(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 428 673 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
11.04.2018 Patentblatt 2018/15

(51) Int Cl.:
F02N 11/10 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **11175788.6**

(22) Anmeldetag: **28.07.2011**

(54) **VERFAHREN ZUM BESTIMMEN EINES ZUSTANDS EINES STARTERMOTORS**

METHOD FOR DETERMINING THE STATUS OF A STARTER MOTOR

PROCÉDÉ DE DÉTERMINATION D'UN ÉTAT D'UN DÉMARRREUR

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **09.09.2010 DE 102010040520**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.03.2012 Patentblatt 2012/11

(73) Patentinhaber: **SEG Automotive Germany GmbH**
70499 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
- **Cwik, Matthias**
  70197 Stuttgart (DE)
- **Bayer, Michael**
  71636 Ludwigsburg (DE)
- **Pirsch, Roman**
  73257 Koengen (DE)
- **Hartmann, Sven**
  70439 Stuttgart (DE)
- **Sengebusch, Falco**
  70469 Stuttgart-Feuerbach (DE)

(74) Vertreter: **Steinbauer, Florian et al**
Dehns Germany
Theresienstraße 6-8
80333 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-00/01943
DE-A1-102005 018 570
DE-A1-102009 004 901
US-A- 1 875 192
US-A1- 2009 309 530

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 428 673 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zum Bestimmen eines Zustands eines Startermotors.

Stand der Technik

[0002] Zum Anlassen bzw. Starten eines Verbrennungsmotors kommt üblicherweise eine Starteranlage mit einem Gleichstrommotor, der einen Stator und einen Rotor umfasst, zum Einsatz. Die Stromversorgung des Rotors wird dabei über eine Kohlebürsten-Kommutator-Anordnung sichergestellt, bei der Kohlebürsten von einem Bürstenhalter mit einem Federsystem auf Kommutatorlamellen gepresst werden und bei einer Bewegung des Ankers über die Kommutatorlamellen schleifen, wobei zwischen den Kohlebürsten und den Kommutatorlamellen ein Strom fließt.

[0003] Über die Lebensdauer eines Startermotors der Starteranlage kommt es zu einem betriebsbedingten Verschleiß der Kohlebürsten und der Kommutatorlamellen. Die Ausbildung einer Patinaschicht auf den Kommutatorlamellen und einer Oxidschicht auf den Kohlebürsten wirkt sich auf den Verschleiß positiv aus. Beide Effekte erhöhen jedoch den Übergangswiderstand zwischen den Kohlebürsten und den Kommutatorlamellen und reduzieren die Leistungsabgabe der Starteranlage.

[0004] Nachfolgend werden beide Effekte nicht getrennt betrachtet, sondern unter dem Begriff Patina, die auch die Oxidschicht umfasst, zusammengefasst. Auch wenn den Kohlebürsten Stoffe zur Schmierung und Reinigung der Oberflächen von Kommutatorlamellen beigemischt werden, kann es applikationsbedingt während des Betriebs zur Ausbildung einer Überpatinierung kommen.

[0005] Die am Prioritätstag noch nicht offengelegte deutsche Patentanmeldung DE 10 2009 045 265.6 beschreibt ein Verfahren zum Betreiben einer Gleichstrommaschine, insbesondere eines Starters für eine Brennkraftmaschine, mit einem über Bürsten und einen Kommutator aus einer Gleichspannungsquelle gespeisten Anker. Hier wird eine Patinierung des Kommutators durch Überwachung des maschinenspezifischen Einschaltstroms ermittelt und durch Änderung der Betriebsparameter der Gleichstrommaschine korrigiert. Mit den dort beschriebenen Maßnahmen kann eine Überpatinierung reduziert oder eine Unterpatinierung aufgehoben werden. Die US 2009/0309530 offenbart ein Verfahren zum Bestimmen des Funktionszustands eines Startermotors, basierend auf einem Regressionsmodell mit unter anderem den Eingangsgrößen Strom und Spannung. Die WO 00/01943 offenbart ein Verfahren zum Abschalten eines Starters basierend auf Messungen des Stroms und der Spannung. Offenbarung der Erfindung

[0006] Vor diesem Hintergrund werden ein Verfahren und eine Anordnung mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche vorgestellt. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen und der Beschreibung.

[0007] Mit dem Verfahren ist u. a. eine Detektion eines Grads einer Patinierung und somit bspw. der Nachweis einer Über- oder Unterpatinierung eines Kohlebürsten-Kommutator-Systems bzw. einer Kohlebürsten-Kommutator-Anordnung eines bspw. als Gleichstrommotor ausgebildeten Startermotors möglich. Der Startermotor kann als Teil einer Starteranlage zum Anlassen eines Verbrennungsmotors eines Kraftfahrzeugs ausgebildet sein.

[0008] Das Verfahren ermöglicht bspw. auch während des Fahrzeugbetriebs die Detektion einer Änderung eines Widerstands der Bürsten-Kommutator-Anordnung des Startermotors, die außerhalb üblicher Alterungseffekte durch Über- oder Unterpatinierung hervorgerufen werden kann. Durch Messung eines Widerstands zu unterschiedlichen, typischerweise zwei, Betriebspunkten eines Detektionszyklus kann der Widerstand der Bürsten-Kommutator-Anordnung indirekt ermittelt werden. Durch mehrmaliges Bestimmen von Widerständen zu den Betriebspunkten und durch Differenzbildung der so bestimmten Widerstände kann zumindest ein Orientierungswert für den zu detektierenden Widerstand der Bürsten-Kommutator-Anordnung ermittelt werden. Über die genannte Differenzbildung kann die Widerstandsänderung, d. h. eine Änderung des Widerstands von einem ersten Betriebspunkt zu mindestens einem zweiten Betriebspunkt, bestimmt werden.

[0009] In Abhängigkeit eines Werts des ermittelten Widerstands durch Überprüfung der Widerstandsänderung zwischen zumindest zwei verschiedenen Betriebspunkten, kann weiterhin ermittelt werden, ob nun eine Über- oder Unterpatinierung vorliegt. Ergänzend können über einen längeren Zeitraum mehrere Detektionszyklen vorgesehen sein, über die eine Entwicklung des Widerstands beobachtet werden kann. Hierbei ist eine Reihe von Detektionszyklen bei ansonsten unveränderten Betriebsparametern, bspw. der Temperatur des Startermotors, vorzunehmen, wobei für jeden Detektionszyklus für mindestens zwei Betriebspunkte Widerstände ermittelt und mindestens eine Widerstandsänderung bestimmt wird.

[0010] In Ausgestaltung der Erfindung ist eine Detektion der Über- oder Unterpatinierung zwischen Kohlebürsten und Kommutatorlamellen und somit Lamellen des Kommutators während des Fahrzeugbetriebs durch Strom- und Spannungsmessungen an der Batterie, die den Startermotor mit elektrischer Energie versorgt, zu definierten Betriebspunkten vorgesehen. Bei der Batterie kann es sich um eine Batterie des Bordnetzes des Kraftfahrzeugs handeln. Dabei ist zur Bestimmung des Widerstands keine Kenntnis des Batteriezustands notwendig.

