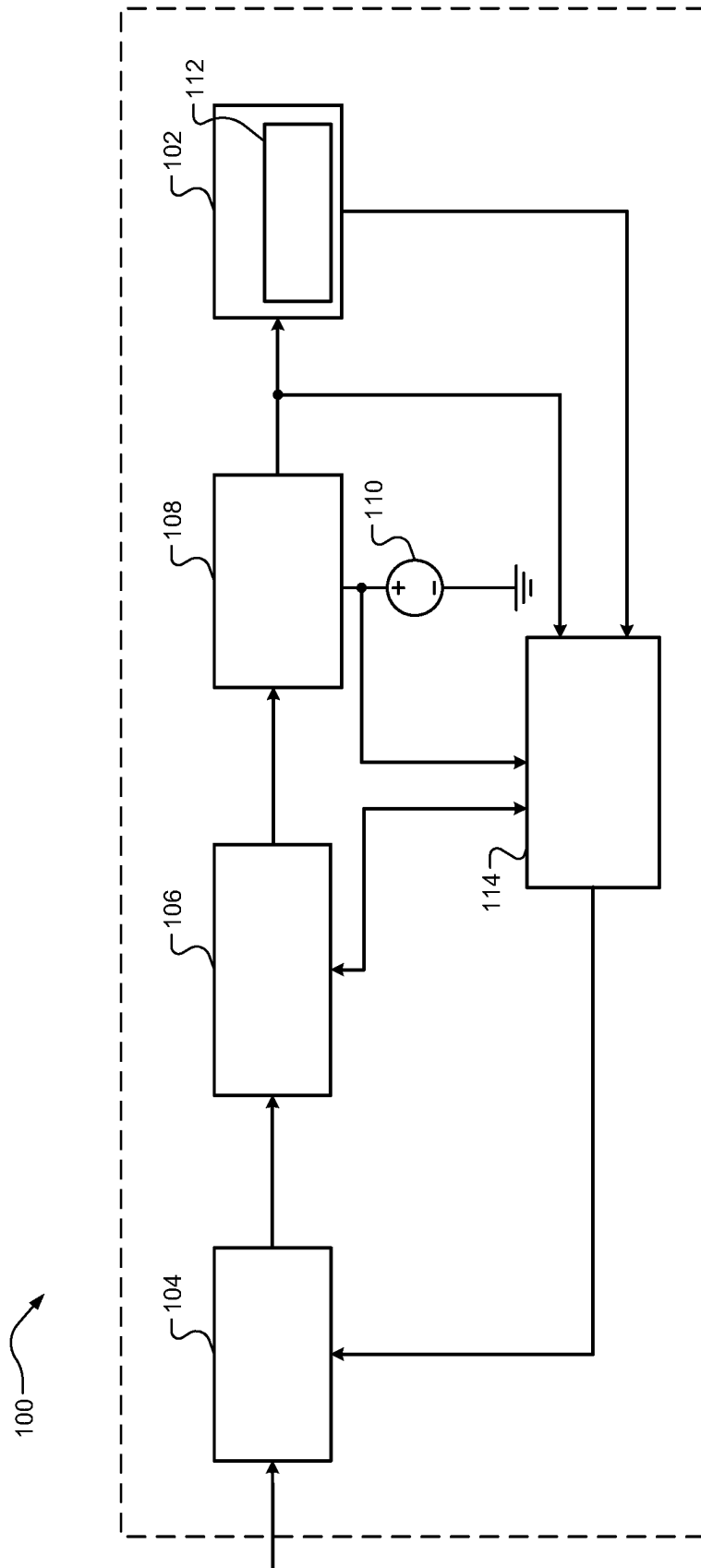
8. System nach Anspruch 7, worin die rotierende Anordnung den Stator und den Rotor umfasst.

