



(10) **DE 10 2010 003 094 A1** 2011.09.22

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 003 094.5**

(22) Anmeldetag: **22.03.2010**

(43) Offenlegungstag: **22.09.2011**

(51) Int Cl.: **G01L 3/00 (2006.01)**

**G01L 3/10 (2006.01)**

**H02P 23/14 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Robert Bosch GmbH, 70469, Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:

**Vollmer, Ulrich, 73266, Bissingen, DE; Kühn,  
Timo, 76307, Karlsbad, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

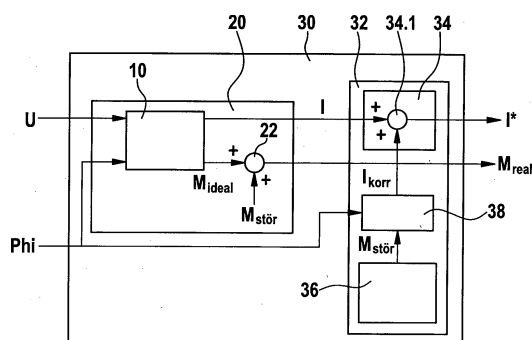
DE	00002439609	A1
DE	100 19 152	A1
DE	10 2004 061 917	A1
DE	10 2008 007 100	A1
DE	695 12 825	T2
DE	695 33 576	T2
EP	1 564 109	B1

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

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

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Ermittlung eines Abgabemoments eines elektrischen Antriebs**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ermittlung eines Abgabemoments ( $M_{\text{real}}$ ) eines elektrischen Antriebs (20) durch Messen eines vom elektrischen Antrieb (20) aufgenommenen Stroms ( $I$ ). Erfindungsgemäß wird aus ermittelten Störmomenten ( $M_{\text{stör}}$ ) ein Korrekturstrom ( $I_{\text{korr}}$ ) berechnet, wobei aus dem gemessenen Strom ( $I$ ) und dem Korrekturstrom ( $I_{\text{korr}}$ ) ein korrigierter Strom ( $I^*$ ) ermittelt und ausgegeben wird, welcher ein reales Abgabemoment ( $M_{\text{real}}$ ) des elektrischen Antriebs (20) repräsentiert.



## Beschreibung

### Stand der Technik

**[0001]** Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Ermittlung eines Abgabemoments eines elektrischen Antriebs nach der Gattung des unabhängigen Patentanspruchs 1, von einer korrespondierenden Vorrichtung zur Ermittlung eines Abgabemoments eines elektrischen Antriebs nach der Gattung des unabhängigen Patentanspruchs 8, und von einem Computerprogrammprodukt mit Programmcode zur Durchführung des Verfahrens zur Ermittlung eines Abgabemoments eines elektrischen Antriebs.

**[0002]** In der Antriebstechnik von Elektromotoren wird in vielen Fällen die Motorstromaufnahme gemessen, um auf das abgegebene Moment des Elektromotors zu schließen. Diese Information kann zum einen für Regelungszwecke (FOR – Feldorientierte Regelung) oder für Sicherheitsfunktionen verwendet werden. Die Beziehung zwischen Strom und idealem Abgabemoment kann aus einem idealen Motormodell des Elektromotors ermittelt werden. Allerdings weisen Elektromotoren noch weitere Momente, wie z. B. Lagerreibung, Rastmomente usw. auf, welche das Abgabemoment des Elektromotors verändern können. Daher stimmt das tatsächliche Abgabemoment des Elektromotors nicht mehr mit dem idealen Abgabemoment des Elektromotors überein und es besteht keine direkte Beziehung mehr zwischen dem gemessenen Strom und dem tatsächlichen Abgabemoment des Elektromotors.

### Offenbarung der Erfindung

**[0003]** Das erfindungsgemäße Verfahren zur Ermittlung eines Abgabemoments eines elektrischen Antriebs mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 1 hat demgegenüber den Vorteil, dass aus ermittelten Störmomenten ein Korrekturstrom berechnet wird, wobei aus einem gemessenen Strom und dem Korrekturstrom ein korrigierter Strom ermittelt und ausgegeben wird, welcher ein reales Abgabemoment des elektrischen Antriebs repräsentiert.

