

(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  
26. April 2012 (26.04.2012)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2012/052273 A2**

- (51) **Internationale Patentklassifikation:** Nicht klassifiziert
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2011/067076
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**  
30. September 2011 (30.09.2011)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**  
10 2010 042 802.7  
22. Oktober 2010 (22.10.2010) 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):** HARTMANN, Sven [DE/DE]; Mercatorweg 17b, 70439 Stuttgart (DE). SEN-GEBUSCH, Falco [DE/DE]; Grazer Strasse 51, 70469 Stuttgart-Feuerbach (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 AND DEVICE FOR STARTING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE AND CHANGEOVER SWITCHING DEVICE

(54) **Bezeichnung :** VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM STARTEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE UND WECHSELSCHALTVORRICHTUNG

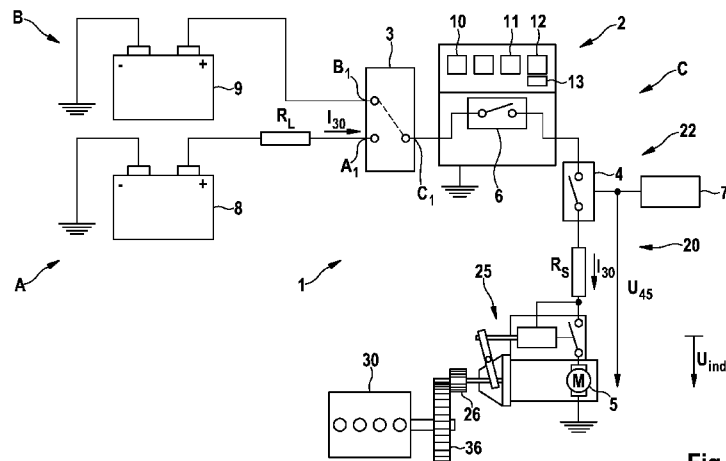


Fig. 1

(57) **Abstract:** A method is described of a device (2) for a starter motor (5) for starting an internal combustion engine (30), in particular of a vehicle, for limiting an operating range of the starter motor (5) within predefined physical limits, wherein the electrical current ( $I_{30}$ ) of the starter motor (5) is detected by a detection device (10) in the device (2). In order to allow a voltage drop in the on-board power supply of a motor vehicle to appear imperceptible for the operation of conventional loads during stop/start operation, electrical variables of the starter motor (5) are measured when current is applied, characteristic reference values are formed from the electrical variables, and when the characteristic reference values are above a critical reference value, it is deduced therefrom that the internal combustion engine (30) has started and the current is no longer applied.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/052273 A2

**Veröffentlicht:**

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

---

Es wird ein Verfahren einer Vorrichtung (2) für einen Startermotor (5) zum Starten einer Brennkraftmaschine (30), insbesondere eines Fahrzeugs, zur Begrenzung eines Betriebsbereichs des Startermotors (5) innerhalb vorgegebener physikalischer Grenzen beschrieben, wobei der elektrische Strom ( $I_{30}$ ) des Startermotors (5) von einer Erfassungsvorrichtung (10) in der Vorrichtung (2) erfasst wird. Um einen Spannungsabfall im Bordnetz eines Kraftfahrzeugs während eines Start-Stopp-Betriebs für einen Betrieb herkömmlicher Verbraucher unmerklich erscheinen zu lassen, werden elektrische Größen des Startermotors (5), bei Strombeaufschlagung gemessen, aus den elektrischen Größen charakteristische Vergleichswerte gebildet werden und wenn die charakteristischen Vergleichswerte über einem kritischen Vergleichswert liegen, daraus abgeleitet wird, dass die Brennkraftmaschine (30) gestartet ist und die Strombeaufschlagung abgeregelt wird.

5 Beschreibung

Titel

Verfahren und Vorrichtung zum Starten einer Brennkraftmaschine und Wechselschaltvorrichtung

10

Stand der Technik

15

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren einer Vorrichtung für einen Startermotor zum Starten einer Brennkraftmaschine, insbesondere eines Fahrzeugs, zur Begrenzung eines Betriebsbereichs des Startermotors innerhalb vorgegebener physikalischer Grenzen, wobei der elektrische Strom des Startermotors von der Erfassungsvorrichtung in der Vorrichtung erfasst wird. Die Erfindung bezieht sich ferner auf eine Vorrichtung für einen Startermotor einer Brennkraftmaschine, insbesondere eines Fahrzeugs, zur Begrenzung eines Betriebsbereichs des Startermotors innerhalb vorgegebener physikalischer Grenzen mit einer Erfassungsvorrichtung und einer Auswerte- und Steuervorrichtung für elektrische Größen. Die Erfindung bezieht sich auf ein Computerprogrammprodukt und eine Wechselschaltvorrichtung für ein Startsystem mit einer Startvorrichtung, die eine Startersteuerung, einen Startermotor umfasst und mindestens Leitungsanschlüsse für mindestens drei Teilnetze eines Bordnetzes aufweist.

20

25

Eine Startvorrichtung mit einem Startermotor setzt bei einem Startwunsch eines Anwenders eine Brennkraftmaschine in einem Fahrzeug in Bewegung bis die Brennkraftmaschine selbst läuft. Danach wird der Startermotor ausgeschaltet. Das Ausschalten des Startermotors wird entweder durch den Anwender, den Fahrer, selbst durch Loslassen des Zündschlüssels oder mittels einer Steuervorrichtung, die das Erreichen einer Mindestdrehzahl der Brennkraftmaschine detektiert, oder nach Erreichen einer maximalen Zeitdauer bestimmt.