[0011] Falls eine Über- oder Unterpatinierung durch das Verfahren festgestellt wird, kann durch geeignete Maßnah-

men, d. h. durch Behandlung, typischerweise Reinigung oder zusätzliche Beschichtung, der Kommutatorlamellen und/oder Kohlebürsten eine Reduktion des Leistungsverlusts des Startermotors oder des Starterverschleißes durchgeführt werden. Mit dem Verfahren ist auch eine Überprüfung der Wirksamkeit dieser ergriffenen Maßnahmen möglich.

[0012] Bei dem Verfahren wird der Übergangswiderstand zwischen den Kohlebürsten und Kommutatorlamellen in der Regel indirekt bestimmt. Dennoch können durch Strom- und Spannungsmessungen zu ausgewählten Betriebspunkten während mindestens eines Detektionszyklus durch Auswertung von Ergebnissen der Detektion Einflüsse aufgrund von induzierten Spannungen, sich ändernden Temperaturen und der Alterung erkannt und minimiert werden.

[0013] Die erfindungsgemäße Anordnung ist dazu ausgebildet, sämtliche Schritte des vorgestellten Verfahrens durchzuführen. Dabei können einzelne Schritte dieses Verfahrens auch von einzelnen Komponenten der Anordnung durchgeführt werden. Weiterhin können Funktionen der Anordnung oder Funktionen von einzelnen Komponenten der Anordnung als Schritte des Verfahrens umgesetzt werden. Außerdem ist es möglich, dass Schritte des Verfahrens als Funktionen wenigstens einer Komponente der Anordnung oder der gesamten Anordnung realisiert werden.

[0014] In einer Ausgestaltung der Erfindung erfolgt eine Bestimmung des Widerstands des Startermotors zu definierten Betriebspunkten. Dies kann bspw. bedeuten, dass zu mindestens zwei Betriebspunkten Strom- und Spannungsmessungen vorgenommen werden. Auf Grundlage eines gemessenen Stroms und einer gemessenen Spannung wird für jeden Betriebspunkt der Widerstand ermittelt. Die insgesamt ermittelten Widerstände werden verglichen und daraus wird eine Aussage über den Grad der Patinierung der Bürsten-Kommutator-Anordnung getroffen.

[0015] Über die Messung des Stroms und der Spannung der Batterie bei unterschiedlichen Betriebspunkten kann der Gesamtwiderstand einer Starteranlage bestimmt werden. Der Widerstand der Starteranlage setzt sich üblicherweise aus mehreren Komponenten zusammen. Hierzu zählen ein Leitungswiderstand, Kontaktwiderstände, ein Relaiswiderstand, ein Bürstenwiderstand, ein Widerstand am Übergang zwischen Kohlebürsten und Kommutatorlamellen, ein ohmscher Ankerwiderstand und ein Masseübergangswiderstand.

[0016] Durch Strom- und Spannungsmessungen, die bspw. zu einem ersten Betriebspunkte vor einem Start und zu einem zweiten Betriebspunkt während des Starts erfolgen, kann ein Widerstand der Bürsten-Kommutator-Anordnung von Widerständen anderer Komponenten der Starteranlage getrennt werden. Hierzu wird in Ausgestaltung davon ausgegangen, dass sich die Widerstände der anderen Komponenten zwischen den verschiedenen Betriebspunkten nur geringfügig ändern, wohingegen der Widerstand der Bürsten-Kommutator-Anordnung betriebspunktabhängig ist, was durch unterschiedliche, betriebspunktabhängige Drehzahlen für eine Drehung des Rotors relativ zum Stator des Startermotors bedingt sein kann.

[0017] Um induktive Einflüsse auf die Bestimmung des Widerstands während des Starts zu vermeiden, kann alternativ oder ergänzend zu einem Betriebspunkt ohne Relativbewegung des Rotors zu dem Stator, d. h. bei Stillstand des Rotors (Drehzahl null), und ggf. bei einem hohen Strom des Startermotors, z. B. bei Erreichen eines Spitzen- bzw. Peakwerts des Stroms, gemessen werden.

[0018] Um Temperatureinflüsse zu minimieren, kann die Widerstandbestimmung für Starts des Startermotors bei Detektionszyklen, bei denen dieselbe Temperatur herrscht, z. B. jeweils bei einem kaltem Startermotor, durchgeführt werden.

[0019] Somit kann eine Widerstandsänderung durch Überpatinierung in der Bürsten-Kommutator-Anordnung abgeschätzt werden, wenn Korrosions- und Alterungseffekte der restlichen Widerstände, die sich durch die anderen Komponenten ergeben, bekannt sind. Die Strom- und Spannungsmessung kann über einen Batteriesensor mit hoher Abtastrate, die kleiner gleich 5 Millisekunden ist, oder über Sensorleitungen innerhalb einer Motorsteuerung des Startermotors vorgenommen werden.

[0020] Durch Berücksichtigung eines Betriebspunkts, bei dem ein Strommaximum und ein Spannungsminimum vorliegen, kann die Genauigkeit der Widerstandsbestimmung erhöht werden. Ein Zustand der Batterie geht dabei nicht in die Bestimmung des Widerstands ein und muss nicht berücksichtigt werden. Hierzu ist eine hohe Abtastrate kleiner gleich 5 Millisekunden von Strom- und Spannungsmessung für den Fall vorgesehen, dass eine Messung des Stroms sowie der Spannung zu dem genannten Betriebspunkt vorgenommen wird, bei dem für den Strom ein Maximum und für die Spannung ein Minimum vorliegt. Hierzu können Verläufe des Stroms und der Spannung über ein Zeitintervall beobachtet und der genannte Betriebspunkt bestimmt werden.

[0021] Üblicherweise wird der Übergangswiderstand der Bürsten-Kommutator-Anordnung nur in Kombination mit weiteren Widerständen der Starteranlage gemessen und abgeschätzt. Zur Bestimmung des Widerstands werden in weiterer Ausgestaltung Korrosions- und Alterungseffekte auf Widerstände weiterer Komponenten der Starteranlage berücksichtigt.

[0022] Im Ergebnis bietet die Detektion einer Änderung der Patinierung bei mehreren Detektionszyklen durch Nachweis der Widerstandsänderung eine hohe Genauigkeit bei geringem Kostenaufwand, bspw. durch Umsetzung der Detektion ohne Sensorleitung zur Steuerung des Startermotors. Es können jedoch auch andere Maßnahmen vorgesehen sein, die das beschriebene Verfahren ergänzen können.

[0023] Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und den beiliegenden Zeichnungen.

[0024] Es versteht sich, dass die voranstehend genannten und die nachstehend 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.

[0025] Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Figur 1 zeigt in schematischer Darstellung ein Beispiel für eine Bürsten-Kommutator-Anordnung.

Figur 2 zeigt Diagramme mit Betriebsparametern, die bei verschiedenen Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens verwendet werden.

Figur 3 zeigt in schematischer Darstellung ein Beispiel für ein erstes Ersatzschaltbild eines ersten Bordnetzes eines Kraftfahrzeugs, das einen Startermotor aufweist.

Figur 4 zeigt in schematischer Darstellung ein Beispiel für ein zweites Ersatzschaltbild einer Starteranlage mit einem Startermotor.

Figur 5 zeigt in schematischer Darstellung Ersatzschaltbilder eines zweiten Bordnetzes und Details der Diagramme aus Figur 2 mit Betriebsparametern, die bei einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens verwendet werden.

Ausführungsformen der Erfindung

[0026] Die Erfindung ist anhand von Ausführungsformen in den Zeichnungen schematisch dargestellt und wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen ausführlich beschrieben.