**[0004]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Ermittlung eines Abgabemoments eines elektrischen Antriebs mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 8 hat demgegenüber den Vorteil, dass eine Recheneinheit vorgesehen ist, welche aus ermittelten Störmomenten einen Korrekturstrom berechnet, wobei aus einem gemessenen Strom und dem Korrekturstrom ein korrigierter Strom ermittelbar und ausgeben ist, welcher ein reales Abgabemoment des elektrischen Antriebs repräsentiert. Zudem umfasst die Vorrichtung Mittel zum Messen des vom elektrischen Antrieb aufgenommenen Stroms.

**[0005]** Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung korrigieren die gemessenen Strommesswerte um einen Betrag, der den Störmomenten entspricht. Die bereinigte Strommessung ermöglicht es, mit Hilfe des idealen Motormodells, auf das tatsächliche Abgabemoment des elektrischen Antriebs zu schließen, welcher beispielsweise als Synchronmaschine, Asynchronmaschine, Gleichstrommotor usw. ausgeführt ist. Daher können nachfolgende Subsysteme, welche das Ergebnis der Strommessung heranziehen, um auf das reale Abgabemoment zu schließen, in vorteilhafter Weise mit einer höheren Güte arbeiten. Mit Hilfe von Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, die eine verbesserte dem jeweiligen System angepasste Strommessung zur Verfügung stellen, können die nachfolgenden Subsysteme wertbereinigt mit Standardmethoden arbeiten. Dieser Vorteil kommt vor allem dann zum Tragen, wenn die Verantwortlichkeit für ein Produkt aus den Subsystemen „Elektromotor“ und „Strommessung“ bestehen und somit die Verantwortung bei der Schnittstelle „Strommessung“ endet. Nachfolgende Subsysteme, welche die Information „Strommessung“ heranziehen um auf das reale Abgabemoment zu schließen sind beispielsweise eine Momentenregelung und/oder eine Drehzahlregelung für den elektrischen Antrieb bzw. Fahrsicherheitsfunktionen.

**[0006]** Ein realer elektrischer Antrieb unterscheidet sich von einem idealen elektrischen Antrieb in der Weise, dass dem idealen Abgabemoment ein Störmoment überlagert ist. Das ideale Abgabemoment ergibt sich aus den elektrischen Motorgleichungen. Das Störmoment ergibt sich im Wesentlichen aus mechanischen Gegebenheiten, welche beispielsweise Reibung und Rastmomente betreffen. Da diese Einflussgrößen im Allgemeinen nicht erwünscht sind, werden sie den Störgrößen zugeordnet. Die Störmomente können vorab durch Messen bzw. Simulieren ermittelt und in entsprechender Form für die Signalverarbeitung abgespeichert werden. Schließlich ergibt sich das tatsächliche Abgabemoment aus der Summe des idealen Abgabemoments und der Störmomente.

**[0007]** Betrachtet man den idealen elektrischen Antrieb, so lässt sich das ideale Abgabemoment mit Hilfe der korrespondierenden Motorgleichung aus dem gemessenen Strom berechnen. Hierbei ist die Motorgleichung

vom verwendeten Typ des elektrischen Antriebs abhängig. Das Ziel der erfindungsgemäßen Stromkorrektur besteht darin, den korrigierten Strom so zu bestimmen, dass unter Benutzung des idealen Motormodells das reale Abgabemoment direkt ermittelt werden kann. Zu diesem Zweck wird der Korrekturstrom erfindungsgemäß basierend auf dem ermittelten Störmoment bestimmt. In einfachster Form ergibt sich der Korrekturstrom aus der inversen Momentengleichung des idealen Motormodells. Das Störmoment kann für den jeweiligen elektrischen Antrieb bzw. Elektromotor bzw. den jeweiligen Motor-Typ mit Hilfe von Messungen ermittelt und in entsprechender Form im System für die Signalverarbeitung abgespeichert werden. Somit ergibt sich für den Korrekturstrom eine konkrete Umrechnungsformel in Abhängigkeit vom Störmoment.