30

35

Es ist ferner folgender Stand der Technik bekannt.

5 Die DE 100 29 714 A1 beschreibt eine Startvorrichtung für eine Verbrennungs-  
maschine mit einem Startermotor, einer Spannungsversorgung und einer An-  
steuerung für den Startermotor. Die Ansteuerung umfasst ein  
10 Steuergerät und eine Leistungsschaltelronik. Sensoren zur Erfassung physi-  
kalischer, für die Startleistung des Startermotors relevanter Parameter, insbe-  
sondere der Drehzahl, des Drehmoments und der Stromaufnahme vom Starter-  
motor sind vorgesehen, um die Start-Kennlinie des Startermotors innerhalb zu-  
15 lässiger Grenzwerte der physikalischen Parameter anzusteuern.

Die DE 10 2006 039 112 A1 beschreibt ein einfaches und kostengünstiges Ver-  
fahren zur Berechnung der Drehzahl eines Startermotors zum Starten von  
Verbrennungsmotoren aus verschiedenen elektrischen Größen, wie Klemmen-  
15 und/oder Bürstenspannung und /oder Ankerspannung des Startermotors, um in  
einem Start-Stopp-Betrieb in einen auslaufenden Zahnkranz einer Brennkraftma-  
schine mit synchroner Drehzahl mit einem Starterritzel des Startermotors einzu-  
spuren.

20 Die DE 10 2008 040 681 A1 beschreibt ein Verfahren und eine Startersteuerung  
zum Starten einer Brennkraftmaschine mittels eines Startermotors, wobei ein  
Starterstrom im Startvorgang von der Startersteuerung definiert geregelt wird, um  
einen Spannungseinbruch während eines Wiederstarts einer Brennkraftmaschine  
in einem Start-Stopp-Betrieb zu verhindern.

25 Es ist Aufgabe der Erfindung ein Verfahren, eine Vorrichtung, ein Computerpro-  
grammprodukt und eine Wechselschaltvorrichtung der eingangs genannten Art  
derart weiterzubilden, so dass ein Spannungsabfall im Bordnetz eines Kraftfahr-  
zeugs während eines Start-Stopp-Betriebs für einen Betrieb herkömmlicher  
30 Verbraucher unmerklich wird.

Offenbarung der Erfindung

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch den Gegenstand der Patentansprüche 1, 7, 8 und 9 gelöst. Die abhängigen Ansprüche definieren bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung.

5 Es ist ein Gedanke der Erfindung den Startermotor im Start-Stopp-Betrieb zum Wiederstart der Brennkraftmaschine mit einer höheren Spannung als der sonst üblichen Bordnetzspannung von ca. 12 Volt zu beaufschlagen, um einen Spannungseinbruch deutlich unter 12 Volt im Brodnetz zu vermeiden. Die höhere Spannung kann durch Speisung des Startermotors beispielsweise aus einer sekundären Stromquelle oder durch einen Hochsetzsteller, wie einen DC/DC-Wandler erfolgen, wenn die Bordnetzspannung niedriger ist.

Die Aufgabe wird also durch eine Wechselschaltvorrichtung für ein Startsystem dadurch gelöst, dass mittels der Wechselschaltvorrichtung der Startermotor mit verschiedenen Spannungen beaufschlagbar ist, wobei der Startermotor mittels der Wechselschaltvorrichtung für einen Wiederstart bei Brennkraftmaschinen im Start-Stopp-Betrieb mit einer erhöhten Spannung beaufschlagbar ist. Durch den Einsatz einer höheren Spannung als die üblicherweise eingesetzte Bordnetzspannung bricht die Bordnetzspannung nicht mehr so stark ein, sodass elektrische Verbraucher, die während des Start-Stopp-Betriebs vom Fahrzeuganwender eingeschaltet sind, nicht mehr ausgeschaltet werden, beziehungsweise nicht mehr ungünstig beeinträchtigt werden. Der Wiederstart einer Brennkraftmaschine während eines Start-Stopp-Betriebs kann somit für den Fahrzeuginsassen unmerklich ausgeführt werden.

25 Gemäß einer weiter bevorzugten Ausführungsform umfasst die Wechselschaltvorrichtung eine Prüfvorrichtung, die prüft, ob Verbraucher für den Anwender im Fahrzeug während eines Stopps im Start-Stopp-Betrieb aktiv geschaltet sind und nur im positiven Fall, der Startermotor mit einer erhöhten Spannung zum Wiederstart der Brennkraftmaschine beaufschlagbar ist. Somit wird der Startermotor mit einer erhöhten Spannung, nur in den Fällen belastet, in denen tatsächlich vom Fahrzeuganwender ein unmerklicher Start erwünscht wird. Die Prüfvorrichtung kann beispielsweise prüfen, ob eine Klima- und/oder eine Audio- oder Infotainmentanlage eingeschaltet sind, die eine stabile Bordnetzspannung während eines Wiederstarts der Brennkraftmaschine benötigen.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren dadurch gelöst, das aus elektrischen Größen des Startermotors bei Strombeaufschlagung charakteristische Vergleichswerte gebildet werden und wenn die charakteristischen Vergleichswerte über einem kritischen Vergleichswert liegen, daraus abgeleitet wird, dass die Brennkraftmaschine gestartet ist und die Strombeaufschlagung abgeregelt wird. Somit wird vermieden, dass der Startermotor mit elektrischen Größen betrieben wird, die zu einem hohen Verschleiß und zu einer kurzen Lebensdauer führen. Dadurch ist der Startermotor auch in einem größeren Betriebsspannungsbereich mit einer langen Lebensdauer betreibbar. Ferner kann ein herkömmlicher Starter, der auf einen Betriebsbereich von circa 12 Volt als Bordnetzspannung ausgelegt ist, weiterhin eingesetzt werden. Eine Grundidee der Erfindung ist also nach dem Start der Brennkraftmaschine, sofort ab dem Zeitpunkt, ab dem die Brennkraftmaschine selbständig weiterlaufen kann, den Startermotor bzw. dessen Drehzahl definiert zu regeln und/oder anzusteuern, um die Lebensdauer vor allem des Startermotors zu erhalten, wobei der Startermotor vorzugsweise mit einer höheren Spannung als 12 Volt beaufschlagt wird.