[0027] Die Figuren werden zusammenhängend und übergreifend beschrieben, gleiche Bezugszeichen bezeichnen gleiche Komponenten oder Betriebsparameter.

[0028] Das in Figur 1 schematisch dargestellte Beispiel für eine Bürsten-Kommutator-Anordnung 1 eines Startermotors umfasst mehrere Bürsten, wobei es sich um Kohlebürsten 3 handelt, von denen in Figur 1 nur eine gezeigt ist, sowie Kommutatorlamellen 7 eines Kommutators 5.

[0029] Die Kohlebürsten 3 des Startermotors setzen sich allgemein aus Graphit und Kupfer zusammen, wobei Schmiermittel und Reinigungsmittel beigemengt sein können. Während des Betriebs des Startermotors in einem Kraftfahrzeug kommt es durch Abrieb an den Kohlebürsten 3 und durch elektrochemische Vorgänge zur Ausbildung einer Patinaschicht 9 auf den Kommutatorlamellen 7 und/oder einer isolierenden Schicht auf den Oberflächen der Kohlebürsten 3. Beide Effekte erhöhen den Übergangswiderstand zwischen den Kohlebürsten 3 und den Kommutatorlamellen 7, reduzieren aber den Verschleiß der Kommutatorlamellen 7 und Kohlebürsten 3. Eine gewisse Patinierung ist für den verschleißarmen Betrieb notwendig. Zu vermeiden ist jedoch eine Überpatinierung, da diese einen erhöhten Leistungsverlust des Startermotors verursachen kann.

[0030] Mögliche chemische Vorgänge, die sich zwischen den Kohlebürsten 3 und den Kommutatorlamellen 7 bei einer Relativbewegung der Kohlebürsten 3 zu den Kommutatorlamellen 7 ergeben, sind ein Transport von Cu^{2+}-Ionen 11 aus den Kohlebürsten 3 über ein elektrisches Feld, eine Oxidation 13 von Kupfer durch Luftfeuchte zu Cu_2O an der Oberfläche der Kohlebürste 3, eine metallische Kanalbildung durch eine Oxidschicht 15 (Frittung) in Folge eines Durchschlags sowie eine elektrochemische Oxidation und Reduktion durch Luftfeuchte ($H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$) mit anschließendem Ionentransport 17 im elektrischen Feld zwischen den Kohlebürsten 3 und Kommutatorlamellen 7.

[0031] Diese chemischen Vorgänge verändern den Übergangswiderstand der Bürsten-Kommutator-Anordnung 1 und deren Temperaturabhängigkeit auf unterschiedliche Art und Weise. Aufgrund der Komplexität der Vorgänge ist vorgesehen, die relevanten Beiträge applikationsspezifisch zu analysieren. Hierzu ist zu prüfen, ob die Ausbildung der Patinierung durch Variation der Zusammensetzung der Kohlebürsten 3 verändert oder ob sie während des Betriebs des Startermotors durch geeignete Maßnahmen reduziert werden kann. So ist es denkbar, die Patinierung inklusive der Oxidschicht auf der Oberfläche der Kohlebürsten 3 zu beeinflussen. Falls bei einem nachfolgend vorgestellten Verfahren eine Überpatinierung festgestellt wird, kann der Rotor des Startermotors bei hohen Drehzahlen ohne Last gedreht werden, wodurch für die Bürsten-Kommutator-Anordnung 1 ein Reinigungseffekt erzielt wird. Im Folgenden wird mit Patinierung sowohl der Materialfilm, d. h. die Patinaschicht 9 auf den Kommutatorlamellen 7, als auch die Oxidschicht auf der Oberfläche der Kohlebürsten 3 bezeichnet.

[0032] In Figur 2 sind drei Diagramme 21, 23, 25 mit Betriebsparametern eines Startermotors dargestellt, die sich bei dessen Betrieb ergeben und bei verschiedenen Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens verwendet werden. Dabei ist in allen Diagrammen 21, 23, 25 entlang einer Abszisse 27 die Zeit aufgetragen. Entlang einer Ordinate 29 des ersten Diagramms 21 ist eine Stromstärke $I_{Bat}(t)$ einer Batterie, die den Startermotor mit elektrischer Energie versorgt, in der Einheit Ampere aufgetragen. Weiterhin zeigt das erste Diagramm 21 eine Kurve 31 für den Strom, der

durch die Batterie fließt. Entlang einer Ordinate 33 des zweiten Diagramms 23 ist eine Spannung $U_{Bat}(t)$, die an der Batterie anliegt, aufgetragen. Weiterhin zeigt das zweite Diagramm 23 eine erste Kurve 35 sowie ein zweite Kurve 37 für einen Verlauf der Spannung an der Batterie.

[0033] Entlang einer Ordinate 39 des dritten Diagramms 25 ist ein Drehzahl n(t) für ein Hochlaufverhalten eines Verbrennungsmotors eines Kraftfahrzeugs, der mit dem Startermotor angelassen wird, aufgetragen. In dem dritten Diagramm 25 ist weiterhin eine Kurve 41 für das Hochlaufverhalten dargestellt. Weiterhin sind für alle drei Diagramme 21, 23, 25 ein erster Zeitpunkt 43, bei dem eine Zündung erfolgt, ein zweiter Zeitpunkt 45 vor dem Start des Startermotors, bei dem der Startermotor bestromt wird, ein dritter Zeitpunkt 47, bei dem der Startermotor startet und durch den Startermotor ein maximaler Strom fließt, sowie ein vierter Zeitpunkt 49, bei dem ein Abwurf des Startermotors erfolgt, angedeutet.

[0034] Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Detektion der Patinierung einer Bürsten-Kommutator-Anordnung des Startermotors können verschiedene Ausführungsformen vorgesehen sein. Bei einer ersten Ausführungsform erfolgt eine Messung einer Änderung eines Widerstands der Batterie auf Grundlage einer Messung des Stroms und einer Messung der Spannung zu definierten Betriebspunkten 51, 53, hier zu einem ersten Betriebspunkt 51 und zu einem zweiten Betriebspunkt 53. Bei dem ersten Betriebspunkt 51 erreicht die Stromstärke der Batterie einen Wert 54 von 50 A (Kurve 31) und die Spannung einen Wert 56 von 12 V (Kurve 35). Details zu der ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden anhand der Diagramme und Schaltbilder aus Figur 5 beschrieben.

[0035] Bei einer zweiten Ausführungsform erfolgt eine Messung eines Spannungseinbruchs ΔU_{SP} 55. Bei einer dritten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird eine Änderung der Spannung ΔU_{45} 57 an Klemme 45 des Startermotors bei einem sogenannten Abwurf des Startermotors vorgenommen. Bei einer vierten Ausführungsform erfolgt eine Detektion eines Leistungsverlustes, der sich durch eine Überpatinierung ergibt. Dieser Leistungsverlust wird durch Messung des Hochlaufverhaltens (Kurve 41) des Verbrennungsmotors während eines Startvorgangs ermittelt. Die zweite, dritte und/oder vierte Ausführungsform kann die erste Ausführungsform des Verfahrens ergänzen.