9. System nach Anspruch 1, worin der Sensor einen Halleffekt-Sensor umfasst, der auf dem Rotor angeordnet ist.

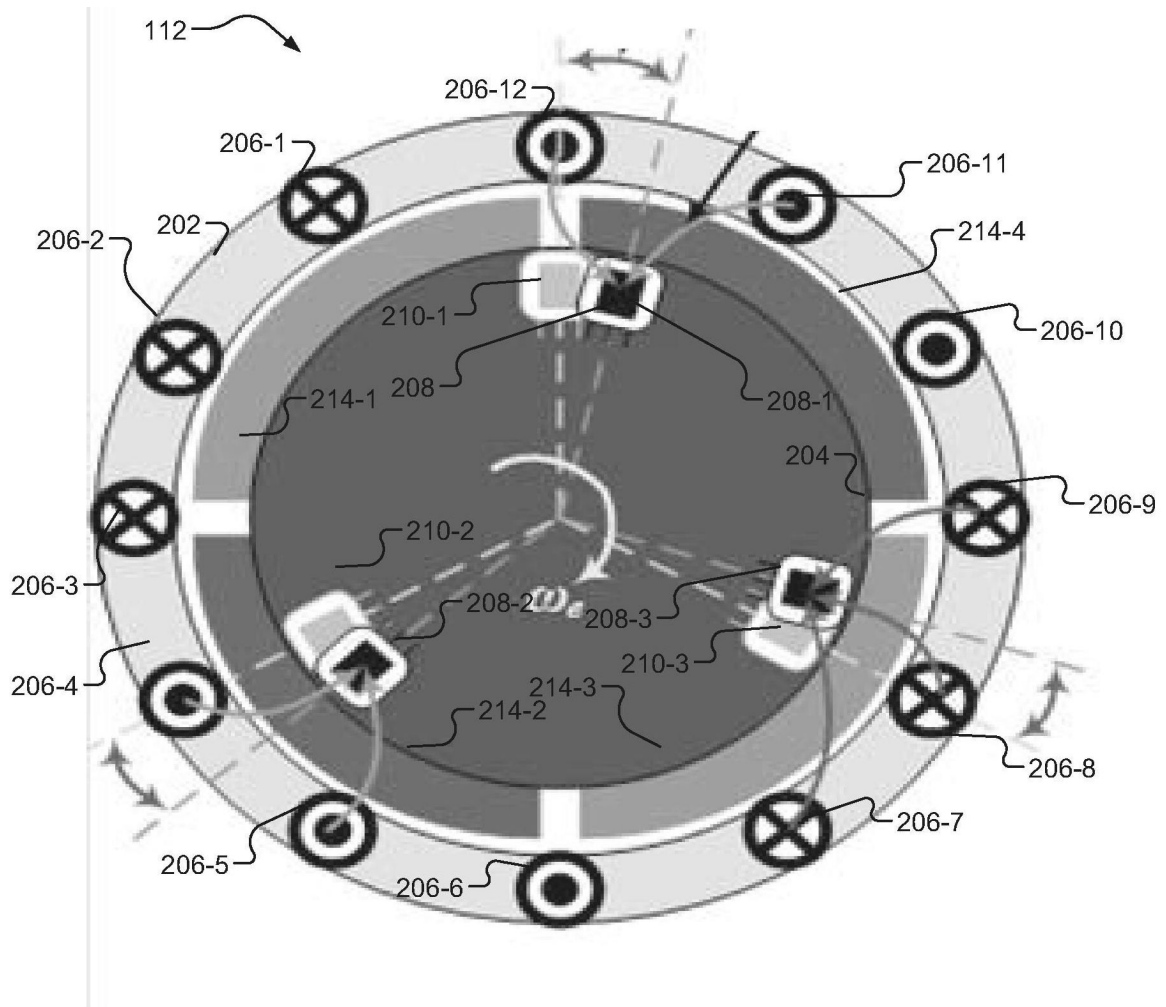
10. System nach Anspruch 1, ferner umfassend einen Speicher, der zum Speichern des Anpassungssignals konfiguriert ist.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