Somit wird vermieden, dass der Startermotor unzulässig hohe Drehzahlen erreicht, die aufgrund einer höheren Spannung erzeugt werden, wenn der Startermotor im Startvorgang nicht mehr von der Brennkraftmaschine belastet wird, weil diese bereits selbst gestartet ist. Die Brennkraftmaschine entlastet den Startermotor, sobald sie den Startermotor überholt, d.h. die Drehzahl der Brennkraftmaschine größer als die Drehzahl des Startermotors ist. In diesem Fall kann der Startermotor auf seine Leerlaufdrehzahl beschleunigt werden.

Um einen Spannungseinbruch unter 12 Volt während eines Start-Stopp-Betriebs sicher zu vermeiden, wird der Startermotor zum Starten der Brennkraftmaschine mit mindestens zwei verschiedenen Spannungen, insbesondere variablen Spannungen, die insbesondere mindestens 30% über der herkömmlichen Bordnetzspannung von 12 Volt liegen, beaufschlagt. Somit ist sichergestellt, dass bei einem Wiederstart der Brennkraftmaschine der Spannungseinbruch reduziert wird. Ein Einfluss auf aktive Verbraucher, deren Unterbrechung der Fahrzeuganwender als störend empfinden würde, wird unterbunden.

Die Aufgabe wird auch durch eine Vorrichtung für einen Startermotor dadurch gelöst, dass die Vorrichtung mit einer Erfassungsvorrichtung und eine Auswert- und Steuervorrichtung für elektrische Größen des Startermotors ausgebildet ist, wobei die Erfassungsvorrichtung eine Strom- und eine Spannungsvorrichtung umfasst, und die Steuervorrichtung eine Leistungsschaltvorrichtung umfasst, um die elektrische Energie des Startermotors steuerbar zu schalten, um insbesondere ein oben beschriebenes Verfahren auszuführen. Somit wird mit einer Vorrichtung, die mehrere Funktionen haben kann, wirksam verhindert, dass ein Startermotor außerhalb seiner zulässigen Betriebsbereiche betrieben wird, was zu einer Zerstörung führen kann. Der Startermotor kann somit bei höheren Spannungslagen wirksam betrieben werden, wobei durch die erfindungsgemäße Vorrichtung verhindert wird, dass zu hohe Leerlaufdrehzahlen erreicht werden. Die Vorrichtung weist somit eine Auswertevorrichtung auf, die aus elektrischen Größen, wie dem Ankerstrom und der angelegten Spannung, eine Drehzahl des Startermotors ableitet, um daraus mittels einer Steuervorrichtung den Startermotor definiert zu bestromen, beziehungsweise um eine definierte Drehzahl zu regeln.

Gemäß einem weiter bevorzugten Verfahren wird aus den charakteristischen Vergleichswerten, insbesondere aus dem gemessenen Strom des Ankers und einer gemessenen Klemmenspannung des Startermotors, eine Drehzahl des Startermotors errechnet und überprüft, ob die Drehzahl unter einer Grenzdrehzahl liegt, im Falle einer Überschreitung der Grenzdrehzahl wird die Strombeaufschlagung abgeregelt. Somit ist der Startermotor auf eine maximale Drehzahl, die als Grenzdrehzahl definiert wird, einstellbar, die verhindert, dass der Startermotor durch Anlegen einer zu hohen Versorgungsspannung eine unzulässig hohe Drehzahl erreicht, die zu einer Beschädigung oder Zerstörung des Startermotors führen kann. Unter Abregeln ist auch zu verstehen, dass der Ankerstrom bevorzugt auch vollständig unterbrochen wird, insbesondere sobald die Brennkraftmaschine gestartet ist, um eine zu hohe Drehzahl zu vermeiden.

Gemäß einem bevorzugten Verfahren wird die Strombeaufschlagung bei Erreichen einer Grenzdrehzahl oder eines kritischen Vergleichswertes abgeregelt. Das heißt, die Strombeaufschlagung wird entweder vollständig unterbrochen, oder gemäß einem weiter bevorzugten Verfahren, wird die Drehzahl des Star-

termotors auf eine Soll-Drehzahl geregelt. Die Drehzahl ergibt sich aus folgender Formel:

$$n = \frac{U_{45} - R_{starter} \cdot I_{30}}{k \cdot \Phi}$$

5

$n$  = die Ankerdrehzahl

$k \cdot \Phi$  = Maschinenkonstante

$R_{starter}$  = Widerstand des Startermotors

$U_{45}$  = die Klemmenspannung des Startermotors

10  $I_{30}$  = Ankerstrom.