[0036] Das in Figur 3 schematisch dargestellte Ersatzschaltbild für ein Bordnetz 71 eines Kraftfahrzeugs zeigt eine als Batterie ausgebildete Spannungsquelle 73 U_0, einen Batteriewiderstand 75 R_B sowie einen zweiten Widerstand 77 R_V für weitere Verbraucher, durch die ein Strom 79 I_V fließt. Durch einen dritten Widerstand 81 R_{30}, d. h. dem Zuleitungswiderstand zur Klemme 30 des Startermotors, fließt ein Strom 83 I_{30}, durch einen vierten Widerstand 85 R_{50}, hier ein Widerstand des Starterrelais mit Einzugs- und Haltewicklung, fließt ein Strom 87 I_{50}. Außerdem zeigt das Ersatzschaltbild als einen fünften Widerstand 89 R_{31} den Widerstand der Masseleitung. An einem Startermotor 91 liegt eine induzierte Spannung 93 U_I. Weiterhin sind in dem Ersatzschaltbild eine Spannung 95 U_{30} sowie eine Abwurfspannung 97 U_{45} des Startermotors 91 gezeigt. Das Ersatzschaltbild zeigt zudem die Haltewicklung (HW) 99 sowie die Einzugswicklung (EW) 101.

[0037] In dem Ersatzschaltbild einer Starteranlage 103 aus Figur 4 sind neben dem Startermotor 91 und dem fünften Widerstand 89 R_{31}, der Abwurfspannung 97 U_{45} sowie der Spannung 93 U_I des Startermotors ein Leitungswiderstand 105, ein Bürstenwiderstand 107, ein Widerstand 109 für einen Übergang zwischen den Kohlebürsten 3 und den Kommutatorlamellen 7 und somit der Widerstand der Bürste-Kommutator-Anordnung 1, ein Ankerwiderstand 111 sowie eine Induktivität 113 der Ankerspule schematisch dargestellt.

[0038] In Figur 5 sind nochmals die beiden Diagramme 21, 23 aus Figur 2 mit den Kurven 31, 35 abgebildet. Außerdem zeigt Figur 5 in schematischer Darstellung ein Ersatzschaltbild eines zweiten Bordnetzes 121 sowie einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung 123. Von dem Bordnetz 121 sind, wie bereits anhand der Figuren 3 und 4 angedeutet, die Spannungsquelle 73 U_0 sowie deren Widerstand 75 R_B, der Widerstand 77 R_V der weiteren Verbraucher, ein Starterwiderstand 125 R_{St} eines Startermotors 126 sowie ein Leitungswiderstand 105 R_L des Startermotors 126 gezeigt. Dabei umfasst der Starterwiderstand 125 R_{St} den Bürstenwiderstand 107, den Widerstand 109 für den Übergang zwischen den Kohlebürsten und den Kommutatorlamellen, den Ankerwiderstand 111 sowie die Induktivität 113 L_{Anker} der Ankerspule, wie bereits anhand von Figur 4 angedeutet ist.

[0039] Als Komponenten der Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung 123 sind in Figur 5 ein Strommessgerät 127, ein Spannungsmessgerät 129 als Messgeräte sowie ein Auswertemodul 131 dargestellt. Hierbei können das Strommessgerät 127 und das Spannungsmessgerät 129 als Komponenten eines sogenannten Batteriesensors ausgebildet sein. Ein in Figur 5 weiterhin dargestelltes erstes Teilersatzschaltbild 133 des Bordnetzes 121 zeigt jene Komponenten, die bei dem ersten Betriebspunkt 51 berücksichtigt werden. Ein zweites Teilersatzschaltbild 135 zeigt jene Komponenten, die bei dem zweiten Betriebspunkt 53 berücksichtigt werden.

[0040] Der Widerstand 77 R_v der weiteren Verbraucher wird vor dem Start des Startermotors über eine Strom- und Spannungsmessung des maximalen Verbraucherstroms der weiteren Verbraucher bestimmt. Dies gilt z. B. zum Zeitpunkt mit maximalem Glühstrom für Dieselfahrzeuge. Es folgt für den ersten Betriebspunkt 51:

$$R_v(T) = \frac{U_{bat}}{I_{bat}}$$

[0041] Bei der ersten Ausführungsform des Verfahrens ergibt sich, dass der Batteriezustand nicht in die Berechnung des Verbraucherwiderstands eingeht.

[0042] Der Gesamtwiderstand R_{ges} umfasst den Widerstand 77 R_v der weiteren Verbraucher, den Leistungswiderstand 105 R_L und den Starterwiderstand 125 R_{St} des Startermotors 126. Dieser Gesamtwiderstand R_{ges} aller Verbraucher wird über die Strom- und Spannungsmessung zu einem Zeitpunkt, bei dem ein maximaler Strom fließt, während des Starts des Startermotors und somit zum zweiten Betriebspunkt 53 berechnet.

$$R_{ges}(T) = \frac{U_{bat}}{I_{bat}} = \frac{R_v(R_{Leitung} + R_{St})}{R_v + (R_{Leitung} + R_{St})} \Rightarrow R_{Leitung} + R_{St}$$

[0043] Hierbei ist die Winkelgeschwindigkeit des Rotors bzw. Ankers des Startermotors 126 und die Stromänderung von I_{30} nahe Null, womit Induktionseffekte vernachlässigt werden können. Der Starterwiderstand R_{St} setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen. Hierzu zählen Kontaktwiderstände, ein Relaiswiderstand, ein Bürstenwiderstand, ein Widerstand am Übergang zwischen den Kohlebürsten und Kommutatorlamellen, ein ohmscher Ankerwiderstand und ein Widerstand des Masseübergangs:

$$R_{St} = R_{Kontakte} + R_{Bürsten} + R_{Übergang} + R_{Anker} + R_{Masseübergang}$$

[0044] Zum Zeitpunkt des maximal fließenden Stroms $I_{50} \ll I_{30}$, wird der Relaisstrom vernachlässigt. Die aufgeführten Widerstände sind temperaturabhängig. Der spezifische Widerstand von Metallen ändert sich im allgemeinen temperaturabhängig über:

$$\rho_s(T) \approx \rho_0(1+\alpha T)$$

[0045] Die Temperaturabhängigkeit des Übergangswiderstands zwischen den Kohlebürsten und Kommutatorlamelle kann sich durch Patinierung und der damit verbundenen Defektelektronenleitung deutlich von der eines Metalls unterscheiden und wie bei einem Halbleiter sein. Zur Vermeidung von Temperatureinflüssen ist eine Widerstandsmessung bei festgelegter Temperatur vorzusehen, z. B. jeweils bei einem Erststart bei kaltem Verbrennungsmotor, wobei bei jedem Erststart ein Detektionszyklus vorgenommen wird. Um den Einfluss der Über- oder Unterpatinierung zu detektieren, werden Widerstandsmessungen verglichen und übliche Alterungseffekte an Kontakten, Bürstenwiderstand und Masseübergang berücksichtigt. Die Strom- und Spannungsmessungen können z. B. durch eine zeitlich hoch aufgelöste Messung eines Batteriesensors oder über zusätzliche Sensorleitungen innerhalb einer Motorsteuerung des Verbrennungsmotors durchgeführt werden.

