

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
16. August 2012 (16.08.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/107330 A2

- (51) **Internationale Patentklassifikation:** Nicht klassifiziert
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2012/051628
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
1. Februar 2012 (01.02.2012)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
102011003946.5 10. Februar 2011 (10.02.2011) DE
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):** ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US):** JAROS, Rolf [DE/DE]; Ostendstr. 22, 71522 Backnang (DE). ROESNER, Julian [DE/DE]; Am Lerchenberg 38, 74199 Untergruppenbach (DE).
- (74) **Gemeinsamer Vertreter:** ROBERT BOSCH GMBH; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart):** AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart):** ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD FOR ADJUSTING AN ACTUAL TORQUE DELIVERED BY AN ELECTRIC MOTOR IN A MOTOR VEHICLE TO A TARGET TORQUE

(54) **Bezeichnung :** VERFAHREN ZUM REGELN EINES VON EINER ELEKTRISCHEN MASCHINE IN EINEM KRAFTFAHRZEUG ABGEGEBENEN IST-DREHMOMENTS AUF EIN SOLL-DREHMOMENT

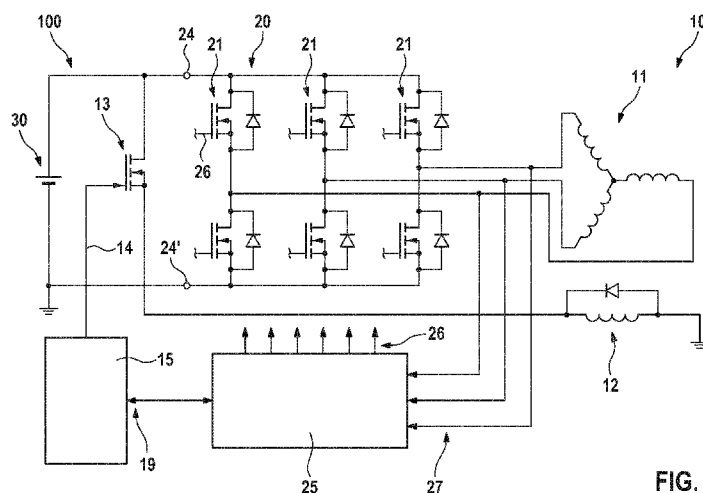


FIG. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for adjusting an actual torque delivered by an electric motor in a motor vehicle to a target torque, wherein the electric motor comprises a stator winding (11), a rotor winding (12), a field rheostat (15) associated with the rotor winding (12), and a power converter (20) which is connected downstream of the stator winding (11) and has actuable switch elements (21), wherein the actual torque is adjusted to the target torque in that a commutation angle is set by deliberately actuating the switch elements (21) and/or in that a current is deliberately set by the stator winding (12).

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/107330 A2



Veröffentlicht:

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Regeln eines von einer elektrischen Maschine in einem Kraftfahrzeug abgegebenen Ist-Drehmoments auf ein Soll-Drehmoment, wobei die elektrische Maschine eine Ständerwicklung (11), eine Läuferwicklung (12), einen der Läuferwicklung (12) zugeordneten Feldregler (15) und einen der Ständerwicklung (11) nachgeschalteten Stromrichter (20) mit ansteuerbaren Schaltelementen (21) aufweist, wobei das Ist-Drehmoment auf das Soll-Drehmoment geregelt wird, indem ein Kommutierungswinkel durch gezielte Ansteuerung der Schaltelemente (21) eingestellt wird und/oder indem ein Strom durch die Läuferwicklung (12) gezielt eingestellt wird.

5 Beschreibung

Titel

Verfahren zum Regeln eines von einer elektrischen Maschine in einem Kraftfahrzeug abgegebenen Ist-Drehmoments auf ein Soll-Drehmoment

10

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Regeln eines von einer elektrischen Maschine in einem Kraftfahrzeug abgegebenen Ist-Drehmoments auf ein Soll-Drehmoment.

15 Stand der Technik

Als elektrische Maschinen werden in Kraftfahrzeugen üblicherweise Klauenpolgeneratoren mit elektrischer Erregung eingesetzt. Der Strom durch die Läuferwicklung dient als Stellgröße zur Regelung der gewünschten Ausgangsspannung und wird von einem zugeordneten Feldregler vorgegeben. Es ist auch bekannt, elektrische Maschinen als Startergeneratoren einzusetzen, um einerseits den Verbrennungsmotor im Motorbetrieb der elektrischen Maschine zu starten und andererseits Strom für das Bordnetz und zum Laden der Kraftfahrzeugbatterie im Generatorbetrieb der elektrischen Maschine zu erzeugen.