Durch Messen und Auswerten der Starterspannung  $U_{45}$  und vom Starterstrom  $I_{30}$  kann die Drehzahl abgeleitet werden. Das physikalische Prinzip dahinter ist, dass der Startermotor bei der Rotation eine induzierte Spannung  $U_{ind}$  erzeugt, die proportional zur Drehzahl ist, daraus folgt folgende Formel:

15

$$U_{ind} = k \cdot \Phi \cdot n$$

Aus den gemessenen elektrischen Größen und bekannten Parametern vom Startermotor kann daraus die induzierte Spannung berechnet werden.

$$U_{ind} = U_{45} - R_{starter} \cdot I_{30}$$

20

Gegebenenfalls kann ein Temperatureinfluss berücksichtigt werden.

Sobald die Brennkraftmaschine den Startermotor überholt, das heißt die Drehzahl der Brennkraftmaschine höher als die Drehzahl des Startermotors ist, kann der Startermotor unbelastet auf seine Leerlaufdrehzahl beschleunigen. Die Leerlaufdrehzahl wird in erster Linie bestimmt durch die anliegende Spannung, die Motorkonstante und seine innere Reibung des Startermotors.

25

Um den Startermotor möglichst effizient einzusetzen und einen hohen Verschleiß beziehungsweise hohen Verbrauch von elektrischer Energie zu vermeiden, wird

der am Startermotor anliegende Starterstrom bei einer gemessenen und ausgewerteten Drehzahl von ca. 450 Umdrehungen pro Minute abgeschaltet.

Vorrichtungen zur Ansteuerung des Startermotors, wie beispielsweise den Startstrom beim Starten einer Brennkraftmaschine zu steuern, sind bekannt,

Die Aufgabe wird deshalb auch durch ein Computerprogrammprodukt gelöst, das in einen Programmspeicher mit Programmbefehlen eines Mikrocomputers ladbar ist, um alle Schritte eines zuvor oder nachfolgend beschriebenen Verfahrens auszuführen, insbesondere wenn das Computerprogrammprodukt in einer oben beschriebenen Vorrichtung oder Steuervorrichtung ausgeführt wird. Dabei ist der Mikrocomputer vorzugsweise Bestandteil der Vorrichtung, wobei die Steuervorrichtung, insbesondere bei einer Mehrzahl von Vorrichtungen in einem System, auch eine Mehrzahl Mikrocomputer und auch Speicher, sowie eine Mehrzahl Computerprogrammprodukte oder auch auf die Mehrzahl der Vorrichtungen verteilt ein realisiertes Computerprogrammprodukt aufweisen kann. Das Computerprogrammprodukt erfordert nur wenige oder keine zusätzlichen Bauteile in der Steuervorrichtung und lässt sich vorzugsweise als ein Modul in einer bereits vorhandenen Steuervorrichtung implementieren. Das Computerprogrammprodukt ist auf einem körperlichen Medium wie einem Speicherchip niederlegbar und hat den weiteren Vorteil, das es leicht an individuelle und bestimmte Kundenwünsche und empirisch ermittelte Werte anpassbar ist, sowie eine Verbesserung oder Optimierung einzelner Verfahrensschritte mit geringem Aufwand kostengünstig möglich ist.

Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen verwendbar sind.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Die Erfindung wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen schematischen Aufbau eines Bordnetzes mit erfindungsgemäßer Vorrichtung,

5 Fig. 2 ein Flussdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 3 ein Zeit-Strom-Drehzahl Diagramm bezüglich verschiedenen Spannungen und

10 Fig. 4 ein Flussdiagramm eines Verfahrens einer Wechselschaltvorrichtung.

Die Fig. 1 zeigt einen schematischen Schaltungsaufbau eines Bordnetzes 1 mit einem Startsystem 20 und zwei elektrischen Energiequellen 8 und 9. Das Startsystem 20 umfasst eine Vorrichtung 2, eine Wechselschaltvorrichtung 3, eine Startersteuerung 22 und einen Startermotor 5 mit einer Einspurvorrichtung 25. Die Einspurvorrichtung 25 rückt zum Starten einer Brennkraftmaschine 30 ein vom Startermotor 5 antreibbares Zahnritzel 26 in einen Zahnkranz 36 der Brennkraftmaschine 30 ein.

20 Die Wechselschaltvorrichtung 3 teilt das Bordnetz 1 in drei Teilnetze A, B und C und weist hierfür drei Leitungsanschlüsse A1, B1 und C1 auf. Ein erstes Teilnetz A mit einer ersten Stromquelle 8 weist eine Spannung von ca. 12 Volt auf. Ein zweites Teilnetz B mit einer Spannungsquelle 9 umfasst eine Spannung höher als 12 Volt, z.B. 20 V und an einem dritten Teilnetz C ist das Startsystem 20 geschaltet, das jeweils mit verschiedenen Spannungen aus den ersten beiden Teilnetzen A, B beaufschlagbar ist.

Die Wechselschaltvorrichtung 3 entscheidet gemäß eines zur Fig. 4 beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahrens, ob der Startermotor 5 mit einer Niederspannung von ca. 12 Volt oder Hochspannung größer 12 Volt beaufschlagt wird. Gegebenenfalls führt eine übergeordnete Steuerung den Entscheidungsschritt aus und steuert die Wechselschaltvorrichtung 3 an.

35 Der Startermotor 5 wird erfindungsgemäß entweder ausschließlich mit einer Spannung von einer Stromquelle beaufschlagt, die eine höhere Spannung als 12

Volt, beispielsweise 16, 20 oder noch mehr Volt aufweist oder bevorzugt wird er aus zwei Stromquellen betriebsbedingt beaufschlagt, wobei die erste Stromquelle 8 im Folgenden „Niederspannungsquelle“ und die zweite Stromquelle 9 als „Hochspannungsquelle“ mit über ca. 12 Volt, beispielsweise 20 Volt, bezeichnet wird. Die Hochspannungsquelle ist vorzugsweise eine Lithiumbatterie oder ein Doppelschichtkondensator mit einer variablen Spannung. Alternativ oder zusätzlich umfasst die Wechselschaltvorrichtung 3 einen DC/DC-Wandler, der die Spannungen für das Teilnetz C mit dem Startermotor 5 hoch- oder herabsetzt.

