



(10) **DE 10 2012 203 374 A1** 2013.09.05

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 203 374.2**

(22) Anmeldetag: **05.03.2012**

(43) Offenlegungstag: **05.09.2013**

(51) Int Cl.: **F02N 11/08 (2012.01)**

F02N 11/00 (2012.01)

F02N 15/02 (2012.01)

F02N 11/04 (2012.01)

(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469, Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
**Jacob, Andreas, 89143, Blaubeuren, DE; Schmidt,
Matthias, 70197, Stuttgart, DE**

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

DE 10 2005 034 123 A1

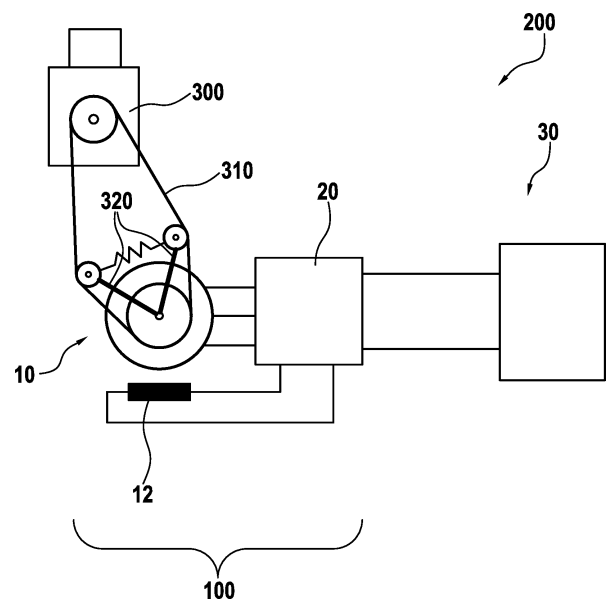
DE 10 2009 045 886 A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Vorbereiten des Startens eines Verbrennungsmotors durch einen
riemengetriebenen Startergenerator**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Vorbereiten des Startens eines Verbrennungsmotors (300) durch einen riemengetriebenen Startergenerator (100), der eine Ständerwicklung (11) und eine Läuferwicklung (12) aufweist, wobei der Startergenerator (100) so betrieben wird, dass sein erzeugtes Drehmoment allmählich über eine Zeitdauer von mehr als zwei Läuferwicklungs-Zeitkonstanten ansteigt.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Vorbereiten des Startens eines Verbrennungsmotors durch einen riemengetriebenen Startergenerator sowie eine Recheneinheit zu dessen Durchführung.

Stand der Technik

[0002] Elektrische Maschinen können in Kraftfahrzeugen als sog. Startergeneratoren eingesetzt werden, 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. Startergeneratoren können über einen Riementrieb mit dem Verbrennungsmotor bzw. der Kurbelwelle verbunden sein.

[0003] Für den Einsatz als riemengetriebene Startergeneratoren (RSG) eignen sich besonders fremderregte Drehstrom-Synchronmaschinen, da deren motorisches Moment besonders gut regelbar ist. Ein erwünschtes Drehmoment kann durch entsprechende Ansteuerung der Läuferwicklung (Erregerspule) und/oder der Ständerwicklung (üblich sind z.B. drei oder fünf Ständerphasen) eingestellt werden. Es kann eine zeitliche Modulation des Drehmoments bevorzugt sein, um einen möglichst geräusch- und vibrationsarmen Startvorgang zu erzielen.

[0004] Um Schlupf im Riementrieb zu reduzieren, können Riemenspanner eingesetzt werden, wie z.B. sog. Pendelspannsysteme. Aufgrund des Wechsels von Lasttrum und Leertrum bei motorischem Betrieb und generatorischem Betrieb gestaltet sich das Spannen des Riemens jedoch schwierig. Insbesondere können Rucke, Vibrationen und Geräusche beim Starten des Verbrennungsmotors durch einen RSG auftreten, die vermieden werden sollen.

Offenbarung der Erfindung

[0005] Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zum Vorbereiten des Startens eines Verbrennungsmotors durch einen riemengetriebenen Startergenerator mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 vorgeschlagen. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

Vorteile der Erfindung

[0006] Die Erfindung schlägt vor, den Riemen eines RSG vor dem eigentlichen Startvorgang durch Ansteuern der elektrischen Maschine vorzuspannen. Dafür wird das vom RSG erzeugte Drehmoment nicht wie im Stand der Technik ruckartig, sondern allmäh-

lich erhöht. Dies kann durch eine besondere Bestromung der Ständerwicklung erreicht werden.