25

Die DE 103 17 207 A1 beschreibt ein Verfahren, um bei einem riemengetriebenen Startergenerator beim Starten des Motors ein möglichst großes Drehmoment abzugeben. Dazu werden Kommutierungswinkel und Erregerstrom in Abhängigkeit von der Drehzahl so eingestellt, dass sich ein maximal mögliches Startmoment ergibt.

30

Generatoren, die auch zum Fahrzeug-Antrieb eingesetzt werden, sind aus dem Bereich der Hybrid-Fahrzeuge bekannt. Ziel ist hierbei, den Verbrennungsmotor bei niedrigen Drehzahlen, bei denen dieser noch nicht sein volles Drehmoment

5 liefert, zu unterstützen (sog. Boostbetrieb, Turboloch-Kompensation). Üblicherweise werden hier permanenterregte Synchronmaschinen eingesetzt, die bei höheren Spannungen >100V betrieben werden. Dies führt zu einem komplexen Systemaufbau, verbunden mit großen Änderungen im Triebstrang sowie aufwendigen Schutzmaßnahmen aufgrund der hohen Spannung. Neben einem hohen Integrationsaufwand führt ein derartiges System zu hohen Mehrkosten.

10 Es ist wünschenswert, eine einfache Möglichkeit anzugeben, um eine elektrische Maschine in einem Kraftfahrzeug so zu betreiben, dass sie für den Antrieb desselben genutzt werden kann und ein erwünschtes Soll-Drehmoment abgibt.

Offenbarung der Erfindung

15 Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zum Regeln eines von einer elektrischen Maschine in einem Kraftfahrzeug abgegebenen Ist-Drehmoments auf ein Soll-Drehmoment mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 vorgeschlagen. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

20 Die Erfindung bietet eine einfache Möglichkeit, eine elektrische Maschine in einem Kraftfahrzeug auch zum Antreiben desselben zu verwenden. Es kann insbesondere eine Boostfunktion realisiert werden, die nur vergleichsweise geringe Modifikationen am Fahrzeug erfordert und dennoch eine optimale Momentenunterstützung des Verbrennungsmotors ermöglicht. Eine bevorzugte Verwendung für einen Boostbetrieb implementiert eine Regelung derart, dass das Summenmoment von Verbrennungsmotor und elektrischer Maschine dem Fahrerwunschemoment entspricht.

30 Die Erfindung führt zu einer deutlichen Verbesserung des Anfahrverhaltens durch Momentenunterstützung im unteren Drehzahlbereich. Rein elektrisches Fahren bei kleinen Geschwindigkeiten (sog. Kriechbetrieb) wird möglich. Ein eingesetzter Verbrennungsmotor kann leistungsschwächer ("Downsizing") und damit umweltfreundlicher, kostengünstiger und verbrauchsärmer ausgeführt werden, da die mit dem Downsizing verbundene Verschlechterung des Anfahrverhaltens durch

die elektrische Momentenunterstützung kompensiert wird. Die Lösung bleibt insgesamt kostengünstig, da nur geringe Änderungen im Antriebsstrang vorgenommen werden müssen.

5 Erfindungsgemäß wird eine elektrische Maschine in einem Kraftfahrzeug durch gezielte Einstellung des Kommutierungswinkels und/oder des Läuferstroms (im Folgenden auch als Erregerstrom bezeichnet) zur Abgabe eines erwünschten Drehmoments geregelt. Die Möglichkeit, das Drehmoment über eine Einstellung
10 des Kommutierungswinkels und des Läuferstroms zu beeinflussen, ist zwar in der genannten DE 103 17 207 A1 prinzipiell beschrieben. Es wurde nun jedoch im Rahmen der Erfindung erkannt, dass dies auch zur einfachen Regelung des Drehmoments in einem Motorbetrieb der elektrischen Maschine zum Antreiben des Fahrzeugs eingesetzt werden kann. Einer oder beide Parameter können als
15 Stellgröße in der Regelung dienen.

15 Die Ansteuerung erfolgt vorzugsweise blockkommutiert, so dass nur eine geringe Zwischenkreiskapazität erforderlich ist. Bei einer Blockkommutierung werden bspw. immer genau zwei von drei Drehstromwicklungen bestromt. Ein Nachteil der blockkommutierten Ansteuerung besteht zwar darin, dass sich im Gegensatz
20 zur sinuskommutierten Ansteuerung der Strom nicht begrenzen lässt. Dies führt insbesondere im Betrieb bei niedrigen Drehzahlen dazu, dass die Leistungselektronik auf einen sehr hohen Nennstrom dimensioniert werden muss. Mit zunehmender Drehzahl verringert sich aber der Strom aufgrund des höheren induktiven Widerstands der Ständerwicklung schnell, so dass hier keine Strombegrenzung
25 notwendig ist.