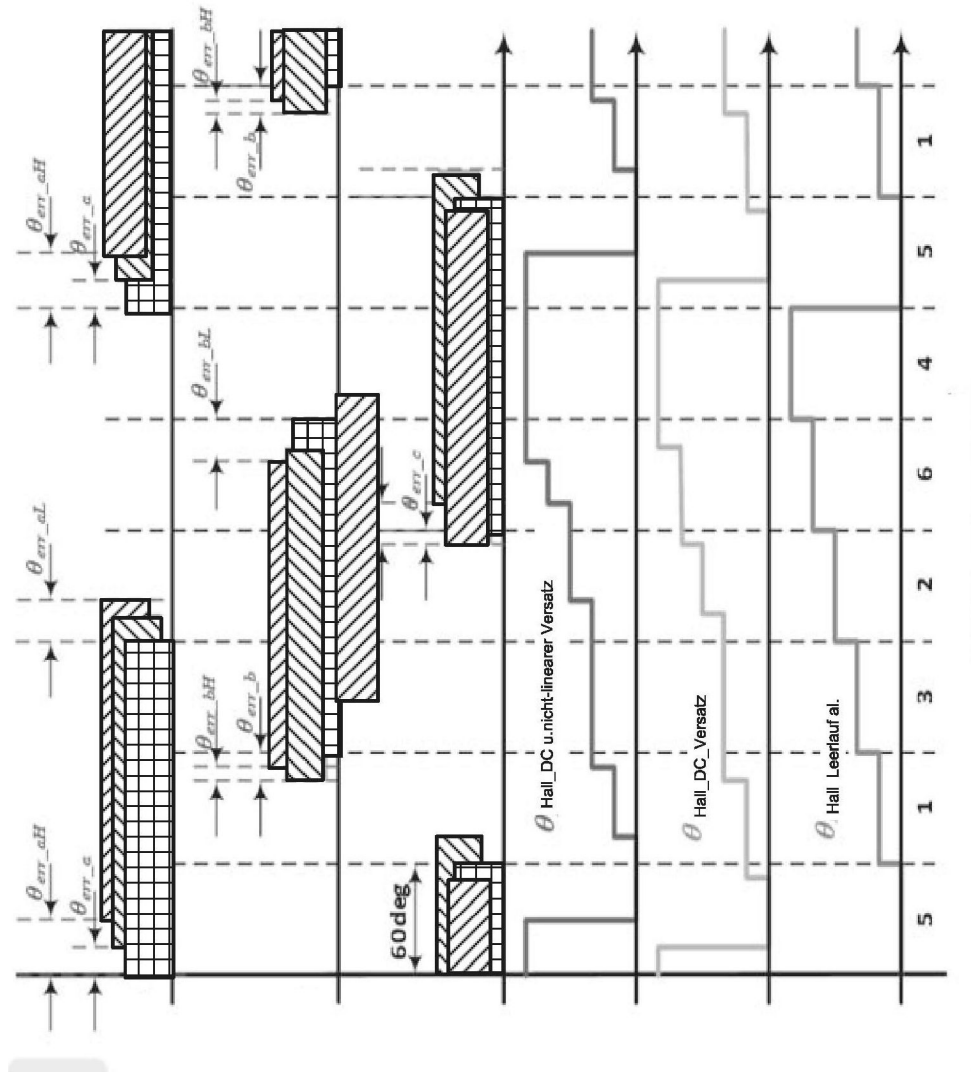
Anhängende Zeichnungen