**[0008]** Ausführungsformen der Erfindung können grundsätzlich als Erweiterung der Strommessung von Elektromotoren eingesetzt werden. Als mögliche Anwendung können dabei beispielsweise elektrisch unterstützte Lenkungssysteme genannt werden.

**[0009]** Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen und Weiterbildungen sind vorteilhafte Verbesserungen des im unabhängigen Patentanspruch 1 angegebenen Verfahrens zur Ermittlung eines Abgabemoments eines elektrischen Antriebs sowie der im unabhängigen Patentanspruch 8 angegebenen Vorrichtung zur Ermittlung eines Abgabemoments eines elektrischen Antriebs möglich.

**[0010]** Besonders vorteilhaft ist, dass Einflussfaktoren von Störmomenten als Eingangsgrößen für mindestens ein Störmomentkennfeld angelegt werden, welches zur Berechnung des Korrekturstroms herangezogen wird. Die Störmomente umfassen beispielsweise Reibmomente und/oder Rastmomente, welche von Drehzahl und/oder Drehwinkel beeinflusst werden. Zudem kann das mindestens eine Störmomentkennfeld über korrespondierende Messungen und/oder Simulationen vorab ermittelt und abgespeichert werden. So ist das Störmoment bezüglich Reibung insbesondere von der Drehzahl des elektrischen Antriebs abhängig. Bezüglich Rastmomente ist das Störmoment insbesondere vom Drehwinkel des elektrischen Antriebs abhängig. Des Erzeugen und Speichern von Störmomentkennfeldern ermöglicht in vorteilhafter Weise eine schnelle und sichere Bestimmung des Korrekturstroms und des damit verbundenen korrigierten Stroms, welcher das reale Ausgabemoment des elektrischen Antriebs repräsentiert.

**[0011]** In vorteilhafter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein ideales Abgabemoment des elektrischen Antriebs basierend auf dem gemessenen Strom mit einer Motorgleichung eines korrespondierenden idealen Motormodells berechnet. Des Weiteren wird das reale Abgabemoment des elektrischen Antriebs basierend auf dem korrigierten Strom unter Benutzung der Motorgleichung des korrespondierenden idealen Motormodells berechnet.

**[0012]** In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der korrigierte Strom, welcher das reale Abgabemoment des elektrischen Antriebs repräsentiert, als Eingabegröße für eine Momentenregelung und/oder Drehzahlregelung des elektrischen Antriebs und/oder für Fahrsicherheitsfunktionen verwendet. Durch die Verwendung des korrigierten Stroms kann die Güte der nachfolgenden Subsysteme, welche den korrigierten Strom als Eingabegröße verwenden, in vorteilhafter Weise deutlich verbessert werden.

**[0013]** In vorteilhafter Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist mindestens ein Störmomentkennfeld, welches Einflussfaktoren von Störmomenten als Eingangsgrößen aufweist, in einem Kennfeldspeicher gespeichert, welcher mit der Recheneinheit gekoppelt ist, wobei die Recheneinheit in Abhängigkeit von aktueller Drehzahl und/oder aktuellem Drehwinkel des elektrischen Antriebs ein korrespondierendes Störmomentkennfeld zur Berechnung des Korrekturstroms ermittelt.

**[0014]** Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können als Schaltung, Vorrichtung, Verfahren, Datenverarbeitungsprogramm mit Programmcodemitteln und/oder als Computerprogrammprodukt realisiert werden. Entsprechend können Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung vollständig als Hardware und/oder als Software und/oder als Kombination aus Hardware- und/oder Softwarekomponenten ausgeführt werden. Zudem kann die vorliegende Erfindung als Computerprogrammprodukt auf einem computernutzbaren Speichermedium mit computerlesbarem Programmcode ausgeführt werden, wobei verschiedene computerlesbare Speichermedien wie Festplatten, CD-ROMs, optische oder magnetische Speicherelemente usw. benutzt werden können.

**[0015]** Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

## Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0016] [Fig. 1](#) zeigt ein schematisches Blockdiagramm eines realen elektrischen Antriebs.

[0017] [Fig. 2](#) zeigt ein schematisches Blockdiagramm eines idealisierten elektrischen Antriebs, mit einem Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung. zur.