Die Startersteuerung 22 realisiert mindestens zwei Schaltfunktionen. In einer ersten Funktion schaltet die Startersteuerung 22 den Stromkreis des Startermotors 5 und der Einspurvorrichtung 25 bei einem sogenannten Schlüsselstart, wenn die Brennkraftmaschine 30 aus einem kalten Zustand, sogenannten Kaltstart, gestartet werden soll. Hierfür kann ein vom Fahrzeugführer aktivierbarer Startknopf oder eine Zündschlüsselumdrehung vorgesehen sein. Der Stromkreis wird nach dem Start der Brennkraftmaschine entweder manuell oder elektronisch gesteuert, beispielsweise durch Zeitablauf oder nach Erreichen einer Mindestdrehzahl der Brennkraftmaschine, unterbrochen.

Eine zweite Funktion erfährt die Startersteuerung 22 in einem Start-Stopp-Betriebe einer Brennkraftmaschine 30. Hier wird eine kurz vorher betriebene Brennkraftmaschine 30 nach bestimmten Kriterien wieder gestartet ohne das vom Fahrzeugführer ein Signal erfolgt. Die Startersteuerung 22 kann für die erste und zweite Funktion jeweils einen separaten, parallelen Strompfad mit Schaltern und gegebenenfalls einer Steuerelektronik aufweisen. In der Fig. 1 ist aus Gründen der Vereinfachung eine Startersteuerung 22 mit einem Leistungsschalter 4 eingezeichnet. Die Startersteuerung 22 umfasst also für beide Funktionen einen Leistungsschalter 4, der von einer Steuerelektronik 7 angesteuert wird.

Die Vorrichtung 2 ist in Serie zur Startersteuerung 22 geschaltet und weist einen weiteren Schalter 6 im Stromkreis des Startermotors 5 auf, der wie in der Fig. 1 dargestellt, zum Schalter 4 seriell geschaltet ist. In besonderen Ausführungsformen können die Schalter 4 und 6 zu einem Schalter zusammengelegt sein und die Startersteuerung 22 die Vorrichtung 2 mitumfassen. Die Schalter 4 und 6 sind

entweder Relais oder elektronische Leistungsschalter wie beispielsweise MOS-FETs.

5 Die Vorrichtung 2 umfasst eine Strommessvorrichtung 10, um den Ankerstrom  $I_{30}$  des Startermotors 5 und eine Spannungsmessvorrichtung 11, um die am Startermotor 5 anliegende Spannung  $U_{45}$  zu erfassen. Die Vorrichtung 2 weist ferner einen Mikrocomputer mit einem Programmspeicher 13 auf, der als Auswerte- und Steuervorrichtung 12 in der Vorrichtung 2 eingesetzt ist, um aus den gemessenen elektrischen Größen gemäß einem Rechenalgorithmus die tatsächliche  
10 Drehzahl  $n$  des Startermotors 5 zu errechnen und auszuwerten und somit zu prüfen, ob der Startermotor 5 innerhalb eines zulässigen Drehzahlbereichs arbeitet. Sollte der Startermotor 5 eine Grenzdrehzahl  $n_{\text{Grenz}}$  beziehungsweise einen charakteristischen Vergleichswert, der aus elektrischen Größen gebildet wird, überschreiten, so wird der Mikrocomputer als Steuervorrichtung 12 aktiv, indem der  
15 grundsätzlich geschlossene Schalter 6 den Strom für den Startermotor 5 durch zumindest zeitweises Öffnen begrenzt oder vollständig unterbricht. Somit wird vermieden, dass der Startermotor 5 unzulässig hohe Drehzahlen  $n$  von beispielsweise über ca. 450 U/min. erreicht. Die Vorrichtung 2, die Wechselschaltvorrichtung 3 und die Startersteuerung 22 sind bevorzugt als separate Vorrichtungen ausgebildet. Alternativ sind die Vorrichtungen ganz oder teilweise zu-  
20 sammengefasst ausgeführt. Der Startermotor 5 wird somit geschont und kann mit höheren Spannungen betrieben werden, die einen Spannungseinbruch beim Starten der Brennkraftmaschine 5 unmerklich erscheinen lassen.

25 Die Fig. 2 zeigt ein Flussdiagramm, wie es als erfindungsgemäßes Verfahren von der Vorrichtung 2 ausgeführt wird. Zu einem beliebigen Zeitpunkt wird in einem Schritt S1 der Startermotor 5 durch Schließen des Schalters 4 bestromt. Der Schalter 6 ist dabei entweder bereits geschlossen oder wird nun zeitgleich mit oder kurz nach Schalter 4 geschlossen, sodass der Startermotor 5 mit Spannung beaufschlagt wird. Die Wechselschaltvorrichtung 3, die entweder von der Nieder-  
30 spannungsquelle 8 oder der Hochspannungsquelle 9 elektrischen Strom zuschalten kann, beaufschlagt das Verbraucherteilnetz C im Start-Stopp-Betrieb einer Brennkraftmaschine bevorzugt mit Hochspannung von der Spannungsquelle 9.