Die Erfindung wird vorzugsweise nur oberhalb einer Mindestdrehzahl durchgeführt. Die Mindestdrehzahl wird dabei so gewählt, dass der Strom aufgrund des induktiven Widerstands der Ständerwicklung bereits unterhalb eines erwünschten
30 Maximalwerts liegt, so dass die Leistungselektronik entsprechend klein dimensioniert werden kann.

Weiter vorzugsweise wird die Erfindung nur unterhalb einer Höchstdrehzahl durchgeführt. Die Höchstdrehzahl ergibt sich aus dem Umstand, dass das er-

zeugbare Moment und somit die Wirtschaftlichkeit mit steigender Drehzahl abnimmt.

5 Die Erfindung lässt sich vorteilhaft bei Generatoren einsetzen, deren Ausgangsspannung durch einen Stromrichter mit ansteuerbaren Schaltelementen gleichgerichtet wird. Ein solcher Stromrichter kann als Synchrongleichrichter, als Hochsetzsteller, als Tiefsetzsteller, als Pulswechselrichter usw. betrieben werden. Durch entsprechende Ansteuerung der Schaltelemente wird dann der Kommutierungswinkel beeinflusst.

10 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird der Kommutierungswinkel drehzahlabhängig vorgegeben und der Erregerstrom wird als Stellgröße verwendet, so dass durch Erhöhung des Erregerstroms das Ist-Drehmoment ebenfalls erhöht wird und durch Verringerung des Erregerstroms das Ist-Drehmoment
15 ebenfalls verringert wird. Die Vorgabe des Kommutierungswinkels kann auf Grundlage einer drehzahlabhängigen Kennlinie erfolgen.

20 Gemäß einer anderen bevorzugten Ausführungsform wird der der Erregerstrom drehzahlabhängig vorgegeben und der Kommutierungswinkel wird als Stellgröße verwendet.

Wir die elektrische Maschine im motorischen Betrieb mit einer Spannung betrie-
ben, die oberhalb der üblichen Bordnetzspannung von 12 V, jedoch unterhalb ei-
ner zulässigen Berührspannung von 60 V, wird das von der Maschine abgege-
bene Drehmoment erhöht ohne dass besonders aufwendige zusätzliche Sicher-
25 heitsmaßnahmen notwendig würden.

30 Eine erfindungsgemäße Recheneinheit, z.B. ein Steuergerät eines Kraftfahrzeugs, ist, insbesondere programmtechnisch, dazu eingerichtet, ein erfindungsgemäßes Verfahren durchzuführen.

Auch die Implementierung des Verfahrens in Form von Software ist vorteilhaft, da dies besonders geringe Kosten verursacht, insbesondere wenn ein ausführendes Steuergerät noch für weitere Aufgaben genutzt wird und daher ohnehin vorhan-

den ist. Geeignete Datenträger zur Bereitstellung des Computerprogramms sind insbesondere Disketten, Festplatten, Flash-Speicher, EEPROMs, CD-ROMs, DVDs u.a.m. Auch ein Download eines Programms über Computernetze (Internet, Intranet usw.) ist möglich.

5

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der beiliegenden Zeichnung.

10

Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachfolgend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

15

Die Erfindung ist anhand eines Ausführungsbeispiels in der Zeichnung schematisch dargestellt und wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnung ausführlich beschrieben.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

20

Figur 1 zeigt eine Ausführungsform eines Startergenerators mit Stromrichter mit ansteuerbaren Schaltelementen, wie er der Erfindung zugrunde liegen kann.

25

Figur 2 zeigt den Zusammenhang zwischen dem von einer elektrischen Maschine abgegebenen Drehmoment und der Drehzahl für unterschiedliche Betriebsspannungen.

30

Figur 3 zeigt den Zusammenhang zwischen dem von einer elektrischen Maschine abgegebenen Drehmoment und dem Kommutierungswinkel für unterschiedliche Erregerströme.

Figur 4 zeigt anhand eines Ablaufplans eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