## Ausführungsformen der Erfindung

[0018] Wie aus [Fig. 1](#) ersichtlich ist, unterscheidet sich ein realer elektrischer Antrieb **20** in der Weise von einem idealen elektrischen Antrieb **10**, dass einem idealen Abgabemoment  $M_{ideal}$  des idealen elektrischen Antriebs **10** ein Störmoment  $M_{stör}$  überlagert ist. Das ideale Abgabemoment  $M_{ideal}$  des idealen elektrischen Antriebs **10** ergibt sich in Abhängigkeit von angelegten Eingangsgrößen  $U$ ,  $\Phi$  aus korrespondierenden elektrischen Motorgleichungen, welche von der Bauform des realen elektrischen Antriebs **20** abhängig sind. Das Störmoment  $M_{stör}$  ergibt sich im Wesentlichen aus mechanischen Gegebenheiten, wie beispielsweise Reibung und/oder Rastmomente. Da diese Einflussgrößen im Allgemeinen nicht erwünscht sind, werden sie den Störgrößen zugeordnet. Schließlich ergibt sich das reale Abgabemoment  $M_{real}$  des realen elektrischen Antriebs **20** aus Gleichung (1).

$$M_{real} = M_{ideal} + M_{stör} \quad (1)$$

[0019] Betrachtet man den idealen elektrischen Antrieb **10**, so lässt sich das ideale Abgabemoment  $M_{ideal}$  mit Hilfe der Motorgleichungen aus dem Strom  $I$  gemäß Gleichung (2) berechnen.

$$M_{ideal} = f_{Motor,ideal}(I) \quad (2)$$

[0020] Die Motorgleichung ist vom Motortyp abhängig. Daher wird die Motorgleichung hier allgemein gehalten und mit „ $f_{Motor,ideal}$ “ bezeichnet. Aufgrund des in Gleichung (2) ersichtlichen Zusammenhangs wird in der Antriebstechnik von Elektromotoren in vielen Fällen der aufgenommene Strom  $I$  gemessen, um auf das abgegebene Drehmoment des Motors zu schließen. Diese Information kann zum einen für Regelungszwecken (FOR – Feldorientiert Regelung) oder für Sicherheitsfunktionen verwendet werden. Die Beziehung zwischen dem Strom  $I$  und dem idealen Abgabemoment  $M_{ideal}$  kann aus dem idealen Motormodell ermittelt werden. Allerdings weisen reale Motoren **20**, wie oben bereits ausgeführt ist, noch weitere Drehmomente auf, die das ideale Abgabemoment  $M_{ideal}$  des idealen elektrischen Antriebs **10** verändern. Daher stimmt das reale Abgabemoment  $M_{real}$  des realen elektrischen Antriebs **20** nicht mehr mit dem idealen Abgabemoment  $M_{ideal}$  des idealen elektrischen Antriebs **10** überein. Eine direkte Beziehung zwischen dem gemessenen Strom  $I$  und dem realen Abgabemoment  $M_{real}$  besteht daher nicht mehr.

[0021] Deshalb wird erfindungsgemäß, wie aus [Fig. 2](#) ersichtlich ist, aus ermittelten Störmomenten  $M_{stör}$  ein Korrekturstrom  $I_{korrr}$  berechnet, wobei aus dem gemessenen Strom  $I$  und dem Korrekturstrom  $I_{korrr}$  ein korrigierter Strom  $I^*$  ermittelt und ausgegeben wird, welcher ein reales Abgabemoment  $M_{real}$  des realen elektrischen Antriebs **20** repräsentiert. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung korrigieren die gemessenen Strommesswerte  $I$  um einen Betrag, der den Störmomenten  $M_{stör}$  entspricht. Der bereinigte gemessene Strom  $I^*$  ermöglicht es, mit Hilfe des idealen Motormodells auf das reale Abgabemoment  $M_{real}$  des realen elektrischen Antriebs **20** zu schließen, so dass sich ein in [Fig. 2](#) dargestellter idealisierter elektrischer Antrieb **30** ergibt, welcher das reale Abgabemoment  $M_{real}$  zur Verfügung stellt und einen korrigierten Strom  $I^*$  ausgibt, welcher das reale Abgabemoment  $M_{real}$  repräsentiert. Daher können nachfolgende Subsysteme, welche den korrigierten Strom  $I^*$  heranziehen, um auf das reale Abgabemoment  $M_{real}$  zu schließen, mit einer höheren Güte arbeiten.