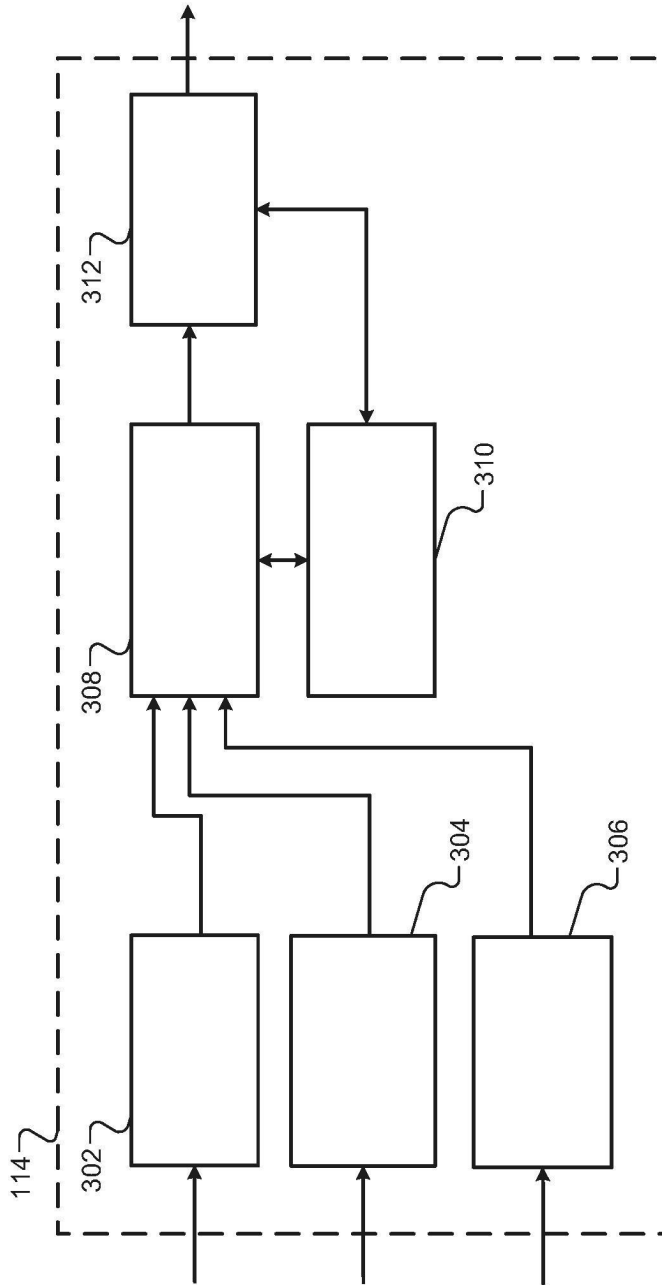
**FIG.1**



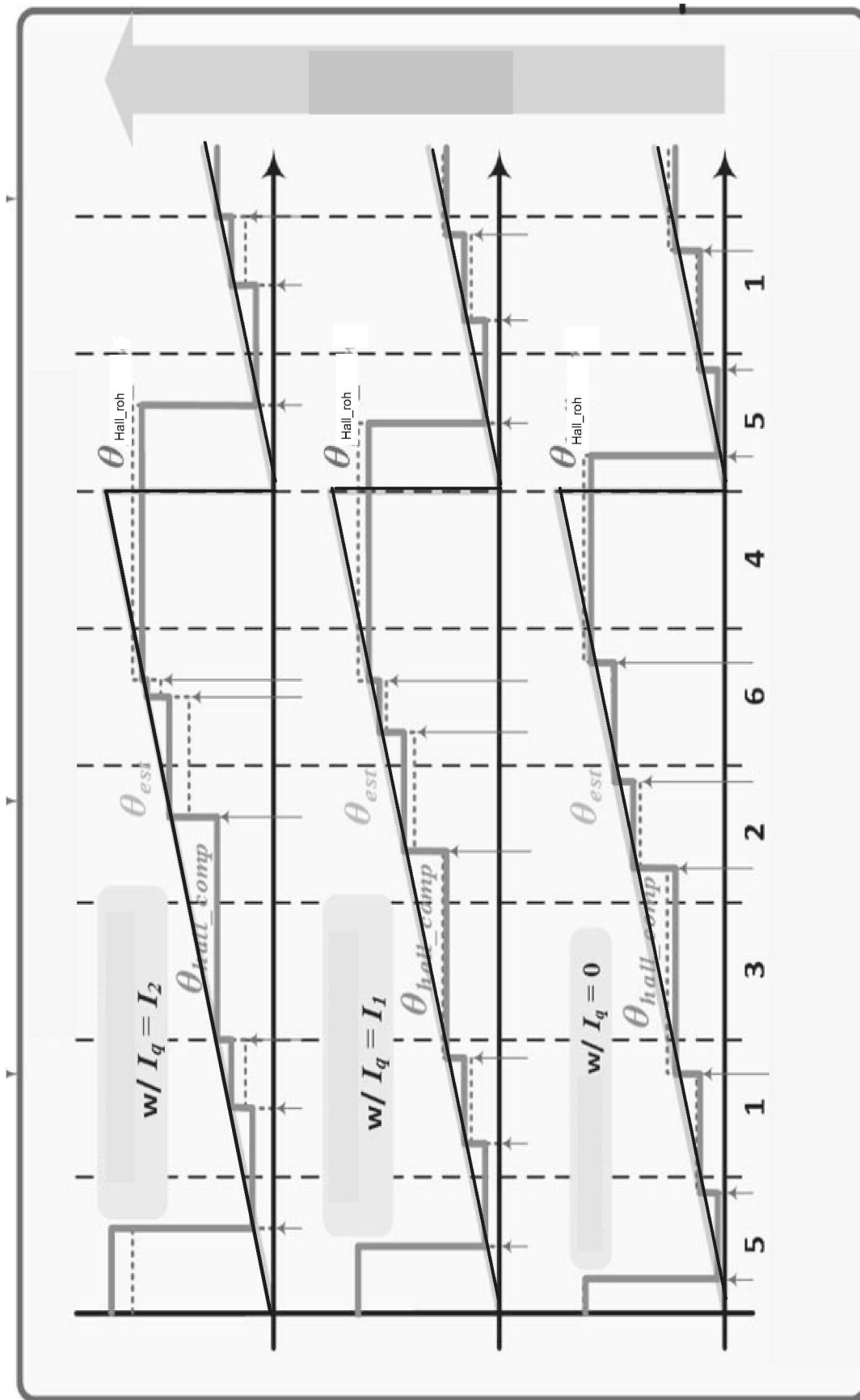