[0046] Mit der gezeigten Anordnung 123 wird in mindestens einem Detektionszyklus zu definierten Betriebspunkten 51, 53 an einer Spannungsquelle 73, die den Startermotor 126 speist, eine Strommessung und Spannungsmessung durchgeführt und es werden Widerstände zu den unterschiedlichen Betriebspunkten 51, 53 berechnet. Die so ermittelten Widerstände werden verglichen, wobei sich der zu bestimmende Widerstand der Bürsten-Kommutator-Anordnung aus der Differenz des Widerstands sämtlicher Verbraucher, d. h. des Startermotors 126 bei sich drehendem Anker sowie der anderen, weiteren Verbraucher, wie er im zweiten Betriebspunkt 53 ermittelt wird, und des Widerstands der weiteren Verbraucher, der im ersten Betriebspunkt 51 bei stillstehendem Anker des Startermotors 126 ermittelt wird, ergibt.

[0047] Die Patinierung ändert den Übergangswiderstand der Bürsten-Kommutator-Anordnung und reduziert die Leistung des Startermotors. Ein Grad der Patinierung kann also indirekt über eine Abschätzung des Widerstands und ergänzend über die Analyse der Leistungsreduktion nachgewiesen werden.

[0048] Bei einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann eine Messung des Spannungseinbruchs 55 ΔU_{Sp} während des Starts des Startermotors und/oder durch eine Analyse des Spannungsverlaufs vorgenommen werden. Hierzu wird auf das zweite Diagramm 23 aus Figur 2 verwiesen. Sowohl die Veränderung des maximalen Spannungseinbruchs 55 ΔU_{Sp} als auch die Veränderung des Spannungsverlaufs über den Start hinweg geben weitere Informationen über die Änderung der Patinierung. Zum Zeitpunkt des maximalen Spannungseinbruchs 55 ΔU_{Sp} liegt nur eine geringe Bewegung des Rotors des Startermotors vor, wodurch der Spannungseinbruch 55 ΔU_{Sp} rein bordnetzabhängig ist. Der Spannungsverlauf (Kurven 35, 37 aus Figur 2) ist sowohl bordnetz- als auch verbrennungsmotorabhängig. Verschiedene Spannungsverläufe können z. B. über die Berechnung von Hüllkurven miteinander verglichen werden. Hierzu ist nur eine geringe Anzahl an Messgrößen zu berücksichtigen. Die Messung ist bspw. durch eine zusätzliche Sensorleitung innerhalb der Motorsteuerung implementierbar. Hierbei werden ein Bordnetzzustand zur

Abschätzung des Spannungseinbruchs 55 ΔU_{Sp} sowie eine Variation von Reibung, Kompression und Schleppmoment des Verbrennungsmotors für die Analyse des Spannungsverlaufs berücksichtigt.

[0049] Es ist bei dieser ergänzenden Ausführungsform des Verfahrens auch möglich, eine Analyse eines Verlaufs des Spannungseinbruchs 55 ΔU_{Sp} bei einem Vorandrehen des Rotors ohne Startereingriff vorzunehmen. Ein möglicher Nachteil des Einflusses des Verbrennungsmotors auf den Verlauf des Spannungseinbruchs wird durch ein Vorandrehen ohne Startereingriff vermieden. Dies ist u. a. für Startermotoren geeignet, die eine getrennte Ansteuerung für ein Ritzeleinspuren und ein Starterandrehen aufweisen. Hierzu ist eine Kenntnis des Bordnetzzustands zur Abschätzung eines Spannungseinbruchs sowie eine Leistungsbelastung der Motorsteuerung durch Abschaltströme über eine Sensorleitung zu berücksichtigen. Eine Schaltung eines Ritzeleinzugs und ein Hauptstrom werden im Vergleich zu üblichen Startermotoren unabhängig angesteuert.

[0050] Bei einer dritten Ausführungsform erfolgt die Messung der Spannungsdifferenz 57 ΔU_{45} der Abwurfspannung kurz vor und kurz nach dem Abwurf des Startermotors am Ende des Startvorgangs, wodurch eine Abschätzung des Spannungsabfalls zwischen den Kohlebürsten und den Kommutatorlamellen getroffen werden kann. Hierbei gilt:

$$U_{45} - U_{Leitung} - U_{Bürste} - U_{Übergang} - U_{An\ker,\Omega} - U_{An\ker,L} - U_{ind} - U_{31} = 0$$

$$U_{45} = I_{30}(R_{Leitung} + R_{Bürste} + R_{Übergang} + R_{An\ker,\Omega} + R_{31}) + \ldots$$
$$+ I_{50}R_{31} + L_{An\ker}\frac{dI_{30}}{dt} + k\Phi\omega$$

[0051] Dabei ist $L_{An\ker}$ eine Induktivität des Ankers des Startermotors, Φ ein magnetischer Fluss durch den Anker und ω eine Winkelgeschwindigkeit des Ankers.

[0052] Bezüglich der hierzu berücksichtigenden Betriebsparameter und Komponenten wird auf die Figuren 2 bis 4 verwiesen.

[0053] Nach Öffnen eines Kontakts wird durch die Bewegung des Ankers im Magnetfeld der Dauermagneten am Polgehäuse des Startermotors eine Spannung und somit ein Strom I_{30} induziert. Die Stromrichtung hat sich im Vergleich zu I_{30} bei geschlossenem Kontakt umgekehrt:

$$U'_{45} - U'_{Leitung} - U'_{Bürste} - U'_{Übergang} - U'_{An\ker,\Omega} - U'_{An\ker,L} - U'_{ind} - U'_{31} = 0$$

$$U'_{45} = -I'_{30}(R_{Leitung} + R_{Bürste} + R_{Übergang} + _ R_{An\ker,\Omega} + R_{31}) + \ldots$$
$$\ldots - L_{An\ker}\frac{dI'_{30}}{dt} + k\Phi'\omega'$$

[0054] Aus der gemessenen Spannungsdifferenz ΔU_{45} ergibt sich:

$$\Delta U_{45} = (R_{Leitung} + R_{Bürste} + R_{Übergang} + R_{An\ker,\Omega} + R_{31})(I_{30} + I'_{30}) + \ldots$$
$$\ldots + L_{An\ker}\left(\frac{dI_{30}}{dt} + \frac{dI'_{30}}{dt}\right) + k(\Phi\omega + \Phi'\omega') + I_{50}R_{31}$$

[0055] Dabei gilt: $I'_{30} \ll I_{30}$, $dI_{30}/dt \sim 0$ am Ende des Startvorgangs, mit $\Phi' \ll \Phi$ und $I_{50} \ll I_{30}$ vereinfacht sich obige Gleichung zu:

$$\Delta U_{45} = I_{30}(R_{Leitung} + R_{Bürste} + R_{Übergang} + R_{An\ker,\Omega} + R_{31}) + k\Phi\omega + \ldots$$
$$\ldots + L_{An\ker}\frac{dI'_{30}}{dt}$$

[0056] Bei konstanten Abstellbedingungen kann über die Änderung der Spannungsdifferenz ΔU_{45} eine Änderung des Widerstands $R_{Übergang}$ der Bürsten-Kommutator-Anforderung ermittelt werden. Zur Abschätzung des magnetischen Flusses sind konstante Abstellbedingungen und der Strom I_{30} zu berücksichtigen. Die Messung ist vom Bordnetzzustand abhängig.