[0022] Wie aus [Fig. 2](#) weiter ersichtlich ist, umfasst der idealisierte elektrische Antrieb **30** eine Vorrichtung **32** zur Ermittlung eines Abgabemoments  $M_{real}$  des realen elektrischen Antriebs **20**. Erfindungsgemäß umfasst die Vorrichtung **32** eine Recheneinheit **38**, welche aus den ermittelten Störmomenten  $M_{stör}$  den Korrekturstrom  $I_{korrr}$  berechnet. Hierbei ermittelt die Vorrichtung **32** aus dem gemessenen Strom  $I$  und dem berechneten Korrekturstrom  $I_{korrr}$  einen korrigierten Strom  $I^*$ , welcher das reale Abgabemoment  $M_{real}$  des realen elektrischen Antriebs **20** repräsentiert und von der Vorrichtung **32** ausgegeben wird.

[0023] Wie aus [Fig. 2](#) weiter ersichtlich ist, umfasst die Verrichtung **32** einen Kennfeldspeicher **36**, in welchem mindestens ein Störmomentkennfeld zur Berechnung des Korrekturstrom  $I_{korrr}$  gespeichert ist. Das mindestens eine Störmomentkennfeld weist Einflussfaktoren von Störmomenten  $M_{stör}$  als Eingangsgrößen auf. Diese Störmomente  $M_{stör}$  umfassen beispielsweise Reibmomente und/oder Rastmomente, welche von Drehzahl und/

oder Drehwinkel des realen elektrischen Antriebs **20** beeinflusst werden. Das mindestens eine Störmomentkennfeld wird beispielsweise überkorrespondierende Messungen und/oder Simulationen vorab ermittelt und im Kennlinienspeicher **36** abgespeichert. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Kennlinienspeicher **36** mit der Recheneinheit **38** gekoppelt, welche in Abhängigkeit von aktueller Drehzahl und/oder aktuellem Drehwinkel des elektrischen Antriebs **20** ein korrespondierendes Störmomentkennfeld zur Berechnung des Korrekturstroms  $I_{\text{korr}}$  ermittelt. Die Recheneinheit **38** stellt den berechneten Korrekturstrom  $I_{\text{korr}}$  einem Addierer **34** zur Verfügung, welcher in einem Summenpunkt **34.1** den gemessenen Strom  $I$  und den Korrekturstrom  $I_{\text{korr}}$  addiert, um den korrigierten Strom  $I^*$  zu erzeugen. Bei einer alternativen nicht dargestellten Ausführungsform kann die Funktionalität des Addierers **34** und dem als Summenpunkt ausgeführten Mittel **34.1** zum Messen des Stroms  $I$  auch in die Recheneinheit **38** integriert werden.

**[0024]** Das Ziel der Stromkorrektur ist es, dass der bereinigte Strom  $I^*$  einen Wert annimmt, so dass unter Benutzung des idealen Motormodells das reale Abgabemoment  $M_{\text{real}}$  gemäß Gleichung (3) direkt ermittelt werden kann.

$$M_{\text{real}} = f_{\text{Motor,ideal}}(I^*) \quad (3)$$

**[0025]** Mit Hilfe der Gleichung (1) ergeben sich aus Gleichung (3) die Gleichungen (3.1) bis (3.3):

$$M_{\text{ideal}} + M_{\text{stör}} = f_{\text{Motor,ideal}}(I^*) \quad (3.1)$$

$$f_{\text{Motor,ideal}}^{-1}(M_{\text{ideal}} + M_{\text{stör}}) = I^* \quad (3.2)$$

$$I^* = f_{\text{Motor,ideal}}^{-1}(M_{\text{ideal}} + M_{\text{stör}}) \quad (3.3)$$