[0007] Vorzugsweise wird die Ständerwicklung bereits bestromt, bevor der Erregerstrom sein Maximum erreicht hat, vorzugsweise bereits innerhalb von zwei Zeitkonstanten nach dem Beginn der Bestromung der Läuferwicklung, mehr vorzugsweise innerhalb einer Zeitkonstante. Die Läuferwicklung weist aufgrund ihrer großen Induktivität eine relativ große Zeitkonstante (Induktivität geteilt durch Widerstand, üblicherweise einige 100 ms) auf, so dass in der Folge eine gewisse Zeit nötig ist, bis nach Beginn der Bestromung der Läuferwicklung der erwünschte Erregerstrom tatsächlich fließt.

[0008] Ist die Läuferwicklung im Wesentlichen entregt (d.h. liegt der Erregerstrom durch die Läuferwicklung unter einem unteren Schwellwert von z.B. 50% oder 25% des für das Starten des Verbrennungsmotors verwendeten Erregerstroms), kann ihre relativ große Zeitkonstante vorteilhaft genutzt werden. Dieser im Stand der Technik unerwünschte Effekt des langsamen Erregerfeldaufbaus kann genutzt werden, wenn gleichzeitig die Ständerwicklung bereits während des Erregerfeldaufbaus bestromt wird. Infolgedessen steigt auch das Drehmoment langsamen an. Der Beginn der Bestromung der Ständerwicklung erfolgt zweckmäßigerweise strom- und/oder zeitabhängig. Die Ständerwicklung kann bestromt werden, bevor der Erregerstrom durch die Läuferwicklung oberhalb eines oberen Schwellwerts (von z.B. 10%, 25%, 50% oder 75% des für das Starten des Verbrennungsmotors verwendeten Erregerstroms) liegt und/oder innerhalb von höchstens zwei Läuferwicklungs-Zeitkonstanten nach dem Beginn der Bestromung der Läuferwicklung, vorzugsweise innerhalb von höchstens einer oder innerhalb von höchstens einem Viertel der Läuferwicklungs-Zeitkonstanten. Der obere Schwellwert liegt demzufolge vorzugsweise zwischen ca. 1A und 7A, die Bestromung erfolgt innerhalb von ca. 10–100 ms).

[0009] Der im Rahmen der Erfindung hervorgerufene allmählich ansteigende Drehmomentenverlauf dient dazu, den Riemen vorzuspannen und somit einen möglichst schnellen sowie geräusch- und vibrationsarmen Motorstart zu gewährleisten. Durch den allmählichen (insbesondere rampenförmigen) Momentenanstieg kann ein ggf. vorhandenes Pendelspannsystem langsam ausgependelt werden. Dadurch werden die Geräuschentwicklung und auftretende Vibrationen, wie sie durch ruckartiges Spannen eines Riemens auftreten, vermieden.

[0010] Zu Beginn des Momentenanstiegs reicht das an der Kurbelwelle anliegende Moment noch nicht aus, um den Verbrennungsmotor anzudrehen. Die Größe des Moments ist aber ausreichend, um den Riemen zu spannen. Sobald nun ausreichend Mo-

ment an der Kurbelwelle anliegt, dreht der Verbrennungsmotor sofort los. Da üblicherweise die Ständerwicklung erst dann bestromt wird, wenn die Läuferwicklung erregt ist, und zu diesem Zeitpunkt der Riemen auch noch nicht gespannt ist, führt die Erfindung zu einer doppelten Zeitersparnis, da erfindungsgemäß die Bestromung der Ständerwicklung bereits zu einem früheren Zeitpunkt erfolgt und der Riemen schon vorgespannt ist, wenn das nötige Drehmoment zur Verfügung steht. Eine Reduzierung des Rucks auf den Riemen und ein zugehöriges (Pendel-)Riemenspannsystem verringert die mechanische Belastung und ist somit komponentenschonend. Dadurch kann bei gleichbleibender Auslegung eine Erhöhung der Lebensdauer erreicht werden.

[0011] Eine erfindungsgemäße Recheneinheit, z.B. ein Steuergerät eines Kraftfahrzeugs, ist, insbesondere programmtechnisch, dazu eingerichtet, ein erfindungsgemäßes Verfahren durchzuführen.

[0012] 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 vorhanden 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.

[0013] Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der beiliegenden Zeichnung.

[0014] 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.

[0015] 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

[0016] [Fig. 1](#) zeigt schematisch eine Anordnung aus einem Verbrennungsmotor, einem riemengetriebenen Startergenerator und einem Bordnetz, wie sie der Erfindung zugrunde liegen kann.

[0017] [Fig. 2](#) zeigt eine Ausführungsform eines Startergenerators mit Stromrichter mit ansteuerbaren Schaltelementen, wie er der Erfindung zugrunde liegen kann.

Ausführungsform(en) der Erfindung

[0018] Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) beschrieben, in denen gleiche Elemente mit gleichen Bezugszeichen versehen sind.