In einem folgenden Schritt S2 wird die Vorrichtung 2 aktiv geschaltet. Alternativ kann die Vorrichtung 2 bei Beaufschlagung des Startermotors mit einer Spannung sowohl mit Hochspannung als auch bei Niederspannung aktiviert sein.

5 In einem Schritt S3 beginnen die Strom- und Spannungsmessvorrichtung 10 und 11 den Ankerstrom  $I_{30}$  und die angelegte Spannung  $U_{45}$  am Startermotor 5 zu erfassen und zu messen.

10 In einem folgenden Schritt S4 wird aus dem Strom  $I_{30}$  und der erfassten Spannung  $U_{45}$  die Drehzahl  $n$  gemäß folgender Formel berechnet,

$$n = \frac{U_{45} - R_{\text{starter}} \cdot I_{30}}{k \cdot \Phi}$$

15 wobei  $R_{\text{starter}}$  als Innenwiderstand des Startermotors 5 vorher bekannt ist und  $k \cdot \Phi$  als Maschinenkonstante ebenfalls bekannt ist. Gegebenenfalls wird der Temperatureinfluss mit einem aus dem Stand der Technik bekannten Rechenalgorithmus berücksichtigt.

20 Die Steuervorrichtung 12 geht anschließend in einen Abfrageschritt A5 über, in dem überprüft wird, ob die errechnete Drehzahl  $n$  unter oder über einer kritischen Grenzdrehzahl  $n_{\text{Grenz}}$  liegt. Bei Überschreiten einer kritischen Grenzdrehzahl  $n_{\text{Grenz}}$  von beispielsweise 450 Umdrehungen pro Minute geht die Steuervorrichtung 12 in Schritt S6 über.

25 Im Schritt S6 wird der Schalter 6 betätigt, sodass der Schalter ausgeschaltet ist und der Startermotor 5 mit Strom nicht mehr beaufschlagt wird. Grundsätzlich wird davon ausgegangen oder überprüft, ob bei einer solch hohen Grenzdrehzahl  $n_{\text{Grenz}}$  der Startermotor 5 die Brennkraftmaschine 30 gestartet hat und diese nun selbstständig läuft, sodass die Steuervorrichtung 12 zum Schritt S7 übergeht.

30 Im Schritt S7 wird der Schalter S4 ausgeschaltet und der Schalter 6 wieder stromleitend geschlossen oder wahlweise ebenfalls offen gelassen.

Liegt bei der Abfrage A5 die Drehzahl  $n$  unter der Grenzdrehzahl  $n_{\text{Grenz}}$ , so wird zu einem Abfrageschritt A8 übergegangen, indem abgefragt wird, ob die Brennkraftmaschine 30 gestartet ist.

5 Ist dies der Fall, so geht die Steuervorrichtung 12 wieder in Schritt S7 über, wenn dies nicht der Fall ist, so wird in einem optionalen Schritt S9 der Startermotor 5 mit Strom geregelt, sodass die Spannungseinbrüche beim Starten der Brennkraftmaschine 30 minimiert sind. Eine Stromregelung ist eventuell deshalb notwendig, um den Startermotor 5 unter einer Grenzdrehzahl  $n_{\text{Grenz}}$  zu halten. Der  
10 Verfahrensablauf springt wieder zur Abfrage A5.

Die Fig. 3 zeigt ein Zeit-Strom-Drehzahldiagramm für drei verschiedene Spannungen  $U_{12}$ ,  $U_{16}$ ,  $U_{20}$ . Die Stromkennlinienverläufe  $I_{12}$ ,  $I_{16}$ ,  $I_{20}$  und die Drehzahlverläufe  $n_{12}$ ,  $n_{16}$ ,  $n_{20}$  des Startermotors 5 sind jeweils für 12 Volt, 16 Volt und 20 Volt  
15 eingezeichnet. Für 12 Volt ist die Stromkennlinie  $I_{12}$  jeweils als eine durchgängige Kennlinie gezeichnet, für 16 Volt eine gestrichelte Linie  $I_{16}$  und für 20 Volt eine Strichpunktlinie  $I_{20}$ .

Zu einem Zeitpunkt  $t_0$  wird der Startermotor 5 bestromt. Dabei steigt bei 12 Volt  
20 angelegter Spannung kurzzeitig der Starterstrom  $I_{12}$  auf – in diesem Beispiel - bis zu 800 Ampere. Dabei steigt die Drehzahl  $n_{12}$  bis zum Zeitpunkt  $t_3$  wellenförmig aufgrund des kompressions- und dekompressions- Verhaltens der Zylinder in der Brennkraftmaschine 30 auf circa 200 bis 250 Umdrehungen an. Zu einem Zeitpunkt  $t_5$  überholt die Brennkraftmaschine 30 den Startermotor 5 in der Drehzahl,  
25 da hier die erste Zündung erfolgt ist, sodass der Startermotor 5 die Brennkraftmaschine 30 erst bei einer Umdrehung zum Zeitpunkt  $t_6$  mit 300 Umdrehungen pro Minute kurzzeitig wieder einholt. Danach beschleunigt die Brennkraftmaschine 30 ihre Drehzahl deutlich schneller als der Startermotor 5. Aufgrund seiner  
30 Bauart und der Höhe der anliegenden Spannung, kommt der Startermotor 5 nicht über eine Drehzahl von circa 420 Umdrehungen pro Minute zum Zeitpunkt  $t_7$  hinaus, während die Brennkraftmaschine bereits Leerlaufdrehzahlen im Bereich von 800 bis 900 Umdrehungen pro Minute erreicht hat. Danach wird der Startermotor 5 ausgeschaltet und der Starterritzel 26 aus einem Zahnkranz 36 der Brennkraftmaschine 30 ausgespurt.