**FIG. 2A**



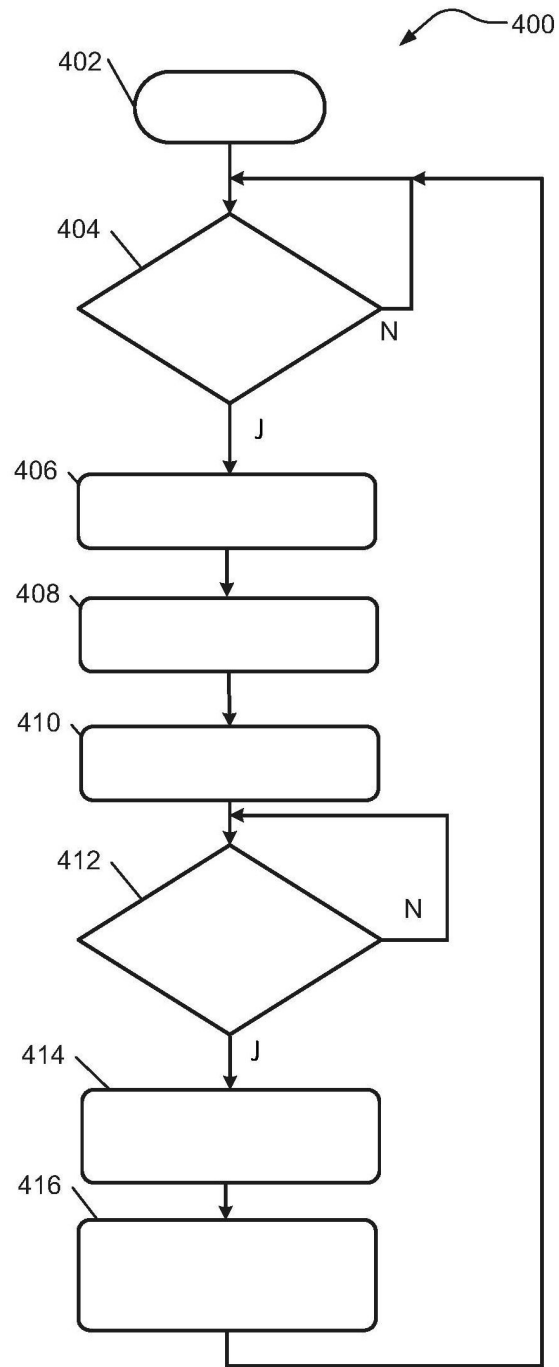
**FIG. 2B**



**FIG. 