[0057] Bei Durchführung einer vierten Ausführungsform des Verfahrens wird ein Starterhochlauf über eine Drehzahl n(t) im Eingriff analysiert (Kurve 41 aus Figur 2). Innerhalb der Motorsteuerung kann somit eine hoch aufgelöste Messung des Hochlaufverhaltens auf die Drehzahl n(t) während des Starts Informationen zur Leistungsreduzierung durch Überpatinierung liefern. Weiterhin kann über eine Hüllkurve das Hochlaufverhalten verschiedener Startvorgänge bei gleichen Temperaturen verglichen werden. Hierfür werden keine zusätzlichen Messgrößen außer der Information über die Drehzahl n(t) benötigt. Durch einen Batteriesensor kann auch der Einfluss des Bordnetzzustands abgeschätzt werden. Dabei können Ungenauigkeiten durch den Einfluss des Verbrennungsmotors im Startereingriff, Alterungseffekte, Reibungsänderung, Kompressionsänderung und eine Variation des Schleppmoments, die das Hochlaufverhalten verändern können, berücksichtigt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen eines Zustands eines Startermotors (91, 126), der eine Bürsten-Kommutator-Anordnung (1) umfasst, bei dem in mindestens einem Detektionszyklus zu definierten Betriebspunkten (51, 53) an einer Batterie, die den Startermotor (91, 126) mit elektrischer Energie versorgt, jeweils eine Strommessung und eine Spannungsmessung durchgeführt werden und daraus ein Widerstand der Bürsten-Kommutator-Anordnung (1) bestimmt wird, wobei die Widerstände zu verschiedenen definierten Betriebspunkten (51, 53) ermittelt und miteinander verglichen werden, und der Widerstand der Bürsten-Kommutator-Anordnung (1) über einen Unterschied der in den verschiedenen definierten Betriebspunkten (51, 53) ermittelten Widerständen detektiert wird, wobei die Strommessung und die Spannungsmessung zu einem ersten Betriebspunkt (51) vor einem Start des Startermotors (91, 126) bei stillstehendem Anker des Startermotors (91, 126) und zu einem zweiten Betriebspunkt (53) während des Starts des Startermotors (91, 126) durchgeführt werden, wobei der zweite Betriebspunkt (53) erreicht wird, wenn der Strom einen Peak erreicht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, das für einen Startermotor (91, 126), der zum Anlassen eines Verbrennungsmotors ausgebildet ist, durchgeführt wird.

3. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem in zeitlichen Abständen mehrere Detektionszyklen ausgeführt werden, wobei bei allen Detektionszyklen zu denselben definierten Betriebspunkten (51, 53) Strom- und Spannungsmessungen vorgenommen werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem die Detektionszyklen jeweils bei derselben Temperatur des Startermotors (91, 126) durchgeführt werden.

5. Anordnung, die mindestens ein Messgerät und mindestens ein Auswertemodul (131) aufweist und zum Bestimmen eines Zustands eines Startermotors (91, 126), der eine Bürsten-Kommutator-Anordnung (1) umfasst, ausgebildet ist, wobei das mindestens eine Messgerät in mindestens einem Detektionszyklus zu definierten Betriebspunkten an einer Batterie, die den Startermotor (91, 126) mit elektrischer Energie versorgt, jeweils eine Strommessung und eine Spannungsmessung durchführt, und wobei das Auswertemodul (131) daraus einen Widerstand der Bürsten-Kommutator-Anordnung (1) bestimmt, wobei die Widerstände zu verschiedenen definierten Betriebspunkten (51, 53) zu ermitteln und miteinander zu vergleichen sind, und der Widerstand der Bürsten-Kommutator-Anordnung (1) über einen Unterschied der in den verschiedenen definierten Betriebspunkten (51, 53) ermittelten Widerständen zu detektieren ist, wobei die Strommessung und die Spannungsmessung zu einem ersten Betriebspunkt (51) vor einem Start des Startermotors (91, 126) bei stillstehendem Anker des Startermotors (91, 126) und zu einem zweiten Betriebspunkt (53) während des Starts des Startermotors (91, 126) durchzuführen sind, wobei der zweite Betriebspunkt (53) erreicht wird, wenn der Strom einen Peak erreicht.

6. Anordnung nach Anspruch 5, bei der das mindestens eine Messgerät als Batteriesensor ausgebildet ist.

Claims

1. A method of determining a state of a starter motor (91, 126) which comprises a brush-commutator assembly (1), in

which a current measurement and a voltage measurement are performed in each case in at least one detection cycle at defined operating points (51, 53) on a battery which supplies electrical energy to the starter motor (91, 126), and a resistance of the brush-commutator assembly (1) is determined therefrom, wherein the resistances are ascertained and compared with one another at different defined operating points (51, 53), and the resistance of the brush-commutator assembly (1) is detected by a difference in the resistances ascertained in the different defined operating points (51, 53), wherein the current measurement and the voltage measurement are performed at a first operating point (51) prior to the start-up of the starter motor (91, 126) when the armature of the starter motor (91, 126) is stationary, and are performed at a second operating point (53) during the start-up of the starter motor (91, 126), wherein the second operating point (53) is reached when the current reaches a peak.

2. The method as claimed in claim 1, which is performed for a starter motor (91, 126) which is designed for starting-up an internal combustion engine.

3. The method as claimed in any one of the preceding claims, in which a plurality of detection cycles are performed at time intervals, wherein during all of the detection cycles current and voltage measurements are carried out at the same defined operating points (51, 53).

4. The method as claimed in claim 3, in which the detection cycles are each performed at the same temperature of the starter motor (91, 126).

5. An assembly which has at least one measuring device and at least evaluating module (131) and is designed to determine a state of a starter motor (91, 126) which comprises a brush-commutator assembly (1), wherein the at least one measuring device performs a current measurement and a voltage measurement in each case in at least one detection cycle at defined operating points on a battery which supplies electrical energy to the starter motor (91, 126), and wherein the evaluating module (131) determines a resistance of the brush-commutator assembly (1) therefrom, wherein the resistances are to be ascertained and compared with one another at different defined operating points (51, 53), and the resistance of the brush-commutator assembly (1) is to be detected by a difference in the resistances ascertained in the different defined operating points (51, 53), wherein the current measurement and the voltage measurement are to be performed at a first operating point (51) prior to the start-up of the starter motor (91, 126) when the armature of the starter motor (91, 126) is stationary, and are to be performed at a second operating point (53) during the start-up of the starter motor (91, 126), wherein the second operating point (53) is reached when the current reaches a peak.

6. The assembly as claimed in claim 5, in which the at least one measuring device is designed as a battery sensor.

Revendications

1. Procédé pour déterminer un état d'un moteur de démarrage (91, 126) comportant un ensemble de balais-collecteur (1), dans lequel une mesure d'intensité et une mesure de tension d'une batterie alimentant le moteur de démarrage (91, 126) en énergie électrique sont respectivement réalisées à des points de fonctionnement (51, 53) définis pendant au moins un cycle de détection, et une résistance de l'ensemble de balais-collecteur (1) est déterminée à partir de ces mesures, dans lequel les résistances sont déterminées à différents points de fonctionnement définis (51, 53) et sont comparées l'une à l'autre, et la résistance de l'ensemble de balais-collecteur (1) est détectée par le biais d'une différence entre les résistances déterminées aux différents points de fonctionnement définis (51, 53), dans lequel la mesure d'intensité et la mesure de tension sont réalisées à un premier point de fonctionnement (51) avant le démarrage du moteur de démarrage (91, 126) lorsque l'induit du moteur de démarrage (91, 126) est à l'arrêt et à un second point de fonctionnement (53) pendant le démarrage du moteur de démarrage (91, 126), dans lequel le second point de fonctionnement (53) est atteint lorsque l'intensité atteint un pic.