Ausführungsform(en) der Erfindung

- In Figur 1 ist eine elektrische Maschine, wie sie der vorliegenden Erfindung zugrunde liegen kann, schaltplanartig dargestellt und insgesamt mit 100 bezeichnet. Die elektrische Maschine weist eine Generatorkomponente 10 und eine Stromrichterkomponente 20 auf. Die Stromrichterkomponente wird im generatorischen Betrieb der Maschine üblicherweise als Gleichrichter, im motorischen Betrieb als Wechselrichter betrieben.
- Die Generatorkomponente 10 ist lediglich schematisch in Form von sternförmig verschalteten Ständerwicklungen 11 und einer zu einer Diode parallel geschalteten Erreger- bzw. Läuferwicklung 12 dargestellt. Die Läuferwicklung wird durch einen Leistungsschalter 13, der mit einem Anschluss 24 der Stromrichterkomponente 20 verbunden ist, getaktet geschaltet. Die Ansteuerung des Leistungsschalters 13 erfolgt nach Maßgabe eines Feldreglers 15, wobei der Leistungsschalter 13 ebenso wie die zur Läuferwicklung 12 parallel geschaltete Diode in der Regel in einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltung (ASIC) des Feldreglers integriert sind.
- Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung ist ein dreiphasiger Generator dargestellt. Im Prinzip ist die vorliegende Erfindung jedoch auch bei weniger- oder mehrphasigen Generatoren, beispielsweise fünfphasigen Generatoren einsetzbar.
- Die Stromrichterkomponente 20 ist hier als B6-Schaltung ausgeführt und weist Schaltelemente 21 auf, die beispielsweise als MOSFET 21 ausgeführt sein können. Die MOSFET 21 sind, beispielsweise über Stromschienen, mit den jeweiligen Ständerwicklungen 11 des Generators verbunden. Ferner sind die MOSFET mit Anschlüssen 24, 24' verbunden und stellen bei entsprechender Ansteuerung einen Gleichstrom für ein Bordnetz inkl. Batterie 30 eines Kraftfahrzeugs zur Verfügung. Die Ansteuerung der Schaltelemente 21 erfolgt durch eine Ansteuereinrichtung 25 über Ansteuerkanäle 26, von denen aus Gründen der Übersicht nicht alle mit Bezugszeichen versehen sind. Die Ansteuereinrichtung 25 erhält über Phasenkanäle 27 jeweils die Phasenspannung der einzelnen Ständerwicklungen.

Zur Bereitstellung dieser Phasenspannungen können weitere Einrichtungen vorgesehen sein, die jedoch der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt sind.

5 Die Ansteuereinrichtung 25 nimmt im (Synchron-)Gleichrichterbetrieb eine Auswertung der über die Phasenkanäle 27 bereitgestellten Phasenspannungen vor und bestimmt hieraus einen jeweiligen Ein- und Ausschaltzeitpunkt eines einzelnen MOSFET 21. Die Steuerung über Ansteuerkanäle 26 wirkt sich auf die Gate-Anschlüsse der MOSFET 21 aus.

10 Bekannte Feldregler, wie der im Rahmen dieser Ausführungsform vorgesehene Feldregler 15, weisen einen sogenannten Klemme-V-Anschluss 19 auf, der mit einer Phase der Ständerwicklung des Generators verbunden ist. Die Frequenz des Klemme-V-Signals bzw. des Phaseneingangssignals wird im Regler 15 ausgewertet und dient in Abhängigkeit von den Kenngrößen dieses Signals zur Akti-
15 vierung oder Deaktivierung des Reglerbetriebs und letztlich zur Ansteuerung des Leistungsschalters 13 über eine Ansteuerleitung 14. Das Phasensignal für den Phasensignaleingang 19 kann, wie dargestellt, auch durch die Ansteuereinrichtung 25 geführt werden.

20 Im Motorbetrieb wird die elektrische Maschine 100 verwendet, um allein oder in Kombination mit einem Verbrennungsmotor das Kraftfahrzeug anzutreiben. Hier wird die Stromrichterkomponente 20 gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung betrieben, wie es unter Bezugnahme auf Figur 4 beschrieben wird. Vorzugsweise wird als Spannungsversorgung eine Batterie verwendet, die eine höhere Span-
25 nung (z.B. 40 V) aufweist als die übliche Bordnetzspannung von 12 V.

Zur Erläuterung der erfindungsgemäßen Zusammenhänge wird nun auf die Figuren 2 und 3 Bezug genommen.

30 In Figur 2 ist in einem Diagramm 200 auf der Ordinate die Abhängigkeit des abgegebenen Ist-Drehmoments M_{RSG} einer elektrischen Maschine von der Drehzahl n auf der Abszisse für verschiedene Batteriespannungen aufgetragen. Ein Graph 201 entspricht einer Batteriespannung von 12,5 V, ein Graph 202 entspricht einer

Batteriespannung von 28 V und ein Graph 203 entspricht einer Batteriespannung von 42 V.