3A**



**FIG. 3B**



**FIG. 4**

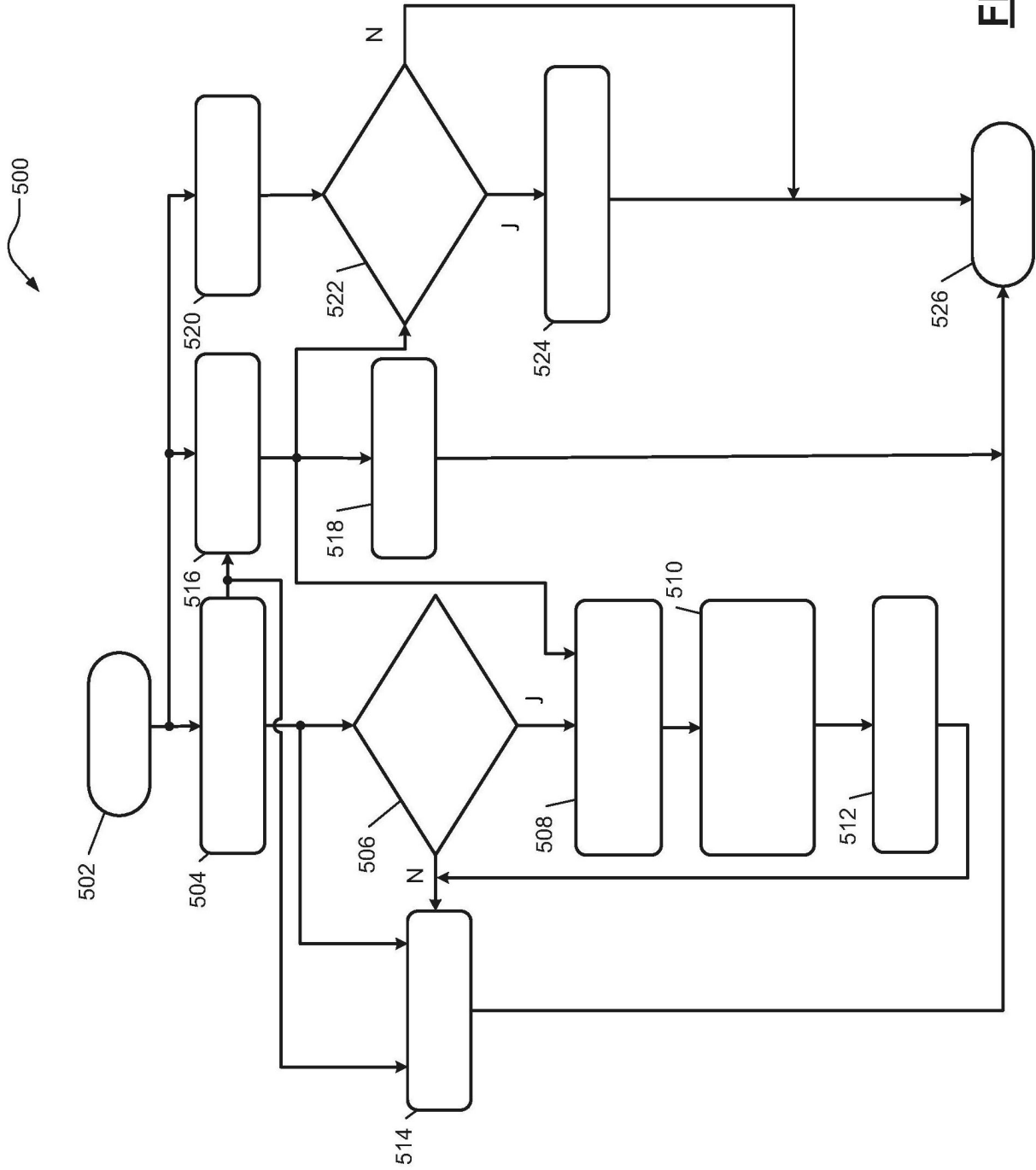


FIG. 5