35

Mit gestrichelten Linien sind die Stromkennlinie  $I_{16}$  und die Drehzahlkennlinie  $n_{16}$  bei der Spannung von 16 Volt eingezeichnet. Zum Zeitpunkt  $t_0$  wird bei einer Spannung von 16 Volt hier eine Stromspitze  $I$  von circa 1100 Ampere erreicht, die danach abfällt. Der Startermotor 5 beschleunigt deutlich schneller die Brennkraftmaschine 30 als bei der Spannung  $U_{12}$ , sodass bereits im Zeitpunkt  $t_3$  der deutlich vor dem Zeitpunkt  $t_4$  liegt, der erste obere Zündtotpunkt erreicht wird. Da die Brennkraftmaschine 30 deutlich schneller als der Startermotor 5 beschleunigt, erreicht der Startermotor 5 bereits zum Zeitpunkt  $t_4$  eine obere Grenzdrehzahl  $n_{\text{Grenz}}$  von ca. 450 Umdrehungen pro Minute am zweiten Zündtotpunkt der Brennkraftmaschine 30 mit der Drehzahlkennlinie  $n_{16}$ . Aufgrund der höheren Spannung  $U_{16}$  von 16 Volt würde die Drehzahlkennlinie  $n_{16}^*$  des Startermotors 5 auf eine Drehzahl  $n^*$  bis zum Zeitpunkt  $t_7$  600 Umdrehungen pro Minute erreichen. Dies ist eine Drehzahl  $n^*$ , für die der Startermotor 5 herkömmlicherweise nicht ausgelegt ist und die bei längerem Einsatz den Startermotor 5 unzulässig belastet und somit die Lebensdauer einschränkt. Deshalb wird erfindungsgemäß zum Zeitpunkt  $t_4$  mittels der Vorrichtung 2 über die Steuervorrichtung 12 und dem Schalter 6 der Strom für den Startermotor 5 unterbrochen.

Somit wird bereits bei 16 Volt das herkömmliche Bordnetz mit in der Fig.1 nicht gezeigten Verbrauchern von 12 Volt weniger belastet, da der Spannungseinbruch niedriger ist und gleichzeitig ein herkömmlicher Startermotor 5 eingesetzt werden kann, wobei seine Drehzahl  $n$  durch die Vorrichtung 2 begrenzt wird.

Mittels Strichpunktlinie sind einmal der Starterstrom  $I_{20}$  und die dazugehörige Drehzahlkennlinie  $n_{20}$  bei einer Beaufschlagung des Startermotors 5 mit 20 Volt eingezeichnet. Zum Zeitpunkt  $t_0$  steigt der Starterstrom  $I_{20}$  in der Spitze bis zu fast 1400 Ampere an und fällt danach ab. Der Startermotor 5 erreicht hier bereits am unteren Totpunkt eine Drehzahl von circa 450 Umdrehungen pro Minute zum Zeitpunkt  $t_1$ . Dies reicht aus, um die Brennkraftmaschine 30 zum Zeitpunkt  $t_2$  mit dem ersten oberen Zündtotpunkt zu starten, sodass die Brennkraftmaschine 30 sehr schnell auf die Leerlaufdrehzahl von circa 800 Umdrehungen und mehr pro Minute bereits zum Zeitpunkt  $t_4$  kommt. Mit gestrichelter Linie und Doppelpunkten ist der Drehzahlverlauf  $n_{20}^*$  eingezeichnet, wenn die Vorrichtung 2 im Bordnetz 1 weggelassen werden würde. Der Startermotor 5 würde somit sehr schnell bis zum Zeitpunkt  $t_7$  auf eine Drehzahl  $n_{20}^*$  von circa bis zu 800 Umdrehungen pro

Minute beschleunigen. Zum Zeitpunkt  $t_2$  reduziert sich die Drehzahl  $n_{20}$  des Startermotors 5 proportional zur Zeit, da dieser stromlos geschaltet ist. Der Abschaltzeitpunkt  $t_2$  des Starterstroms  $I_{20}$  kann auch vom Erreichen eines oberen Zündtotpunkts der Brennkraftmaschine 30 abhängig gemacht werden, um einen sicheren Start zu gewährleisten.

Die Fig. 4 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrensablaufs wie er von einer Vorrichtung oder der Startersteuerung 22 mit einer Wechselschaltvorrichtung 3 durchlaufen wird. In einem Schritt S10 wird die Information an die Startersteuerung 22 gegeben, die Brennkraftmaschine zu starten.

In einen Abfrageschritt A20 wird geprüft, ob es sich um einen Start-Stopp-Betrieb handelt. Ist dies nicht der Fall, liegt also ein sogenannter Kaltstart vor, so wird der Startermotor 5 von der Niederspannungsquelle 8 mit Strom beaufschlagt und die Brennkraftmaschine 30 auf herkömmliche Weise, wie aus dem Stand der Technik bekannt, in einem Schritt S30 gestartet.

Soll ein Start im Start-Stopp-Betrieb erfolgen, so wird in einem zweiten Abfrageschritt A40 geprüft, ob ein Verbraucher für die Fahrzeuginsassen aktiv ist. Ist dies nicht der Fall so geht das Verfahren in Schritt 30 über, da ein Spannungseinbruch von den Fahrzeuginsassen nicht wahrgenommen wird.