2. Procédé selon la revendication 1 mis en oeuvre pour un moteur de démarrage (91, 126) conçu pour mettre en marche un moteur à combustion interne.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel plusieurs cycles de détection sont exécutés à des intervalles de temps, dans lequel des mesures d'intensité et de tension sont réalisées aux mêmes points de fonctionnement définis (51, 53) pendant tous les cycles de détection.

4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel les cycles de détection sont respectivement exécutés à la même

température du moteur de démarrage (91, 126).

5. Système comportant au moins un appareil de mesure et au moins un module d'évaluation (131) et conçu pour déterminer un état d'un moteur de démarrage (91, 126) comportant un ensemble de balais-collecteur (1), dans lequel le au moins un appareil de mesure réalise une mesure d'intensité et une mesure de tension d'une batterie alimentant le moteur de démarrage (91, 126) en énergie électrique à des points de fonctionnement définis pendant au moins un cycle de détection, et dans lequel le module d'évaluation (131) détermine à partir de ces mesures une résistance de l'ensemble de balais-collecteur (1), dans lequel les résistances doivent être déterminées à différents points de fonctionnement définis (51, 53) et sont comparées l'une à l'autre, et la résistance de l'ensemble de balais-collecteur (1) est détectée par le biais d'une différence entre les résistances déterminées aux différents points de fonctionnement définis (51, 53), dans lequel la mesure d'intensité et la mesure de tension doivent être réalisées à un premier point de fonctionnement (51) avant le démarrage du moteur de démarrage (91, 126) lorsque l'induit du moteur de démarrage (91, 126) est à l'arrêt et à un second point de fonctionnement (53) pendant le démarrage du moteur de démarrage (91, 126), dans lequel le second point de fonctionnement (53) est atteint lorsque l'intensité atteint un pic.

6. Système selon la revendication 5, dans lequel le au moins un appareil de mesure est mis en oeuvre sous la forme d'un capteur de batterie.