[0019] In [Fig. 1](#) ist schematisch eine Anordnung **200** aus einem Verbrennungsmotor **300**, einem riemengetriebenen Startergenerator **100** als elektrische Maschine und einem Bordnetz **30** dargestellt, anhand derer eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung erläutert wird.

[0020] Der Verbrennungsmotor **300** ist über einen Riemen **310** mit dem Startergenerator **100** verbunden, wobei ein als Pendelriemenspannsystem **320** ausgebildeter Riemenspanner vorgesehen ist, der den Riemen **310** im Betrieb unabhängig von der Momentenrichtung spannen kann.

[0021] In [Fig. 2](#) ist der Startergenerator **100** schaltplanartig dargestellt. Der Startergenerator 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.

[0022] 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 über eine Ansteuerleitung **14** 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. Der Erregerstrom kann über ein pulswidenmoduliertes Spannungssignal eingestellt werden, wobei bei dauerhafter Ansteuerung (also einem Tastgrad von 100% bzw. 1) ein Erregerstrom mit einer Nennstromstärke fließt. Nach dem Einstellen eines Tastgrads von 100% wird aufgrund der hohen Induktivität der Läuferwicklung die Nennstromstärke erst mit einer gewissen Verzögerung von bis zu fünf Läuferwicklungs-Zeitkonstanten erreicht.

[0023] 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 Ständerwicklungs-Zeitkonstante ist typischerweise deutlich kürzer als Läuferwicklungs-Zeitkonstante.

[0024] 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 **30** inkl. Batterie eines Kraftfahrzeugs zur Verfügung. Die Ansteuerung der Schaltelemente **21** erfolgt durch eine Ansteuer-einrichtung **25** über Ansteuerkanäle **26**, von denen aus Gründen der Übersicht nicht alle mit Bezugszeichen versehen sind. Die Ansteuer-einrichtung **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.

[0025] Im Motorbetrieb wird der Startergenerator **100** verwendet, um den Verbrennungsmotor **300** zu starten. Hier wird die Stromrichterkomponente **20** gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung, wie nachfolgend beschrieben, betrieben. Der Startergenerator wird von der Batterie versorgt.

[0026] Ist zu diesem Zeitpunkt die Läuferwicklung **12** im Wesentlichen entregt, d.h. liegt der Erregerstrom unter einem unteren Schwellwert von z.B. 10% des Nennstroms (entspricht ca. 1 A), wird zunächst die Läuferwicklung **12** bestromt, indem insbesondere von dem Feldregler **15** ein Tastgrad von 100% eingestellt wird. Der Stromfluss durch die Läuferwicklung und damit das Erregerfeld steigen nach dem bekannten Einschaltverhalten bei Induktivitäten an.

[0027] Dieser Anstieg des Erregerfelds wird auf einen erwünschten Anstieg des Drehmoments übertragen, indem sehr frühzeitig auch die Ständerwicklung **11** bestromt wird. Dies erfolgt vorzugsweise, bevor der Erregerstrom einen oberen Schwellwert von z.B. 25% des Nennstroms erreicht. Es ist bekannt, dass der Strom durch eine entregte Spule nach einer Zeitkonstante etwa 63,2 % des Nennstroms und nach fünf Zeitkonstanten etwa 99,3 % des Nennstroms erreicht hat. Vorzugsweise wird die Ständerwicklung **11** innerhalb bzw. etwa bei einer viertel Zeitkonstante, spätestens innerhalb von bzw. etwa bei zwei Zeitkonstanten bestromt.

[0028] Die Bestromung der Ständerwicklung **11** kann in einem ungetakteten (sog. Blockbetrieb) oder getakteten (sog. PWM-Betrieb, pulsweitenmoduliert) Pulswechselrichterbetrieb erfolgen. Das gewählte Ansteuermuster kann dabei abhängig von der Drehzahl und dem gewünschten Drehmoment gewählt werden. Bei der Blockkommutierung bleiben, im Gegensatz zu dem pulsweitenmodulierten Betrieb, die Halbleiterschalter für den Zeitraum einer Phasen-

steuerung durchgängig eingeschaltet. Im pulsweitenmodulierten Betrieb werden durch ein bestimmtes Ansteuermuster die Halbleiterschalter mit vorzugsweise hoher Frequenz (typischerweise zw. 2 und 20 kHz) angesteuert, hierdurch entsteht ein harmonischer Verlauf des Phasenstroms, was in einer verringerten Drehmomentwelligkeit und besserem Wirkungsgrad resultiert. Beide Verfahren sind aus dem Stand der Technik wohlbekannt.