5 In Figur 2 wird zunächst deutlich, dass durch Betrieb der elektrischen Maschine an höheren Spannungen auch ein höheres Moment erzeugt werden kann. Weiterhin wird deutlich, dass das abgegebene Drehmoment bei höheren Drehzahlen absinkt. Um auch bei hohen Drehzahlen ein maximales motorische Moment zu erzeugen, wird die elektrische Maschine vorzugsweise im Feldschwächebetrieb betrieben. Dies kann bei einer fremderregten Synchronmaschine durch läuferseitige Feldschwächung durch Verringerung des Erregerstroms und/oder durch
10 ständerseitige Feldschwächung durch Veränderung des Kommutierungswinkels erfolgen.

15 In Figur 3 ist in einem Diagramm 300 auf der Ordinate die Abhängigkeit des abgegebenen Ist-Drehmoments M_{RSG} einer elektrischen Maschine vom Kommutierungswinkel α auf der Abszisse für verschiedene Erregerströme aufgetragen. Ein Graph 301 entspricht einem Erregerstrom von 3,3 A, ein Graph 302 entspricht einem Erregerstrom von 4,5 A, ein Graph 303 entspricht einem Erregerstrom von 5,5 A und ein Graph 304 entspricht einem Erregerstrom von 6,5 A. Die Messungen wurden bei einer Drehzahl von $n=3000 \text{ min}^{-1}$ aufgenommen.
20

In Figur 2 wird zunächst deutlich, dass durch höhere Erregerströme auch ein höheres Moment erzeugt werden kann. Weiterhin wird deutlich, dass das abgegebene Drehmoment vom Kommutierungswinkel abhängt und für die hier vorliegende Drehzahl von $n=3000 \text{ min}^{-1}$ ein Kommutierungswinkel α von ca. -50° das höchste Drehmoment liefert. Dieser Winkel ist drehzahlabhängig und verringert sich mit zunehmender Drehzahl. Es ist daher vorteilhaft, den einzustellenden Kommutierungswinkel, bspw. als drehzahlabhängige Kennlinie, zu hinterlegen.
25

30 Betrachtet man in Figur 3 bei festem Kommutierungswinkel die Abhängigkeit des Moments vom Erregerstrom, so ergibt sich in erster Näherung ein proportionaler Zusammenhang. Der Erregerstrom wird daher vorzugsweise als Stellgröße zur Umsetzung der Momentenanforderung verwendet.

Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf Figur 4 anhand eines Ablaufplans dargestellt, wobei vorliegend eine Unterstützung des Verbrennungsmotors durch die elektrische Maschine ("Boostbetrieb") beschrieben wird.

5

Das Verfahren zum Regeln des Ist-Drehmoments auf ein Soll-Drehmoment beginnt in einem Schritt 400, wobei ein Fahrerwunschmodent – üblicherweise anhand einer Gaspedalstellung – ermittelt wird.

10

In einem Schritt 401 wird das aktuell vom Verbrennungsmotor erzeugte Moment ermittelt, bspw. kennfeldbasiert aus den Größen Einspritzmenge und Drehzahl.

15

In einem Schritt 402 wird als Soll-Drehmoment für die elektrische Maschine die Differenz zwischen dem Fahrerwunschmodent und dem aktuell vom Verbrennungsmotor erzeugten Moment ermittelt.

20

In einem Schritt 403 wird das Ist-Drehmoment der elektrischen Maschine ermittelt, bspw. kennfeldbasiert aus den Größen Erregerstrom, Kommutierungswinkel und Drehzahl.

25

In einem Schritt 404 wird ein geeigneter Kommutierungswinkel als Funktion der Drehzahl vorgegeben, vorzugsweise kennlinienbasiert.

In einem Schritt 405 wird schließlich der Erregerstrom abhängig vom Soll-Drehmoment bzw. von der Regelabweichung zwischen Soll-Drehmoment und Ist-Drehmoment vorgegeben, insbesondere durch Taktung zwischen 0 und 100%.

30

Die Schritte 401 bis 405 finden im Rahmen einer Regelung statt. Eine bestimmte zeitliche Abfolge ist nur bedingt erforderlich. Im Wesentlichen finden die Schritte gleichzeitig statt.

Der Motorbetrieb wird beendet, sobald ein geeigneter Drehzahlbereich verlassen oder das Fahrerwunschmodent zurückgenommen wird. Beim Beenden des Motorbetriebs wird zunächst der Erregerstrom zurückgenommen. Die Ansteuerung

- 10 -

des Wechselrichters wird solange weiter aufrecht erhalten, bis der Erregerstrom auf Null abgeklungen ist (typischerweise ca. 100ms). Eine Abschaltung in anderer Reihenfolge könnte dazu führen, dass die elektrische Maschine sofort vom Motor- in den Generatorbetrieb übergeht, was zu deutlich spürbaren und somit unerwünschten Momentensprüngen führt.