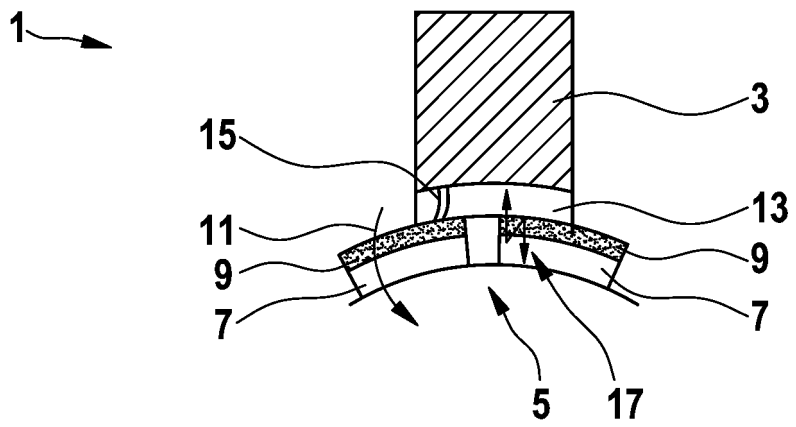


Fig. 1

Fig. 2

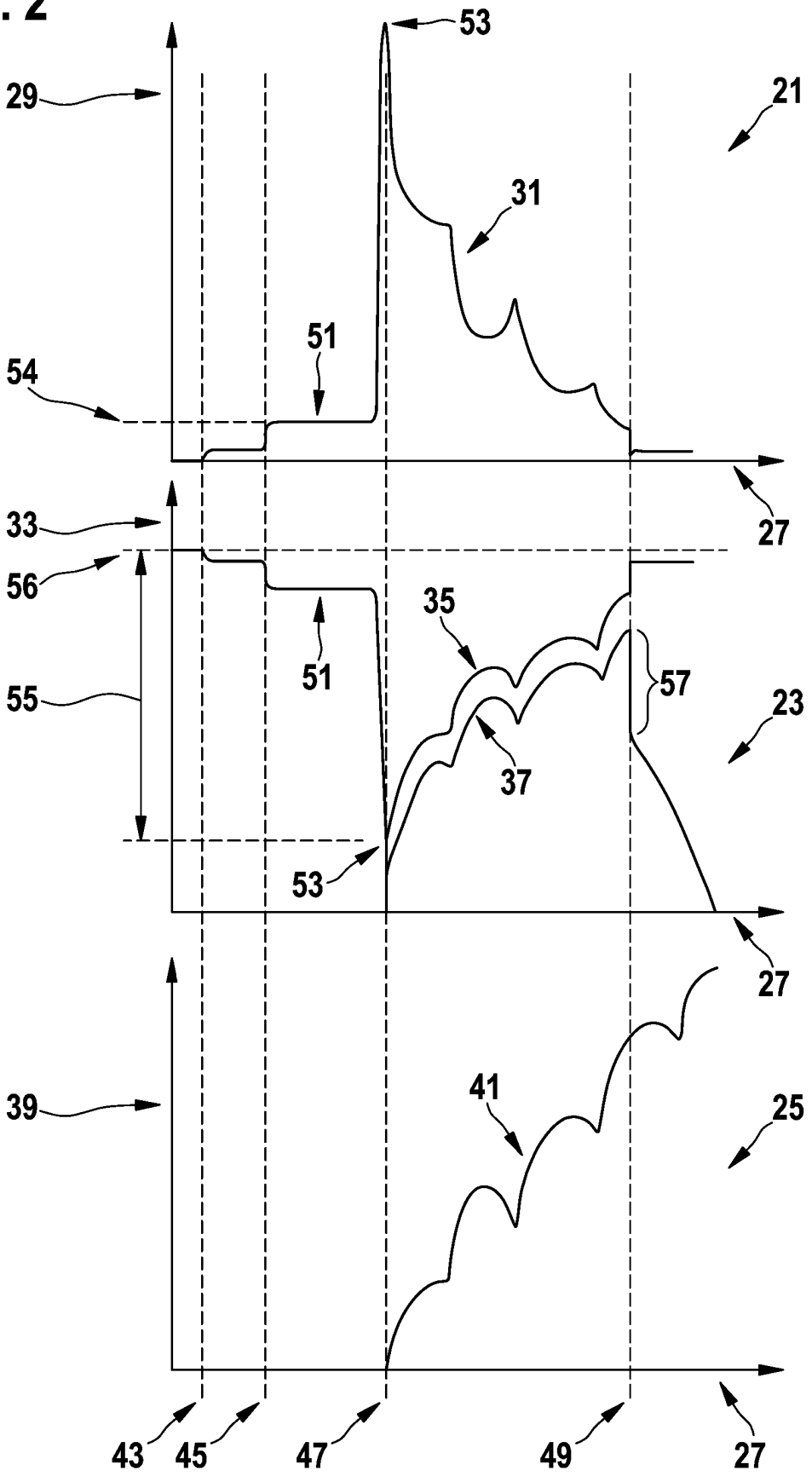

53
29
21
31
51
54
27
33
56
35
51
57
55
23
37
53
27
39
41
25
43
45
47
49
27

Fig. 3

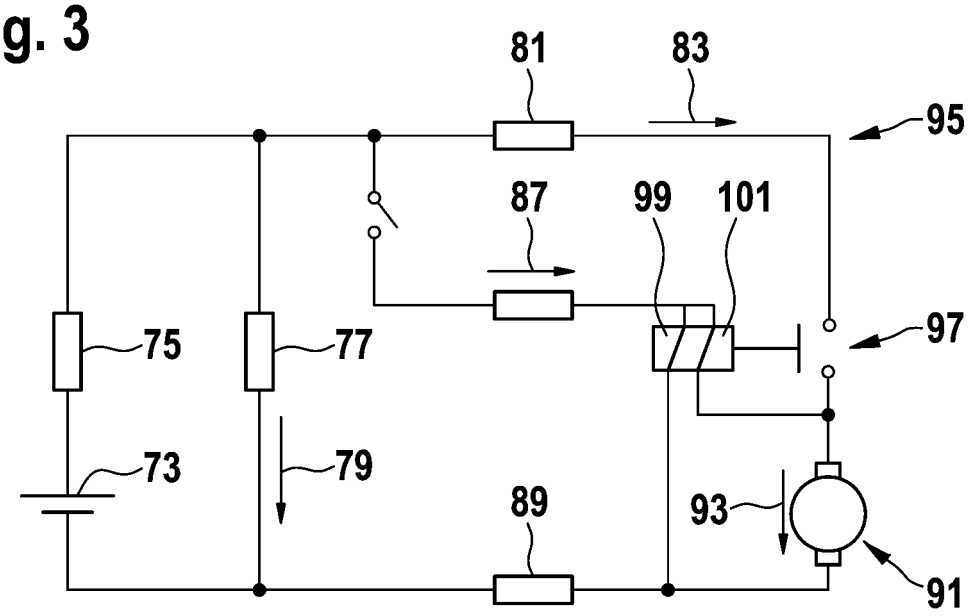

81
83
95
87
99
101
75
77
97
73
79
89
93
91

Fig. 4

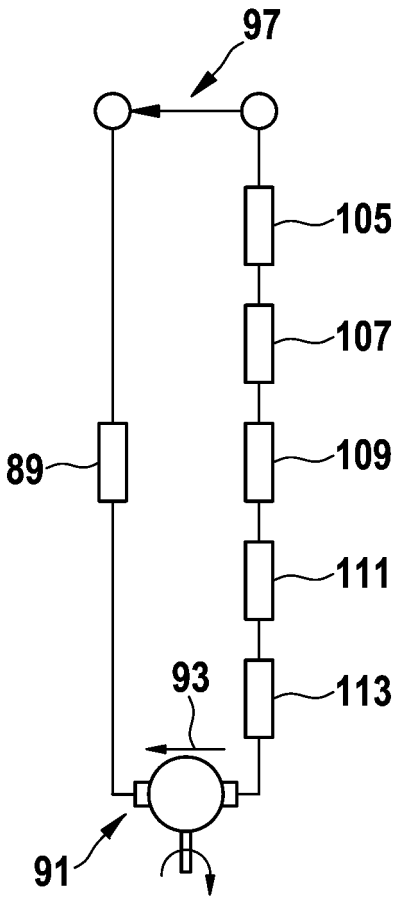
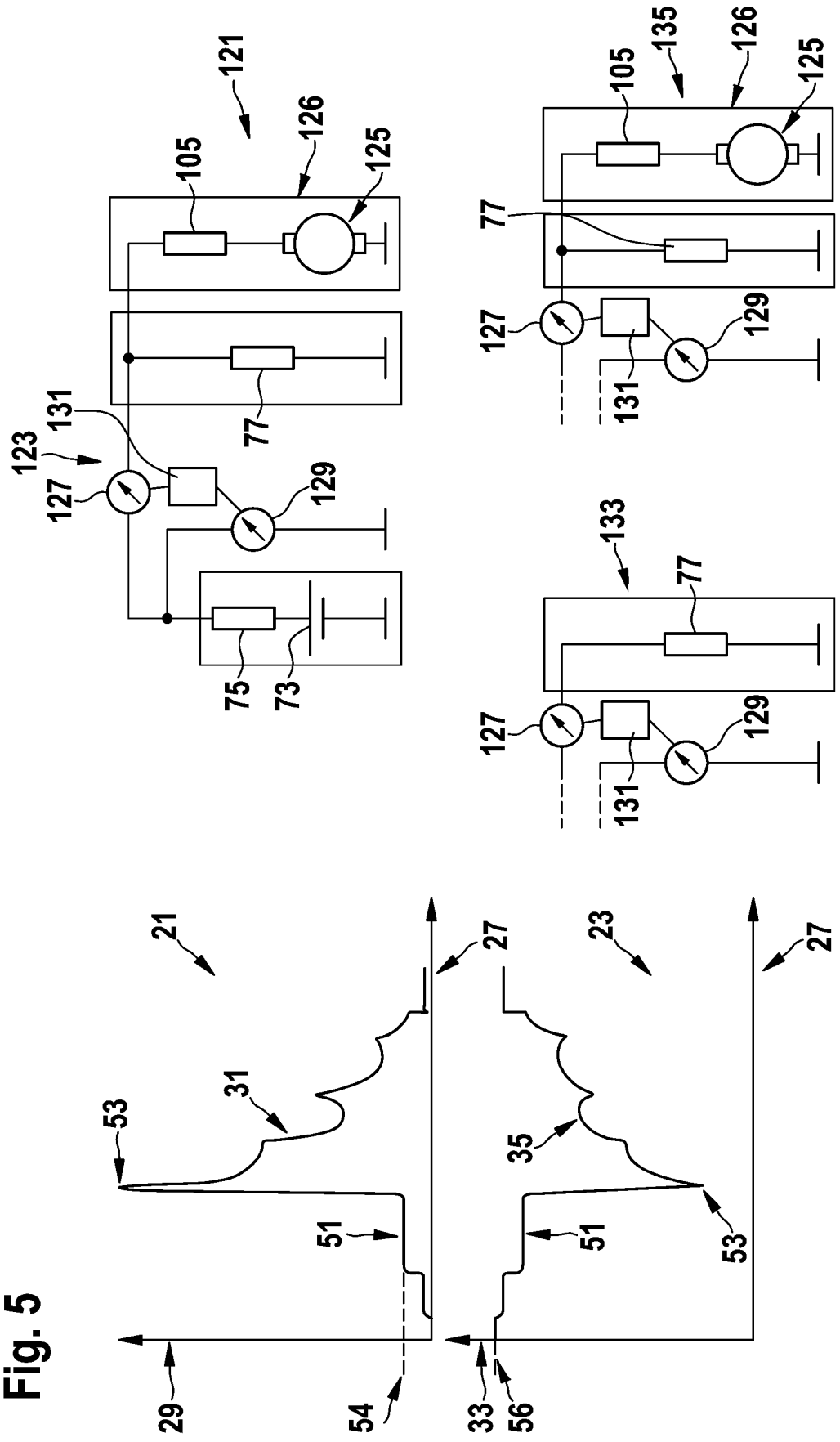

97
105
107
89
109
111
93
113
91

Fig. 5


121
126
125
105
77
123
131
127
129
75
73
135
133
21
27
23
31
53
35
51
29
54
33
56

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102009045265 **[0005]**
- US 20090309530 A **[0005]**
- WO 0001943 A **[0005]**