**[0026]** Wenn die Funktion linear ist, was meistens zutrifft, kann die Form der Gleichung (3) in Gleichung (4.1) und weiter in Gleichung (4.2) überführt werden,

$$I^* = f_{\text{Motor,ideal}}^{-1}(M_{\text{ideal}}) + f_{\text{Motor,ideal}}^{-1}(M_{\text{stör}}) \quad (4.1)$$

$$I^* = I + f_{\text{Motor,ideal}}^{-1}(M_{\text{stör}}) \quad (4.2)$$

**[0027]** Nur in sehr seltenen Fällen gibt es lediglich eine Näherungslösung, siehe Zusammenhänge (5.1) bzw. (5.2), die für kleine Störmomente  $M_{\text{stör}}$  im Allgemeinen eine sehr gute Näherung darstellt.

$$I^* \approx f_{\text{Motor,ideal}}^{-1}(M_{\text{ideal}}) + f_{\text{Motor,ideal}}^{-1}(M_{\text{stör}}) \quad (5.1)$$

$$I^* \approx I + f_{\text{Motor,ideal}}^{-1}(M_{\text{stör}}) \quad (5.2).$$

**[0028]** Aus den Gleichungen (4.2) bzw. (5.2) ergibt sich gemäß Gleichung (6.1) der Korrekturstrom  $I_{\text{korr}}$  für den gemessenen Strom  $I$  aus dem Störmoment  $M_{\text{stör}}$ .

$$I_{\text{korr}} = f_{\text{Motor,ideal}}^{-1}(M_{\text{stör}}) \quad (6.1)$$

**[0029]** Somit ergibt sich der korrigierte Strom  $I^*$  aus Gleichung (6.2).

$$I^* = I + I_{\text{korr}} \quad (6.2)$$

**[0030]** Verwendet man nun anstatt des tatsächlich gemessenen Stromes  $I$  den korrigierten Strom  $I^*$ , dann kann man die Gleichungen des idealen Motors heranziehen, um das reale Abgabemoment  $M_{\text{real}}$  zu ermitteln. Der Korrekturstrom  $I_{\text{korr}}$  ergibt sich aus der inversen Momentengleichung des idealen Motors Gleichung (6.1). Das Störmoment  $M_{\text{stör}}$  kann für den jeweiligen Motor bzw. den jeweiligen Motor-Typ mit Hilfe von Messungen ermittelt und in entsprechender Form im System für die Signalverarbeitung abgespeichert werden.

**[0031]** In der weiteren Betrachtung wird das Verfahren am Beispiel einer permanenterregten Synchronmaschine dargestellt. Bei Synchronmaschinen können die Phasenströme als vektorielle Größe mit jeweils einer Komponente in d- und q-Richtung dargestellt werden. Die Momentengleichung der Synchronmaschine zeigt Gleichung (7).

$$M_{\text{ideal}} = \frac{3}{2} Z_p (\psi_p i_q + i_d i_q (L_d - L_q)) \quad (7).$$

**[0032]** In dieser Gleichung ist  $Z_p$  die Polpaarzahl,  $\psi_p$  der Permanentmagnetfluss,  $L_d$  und  $L_q$  die Induktivitäten in d- und q-Richtung,  $i_d$  und  $i_q$  die Ströme in d- und q-Richtung.

**[0033]** Zur Vereinfachung der Beschreibung wird nachfolgend angenommen, dass der zweite Term in der Klammer aus Gleichung (7) vernachlässigt werden kann, da in vielen Anwendungsfällen, beispielsweise bei niedrigen Drehzahlen, der Strom  $i_d$  einen Wert 0, d. h.  $i_d = 0$  aufweist, bzw. bei symmetrischen Ausführungsformen die beiden Induktivitäten  $L_d$  und  $L_q$  gleich groß sind. Dadurch reduziert sich Gleichung (7) zur Gleichung (7.1).

$$M_{ideal} = \frac{3}{2} Z_p \psi_p i_q = f_{Motor,ideal} \quad (7.1)$$

**[0034]** Diese Annahme dient lediglich zur Vereinfachung der weiteren Ausführungen. Aus Gleichung (7.1) kann nun die Umkehrfunktion gebildet werden, welche Gleichung (7.2) repräsentiert.