5

Ansprüche

- 5 1. Verfahren zum Regeln eines von einer elektrischen Maschine in einem Kraftfahrzeug abgegebenen Ist-Drehmoments auf ein Soll-Drehmoment, wobei die elektrische Maschine eine Ständerwicklung (11), eine Läuferwicklung (12), einen der Läuferwicklung (12) zugeordneten Feldregler (15) und einen der Ständerwicklung (11) nachgeschalteten Stromrichter (20) mit ansteuerbaren Schaltelementen (21) aufweist, wobei das Ist-Drehmoment auf das Soll-Drehmoment geregelt wird, indem ein Kommutierungswinkel durch gezielte Ansteuerung der Schaltelemente (21) eingestellt wird und/oder indem ein Erregerstrom durch die Läuferwicklung (12) gezielt eingestellt wird.
- 10
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Ansteuerung der Schaltelemente (21) zur Einstellung des Kommutierungswinkels blockweise erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, das oberhalb einer vorgebbaren Mindestdrehzahl der elektrischen Maschine (10) durchgeführt wird.
- 20
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, das unterhalb einer vorgebbaren Höchstdrehzahl der elektrischen Maschine (10) durchgeführt wird.
- 25 5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die elektrische Maschine (10) mit einer Spannung oberhalb der üblichen Bordnetzspannung betrieben wird, vorzugsweise zwischen 12 V und 60 V.
- 30 6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Kommutierungswinkel drehzahlabhängig eingestellt wird und der Erregerstrom als Stellgröße für die Regelung dient.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Soll-Drehmoment so vorgegeben wird, dass die Summe eines von einem Ver-

- 12 -

brennungsmotor abgegebenen Drehmoments und des Soll-Drehmoments einem Fahrerwunschmoment entspricht.

- 5 8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei beim Beenden der Regelung zunächst der Erregerstrom abgeschaltet wird und die gezielte Ansteuerung der Schaltelemente (21) erst beendet wird, wenn der Erregerstrom abgeklungen ist.
- 10 9. Antriebseinheit (100), insbesondere für ein Kraftfahrzeug, aufweisend eine elektrische Maschine (10) mit einer Ständerwicklung (11), einer Läuferwicklung (12), einen der Läuferwicklung (12) zugeordneten Feldregler (15) sowie einen der Ständerwicklung (11) nachgeschalteten Stromrichter (20) mit ansteuerbaren Schaltelementen (21), gekennzeichnet durch Mittel (25) zum Regeln eines von einer elektrischen Maschine in einem Kraftfahrzeug abgegebenen Ist-Drehmoments auf ein Soll-Drehmoment, die dazu eingerichtet sind, das Ist-Drehmoment auf das Soll-Drehmoment durch Einstellung eines Kommutierungswinkels durch gezielte Ansteuerung der Schaltelemente (21) und/oder eines Erregerstroms durch die Läuferwicklung (12) zu regeln.
- 15
- 20 10. Antriebseinheit (100) nach Anspruch 9, wobei die Mittel (25) zum Regeln eines von einer elektrischen Maschine (10) in einem Kraftfahrzeug abgegebenen Ist-Drehmoments auf ein Soll-Drehmoment als Recheneinheit ausgebildet sind, die dazu eingerichtet ist, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 durchzuführen.