[0029] Am Abtrieb des Startergenerators stellt sich zunächst ein geringes Drehmoment ein, das in Abhängigkeit von der Zeitkonstante der Läuferwicklung ansteigt. Proportional zum Moment erhöht sich die mechanische Spannung im Lasttrum des Riemens **310**, wodurch langsam eine Kraft auf das Pendelriemenspannsystem **320** ausgeübt wird. Da diese Kraft nicht sprunghaft ansteigt, kommt es zu einem langsamen Auspendeln des Pendelriemenspannsystems **320** und damit zu einem verringerten Auftreten von Geräuschen und Vibrationen. Ist nach einer bestimmten Zeit der Riemen gespannt und das Moment ausreichend groß, kommt es zu einer Beschleunigung der Kurbelwelle des Verbrennungsmotors **300** und damit zum Start.

[0030] Ist zu dem oben genannten Zeitpunkt die Läuferwicklung **12** noch signifikant erregt, d.h. liegt der Erregerstrom über dem unteren Schwellwert von ca. 10%, wird ebenfalls zunächst die Läuferwicklung **12** bestromt, indem insbesondere von dem Feldregler **15** ein Tastgrad von 100% eingestellt wird. Das Erregerfeld ist jedoch bereits so hoch, dass sich bei oben beschriebener Bestromung der Ständerwicklung bereits ein unerwünscht hohes Drehmoment ergibt. Daher wird vorzugsweise die Ständerwicklung **11** so bestromt, dass sich wiederum ein allmählicher Drehmomentanstieg ergibt. Die Bestromung der Ständerwicklung **11** erfolgt hier zweckmäßigerweise in einem getakteten (sog. PWM-Betrieb) Pulswechselrichterbetrieb. Das gewählte Ansteuermuster kann dabei abhängig von der Drehzahl und dem gewünschten Drehmoment gewählt werden.

[0031] In beiden beschriebenen Fällen wird vorzugsweise ein rampenförmiger Anstieg des Drehmoments erzielt, wobei die Steigung der Momentenrampe in Abhängigkeit vom Betriebsfall vorgegeben werden kann und die Rampen für beide beschriebenen Fälle auch unterschiedlich sein können.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Vorbereiten des Startens eines Verbrennungsmotors (**300**) durch einen riemengetriebenen Startergenerator (**100**), der eine Ständerwicklung (**11**) und eine Läuferwicklung (**12**) aufweist, wobei der Startergenerator (**100**) so betrieben wird, dass sein erzeugtes Drehmoment allmählich über ei-

ne Zeitdauer von mehr als zwei Läuferwicklungs-Zeitkonstanten ansteigt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Ständerwicklung (**11**) so bestromt wird, dass das erzeugte Drehmoment allmählich über eine Zeitdauer von mehr als zwei Läuferwicklungs-Zeitkonstanten ansteigt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Läuferwicklung (**12**) bestromt wird und, wenn ein Erregerstrom durch die Läuferwicklung (**12**) vor Beginn ihrer Bestromung unterhalb eines unteren Schwellwerts liegt, die Ständerwicklung (**11**) bestromt wird, bevor der Erregerstrom oberhalb eines oberen Schwellwerts liegt.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei die Läuferwicklung (**12**) bestromt wird und, wenn ein Erregerstrom durch die Läuferwicklung (**12**) vor Beginn ihrer Bestromung unterhalb eines unteren Schwellwerts liegt, die Ständerwicklung (**11**) innerhalb von höchstens zwei, vorzugsweise höchstens einer, insbesondere höchstens einer viertel, Läuferwicklungs-Zeitkonstanten nach dem Beginn der Bestromung der Läuferwicklung (**12**) ebenfalls bestromt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, wobei an die Ständerwicklung (**11**) für die Bestromung eine blockkommutierte Versorgungsspannung angelegt wird.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Läuferwicklung (**12**) bestromt wird und, wenn ein Erregerstrom durch die Läuferwicklung (**12**) vor Beginn ihrer Bestromung oberhalb eines unteren Schwellwerts liegt, an die Ständerwicklung (**11**) für die Bestromung eine PWM-kommutierte Versorgungsspannung angelegt wird.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Läuferwicklung (**12**) mit einem Tastgrad von wenigsten 50%, vorzugsweise wenigstens 75% oder wenigstens 90% oder 100% bestromt wird.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Verbrennungsmotor (**300**) durch den riemengetriebenen Startergenerator (**100**) gestartet wird.

9. Recheneinheit (**25**), die dazu eingerichtet ist, ein Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche durchzuführen.

10. Computerprogramm mit Programmcodemitteln, die einen Computer oder eine entsprechenden Recheneinheit veranlassen, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 durchzuführen, wenn sie auf dem Computer bzw. der entsprechenden Re-

cheneinheit, insbesondere nach Anspruch 9, ausgeführt werden.

11. Maschinenlesbares Speichermedium mit einem darauf gespeicherten Computerprogramm, welches Programmcodemittel aufweist, die einen Computer oder eine entsprechende Recheneinheit veranlassen, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 durchzuführen, wenn sie auf dem Computer bzw. der entsprechenden Recheneinheit ausgeführt werden.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