$$i_q = \frac{2}{3} \frac{1}{Z_p \psi_p} M_{ideal} = f_{Motor,ideal}^{-1}(M_{ideal}) \quad (7.2)$$

**[0035]** Auch hier wird wieder das gleiche Verfahren angewendet, wie bereits zu Gleichung (3) beschrieben ist, um die Gleichungen (8) bis (8.3) zu erzeugen.

$$i_q^* = \frac{2}{3} \frac{1}{Z_p \psi_p} (M_{real}) \quad (8)$$

**[0036]** Durch Einsetzen der Gleichung (1) ergeben sich Gleichungen (8.1) bis (8.5).

$$i_q^* = \frac{2}{3} \frac{1}{Z_p \psi_p} (M_{ideal} + M_{stör}) \quad (8.1)$$

$$i_q^* = \frac{2}{3} \frac{1}{Z_p \psi_p} M_{ideal} + \frac{2}{3} \frac{1}{Z_p \psi_p} M_{stör} \quad (8.2)$$

$$i_q^* = i_q + \frac{2}{3} \frac{1}{Z_p \psi_p} M_{stör} \quad (8.3)$$

$$i_{q,korr} = \frac{2}{3} \frac{1}{Z_p \psi_p} M_{stör} = f_{Motor,ideal}^{-1}(M_{stör}) \quad (8.4)$$

$$i_q^* = i_q + i_{q,korr} \quad (8.5)$$

**[0037]** Für den Korrekturstrom  $i_{q,korr}$  ergibt sich somit eine konkrete Umrechnungsformel in Abhängigkeit vom Störmoment  $M_{stör}$ , wie aus Gleichung (8.4) ersichtlich ist. Wie bereits erwähnt wurde, wird das Störmoment  $M_{stör}$  im Vorfeld ermittelt und in entsprechender Weise für die Signalverarbeitung abgespeichert.

**[0038]** Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können als Schaltung, Vorrichtung, Verfahren, Datenverarbeitungsprogramm mit Programmcodemitteln und/oder als Computerprogrammprodukt realisiert werden. Entsprechend kann die vorliegende Erfindung vollständig als Hardware und/oder als Software und/oder als Kombination aus Hardware- und/oder Softwarekomponenten ausgeführt werden. Zudem kann die vorliegende Erfindung als Computerprogrammprodukt auf einem computernutzbaren Speichermedium mit computerlesbarem Programmcode ausgeführt werden, wobei verschiedene computerlesbare Speichermedien wie Festplatten, CD-ROMs, optische oder magnetische Speicherelemente usw. benutzt werden können.

**[0039]** Die computernutzbaren oder computerlesbaren Medien können beispielsweise elektronische, magnetische, optische, elektromagnetische Infrarot- oder Halbleitersysteme, Vorrichtungen, Geräte oder Verbreitungsmedien umfassen. Zudem können die computerlesbaren Medien eine elektrische Verbindung mit einer oder mehreren Leitungen, eine tragbare Computerdiskette, einen Speicher mit direktem Zugriff (RAM), einen Nur-Lese-Speicher (ROM), einen löschbaren und programmierbaren Nur-Lese-Speicher (EPROM oder Flashspeicher), eine optischen Leitung und eine tragbare CD-ROM umfassen. Das computernutzbare oder das computerlesbare Medium kann sogar Papier oder ein anderes geeignetes Medium sein, auf welchem das Programm geschrieben ist, und von welchem es, beispielsweise durch einen optischen Abtastvorgang des Papiers oder