25

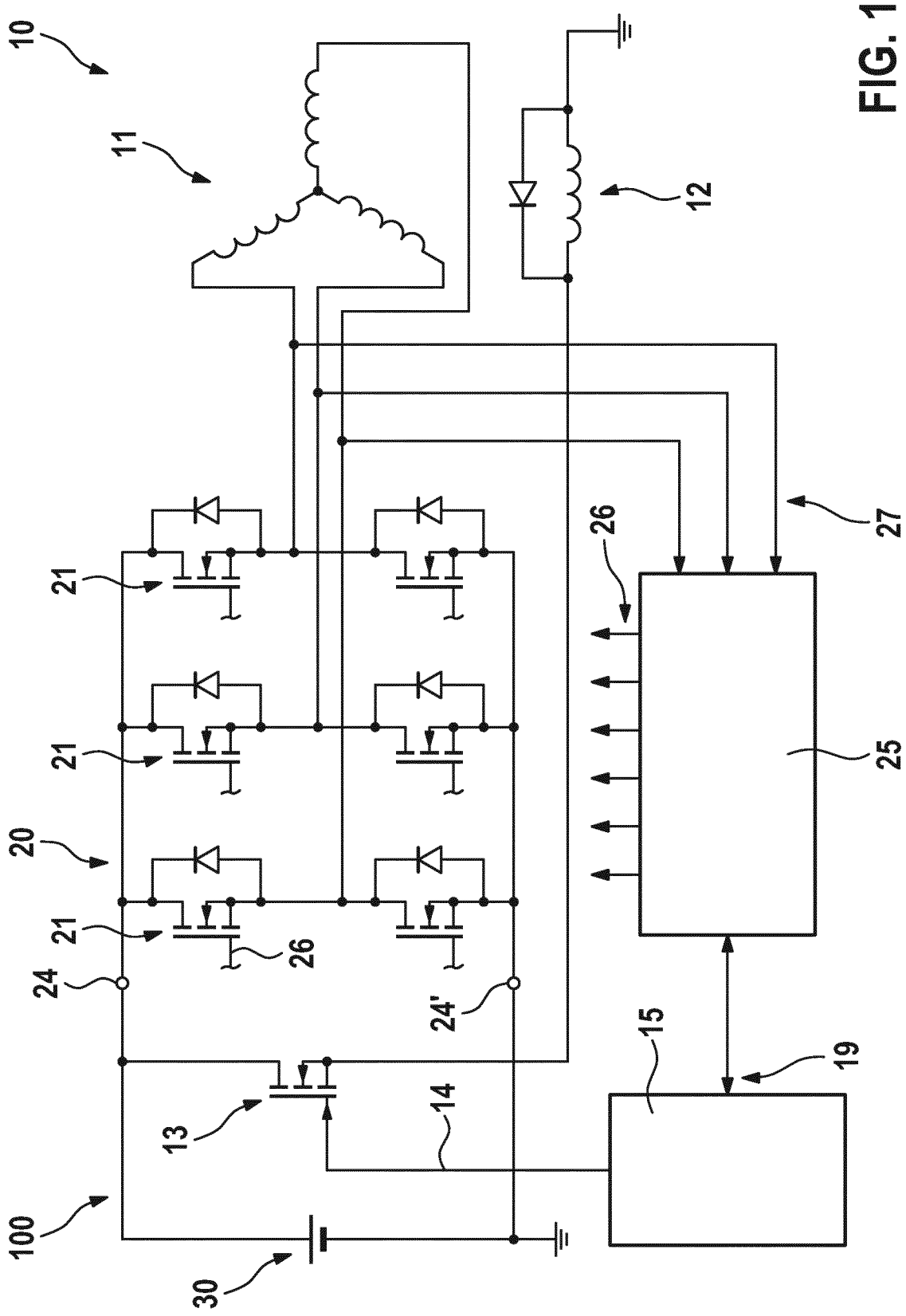


FIG. 1

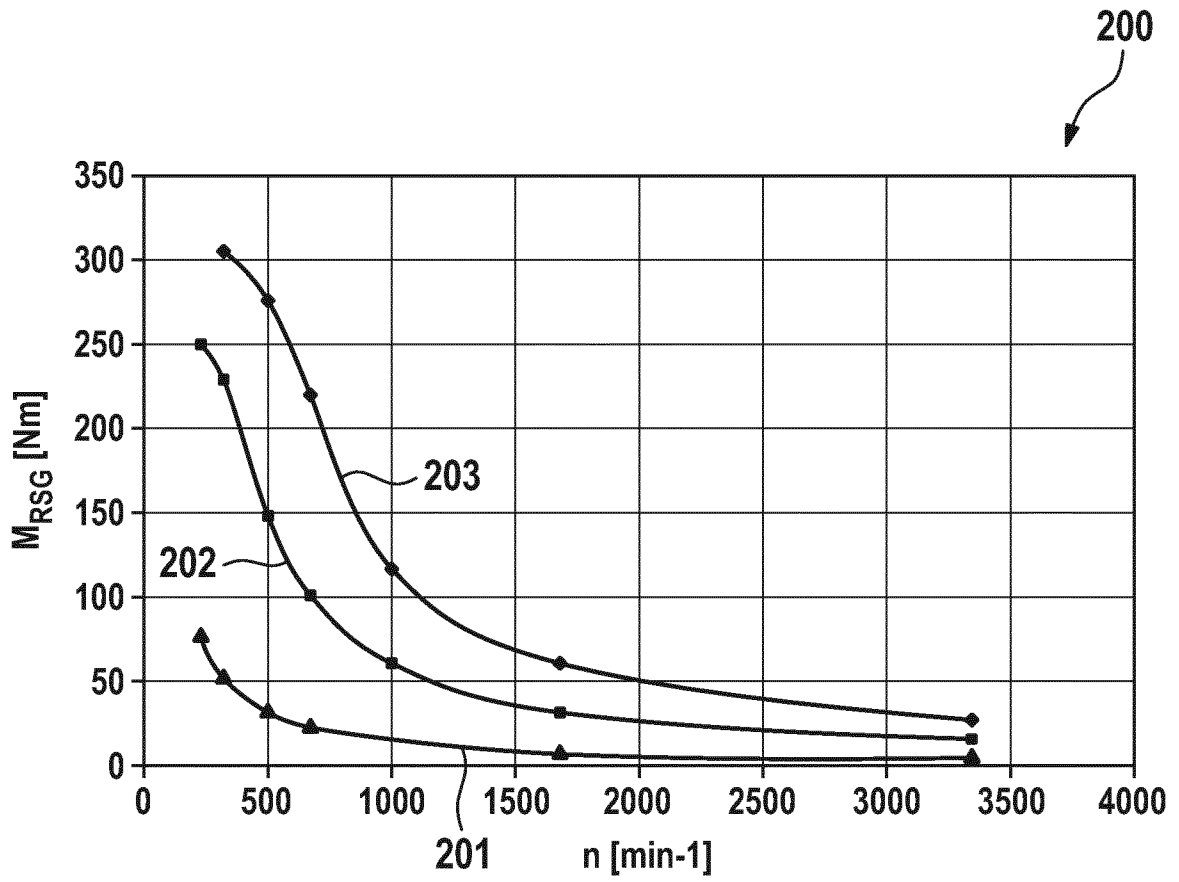


FIG. 2

3 / 3

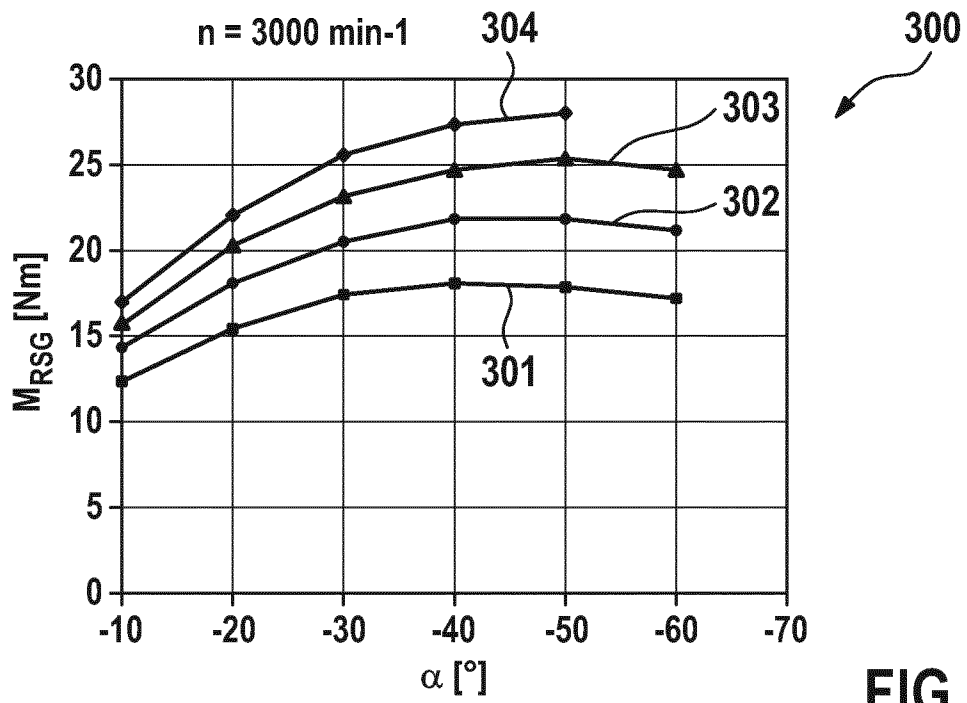


FIG. 3

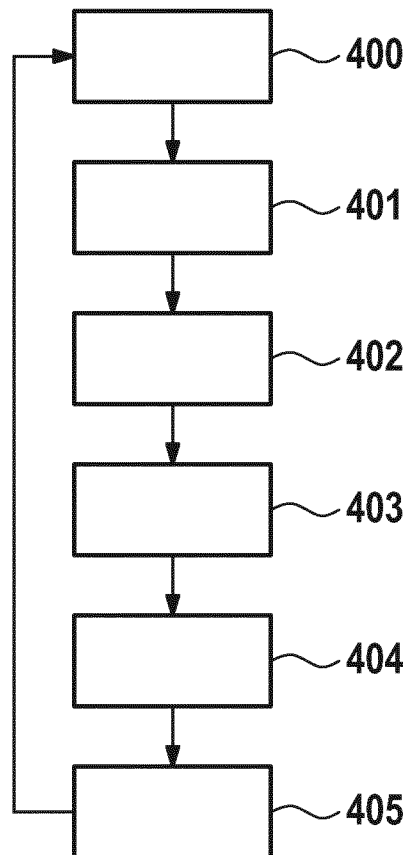


FIG. 4