des anderen Mediums elektrisch erfassbar ist, dann kompiliert, interpretiert oder falls erforderlich auf andere Weise verarbeitet und dann im Computerspeicher gespeichert werden kann.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung eines Abgabemoments ( $M_{\text{real}}$ ) eines elektrischen Antriebs (20) durch Messen eines vom elektrischen Antrieb (20) aufgenommenen Stroms ( $I$ ),  
dadurch gekennzeichnet, dass  
aus ermittelten Störmomenten ( $M_{\text{stör}}$ ) ein Korrekturstrom ( $I_{\text{korrr}}$ ) berechnet wird,  
wobei aus dem gemessenen Strom ( $I$ ) und dem Korrekturstrom ( $I_{\text{korrr}}$ ) ein korrigierter Strom ( $I^*$ ) ermittelt und ausgegeben wird, welcher ein reales Abgabemoment ( $M_{\text{real}}$ ) des elektrischen Antriebs (20) repräsentiert.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Einflussfaktoren von Störmomenten ( $M_{\text{stör}}$ ) als Eingangsgrößen für mindestens ein Störmomentkennfeld angelegt werden, welches zur Berechnung des Korrekturstroms ( $I_{\text{korrr}}$ ) herangezogen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Störmomente ( $M_{\text{stör}}$ ) Reibmomente und/oder Rastmomente umfassen, welche von Drehzahl und/oder Drehwinkel beeinflusst werden.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Störmomentkennfeld über korrespondierende Messungen und/oder Simulationen ermittelt und abgespeichert wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein ideales Abgabemoment ( $M_{\text{ideal}}$ ) des elektrischen Antriebs (20) basierend auf dem gemessenen Strom ( $I$ ) mit einer Motorgleichung eines korrespondierenden idealen Motormodells berechnet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das reale Abgabemoment ( $M_{\text{real}}$ ) des elektrischen Antriebs (20) basierend auf dem korrigierten Strom ( $I^*$ ) unter Benutzung der Motorgleichung des korrespondierenden idealen Motormodells berechnet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der korrigierte Strom ( $I^*$ ), welcher das reale Abgabemoment ( $M_{\text{real}}$ ) des elektrischen Antriebs (20) repräsentiert, als Eingangsgröße für eine Momentenregelung und/oder Drehzahlregelung des elektrischen Antriebs (20) und/oder für Fahrsicherheitsfunktionen verwendet wird.
8. Vorrichtung zur Ermittlung eines Abgabemoments ( $M_{\text{real}}$ ) eines elektrischen Antriebs (20), insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem Ansprüche 1 bis 7, wobei die Vorrichtung (32) Mittel (34.1) zum Messen eines vom elektrischen Antrieb (20) aufgenommen Stroms ( $I$ ) umfasst,  
gekennzeichnet durch  
eine Recheneinheit (38), welche aus ermittelten Störmomenten ( $M_{\text{stör}}$ ) einen Korrekturstrom ( $I$ ) berechnet,  
wobei aus dem gemessenen Strom ( $I$ ) und dem Korrekturstrom ( $I_{\text{korrr}}$ ) ein korrigierter Strom ( $I^*$ ) ermittelbar und ausgebenbar ist, welcher ein reales Abgabemoment ( $M_{\text{real}}$ ) des elektrischen Antriebs (20) repräsentiert.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Störmomentkennfeld, welches Einflussfaktoren von Störmomenten ( $M_{\text{stör}}$ ) als Eingangsgrößen aufweist, in einem Kennfeldspeicher (36) gespeichert ist, welcher mit der Recheneinheit (38) gekoppelt ist, wobei die Recheneinheit (38) in Abhängigkeit von aktueller Drehzahl und/oder aktuellem Drehwinkel des elektrischen Antriebs (20) ein korrespondierendes Störmomentkennfeld zur Berechnung des Korrekturstroms ( $I_{\text{korrr}}$ ) ermittelt.
10. Computerprogrammprodukt mit Programmcode, der auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert ist, zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wenn das Programm durch eine Recheneinheit (32) ausgeführt wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

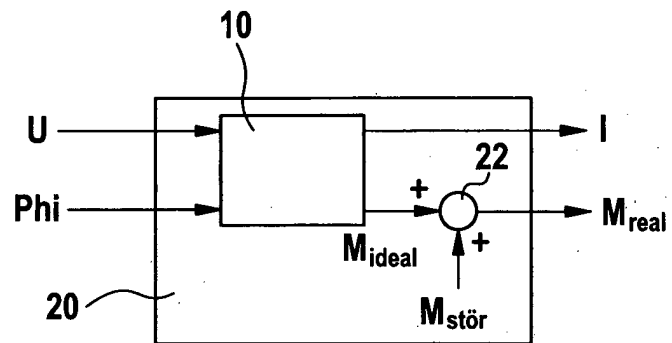


Fig. 2