Ist mindestens ein Verbraucher aktiv, der von einem Spannungseinbruch beeinträchtigt wird und geschädigt werden könnte oder wenn der Spannungseinbruch von Fahrzeuginsassen als störend empfunden werden könnte, so schaltet die Wechselschaltvorrichtung 3 auf die Hochspannungsquelle 9 in einem Schritt S50 um, so dass die Startvorrichtung 20 mit einer höheren Spannung als 12 Volt beaufschlagt wird. Anschließend wird das Verfahren wie in Fig. 2 beschrieben mit Schritt S1 folgend durchlaufen. Alle Figuren zeigen lediglich schematische nicht maßstabgerechte Darstellungen. Im Übrigen wird insbesondere auf die zeichnerischen Darstellungen für die Erfindung als wesentlich verwiesen.

## Ansprüche

- 5  
10  
15  
20  
25  
30
1. Verfahren einer Vorrichtung (2) für einen Startermotor (5) zum Starten einer Brennkraftmaschine (30), insbesondere eines Fahrzeugs, zur Begrenzung eines Betriebsbereichs des Startermotors (5) innerhalb vorgegebener physikalischer Grenzen, wobei der elektrische Strom ( $I_{30}$ ) des Startermotors (5) von einer Erfassungsvorrichtung (10) in der Vorrichtung (2) erfasst wird, wobei elektrische Größen des Startermotors (5), bei Strombeaufschlagung gemessen werden, aus den elektrischen Größen charakteristische Vergleichswerte gebildet werden und wenn die charakteristischen Vergleichswerte über einem kritischen Vergleichswert liegen, daraus abgeleitet wird, dass die Brennkraftmaschine (30) gestartet ist und die Strombeaufschlagung abgeregelt wird.
  2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus den charakteristischen Vergleichswerten die Drehzahl ( $n$ ) des Startermotors (5) errechnet und überprüft wird, ob die Drehzahl ( $n$ ) unter einer Grenzdrehzahl ( $n_{\text{Grenz}}$ ) liegt und im Fall einer Überschreitung der Drehzahl ( $n$ ) die Strombeaufschlagung abgeregelt wird.
  3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach einer erfolgten Zündung der Brennkraftmaschine (30), insbesondere nach Erreichen eines oberen Zündtotpunkts der Brennkraftmaschine (30) der Startermotor (5) abgeregelt wird.
  4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass**, das die Drehzahl ( $n$ ) des Startermotors (5) auf eine Grenzdrehzahl ( $n_{\text{Grenz}}$ ) geregelt wird, wobei insbesondere die Drehzahl ( $n$ ) mit der Formel
 
$$n = \frac{U_{45} - R_{\text{starter}} \cdot I_{30}}{k \cdot \Phi}$$
 berechnet wird, wobei ( $n$ ) die Ankerdrehzahl,  $k \cdot \Phi$  die Maschinenkonstante,  $R_{\text{starter}}$  der Widerstand des Startermotors,  $U_{45}$  die Klemmenspannung und  $I_{30}$  = Ankerstrom ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Startermotor (5) zum Startern der Brennkraftmaschine (30) mit mindestens zwei verschiedenen Spannungen, insbesondere variablen Spannungen, die insbesondere mindestens 30% über der Spannung von 12 V liegen, beaufschlagt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Starterstrom vom Startermotor (5) bei einer Drehzahl (n) von ca. 450 U/min. abgeschaltet wird.
7. Vorrichtung (2) für einen Startermotor (5) einer Brennkraftmaschine (30), insbesondere eines Fahrzeugs, zur Begrenzung des Betriebsbereichs des Startermotors (5) innerhalb vorgegebener physikalischer Grenzen, mit einer Leistungsschaltvorrichtung, einer Erfassungsvorrichtung und einer Auswert- und Steuervorrichtung für elektrische Größen, wobei die Erfassungsvorrichtung eine Strom- und eine Spannungsmessvorrichtung (10,11) umfasst und die Steuervorrichtung (12) eine Schaltvorrichtung aufweist, um die elektrische Energie des Startermotors (5) steuerbar zu schalten, um insbesondere ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6 auszuführen.
8. Computerprogrammprodukt, das in einen Programmspeicher (13) mit Programmbefehlen eines Mikrocomputers ladbar ist, um alle Schritte eines Verfahrens nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 6 auszuführen, insbesondere wenn das Computerprogrammprodukt in Steuervorrichtung (12) nach Anspruch 7 oder einer Wechselschaltvorrichtung (3) nach Anspruch 9 ausgeführt wird.
9. Wechselschaltvorrichtung (3) für ein Startsystem (20) mit einer Startvorrichtung, die eine Startersteuerung (22), einen Startermotor (5) umfasst und mindestens Leitungsanschlüsse (A1, B1, C1) für mindestens drei Teilnetze eines Bordnetzes (1) aufweist, wobei mittels der Wechselschaltvorrichtung (3) der Startermotor (5) mit verschiedenen Spannungen beaufschlagbar ist, und der Startermotor (5) mittels der Wechselschaltvorrichtung (3) für einen Wiederstart der Brennkraftmaschine (30) im Start-Stopp-Betrieb mit einer erhöhten Spannung beaufschlagbar ist.

5

10. Wechselschaltvorrichtung (3) nach Anspruch 9, wobei die Wechselschaltvorrichtung (3) eine Prüfvorrichtung umfasst, die prüft, ob Verbraucher für den Anwender während eines Stopps im Start-Stopp-Betrieb aktiv geschaltet sind und nur im positiven Fall, der Startermotor (5) mit einer erhöhten Spannung zum Wiederstart der Brennkraftmaschine (30) beaufschlagbar ist.

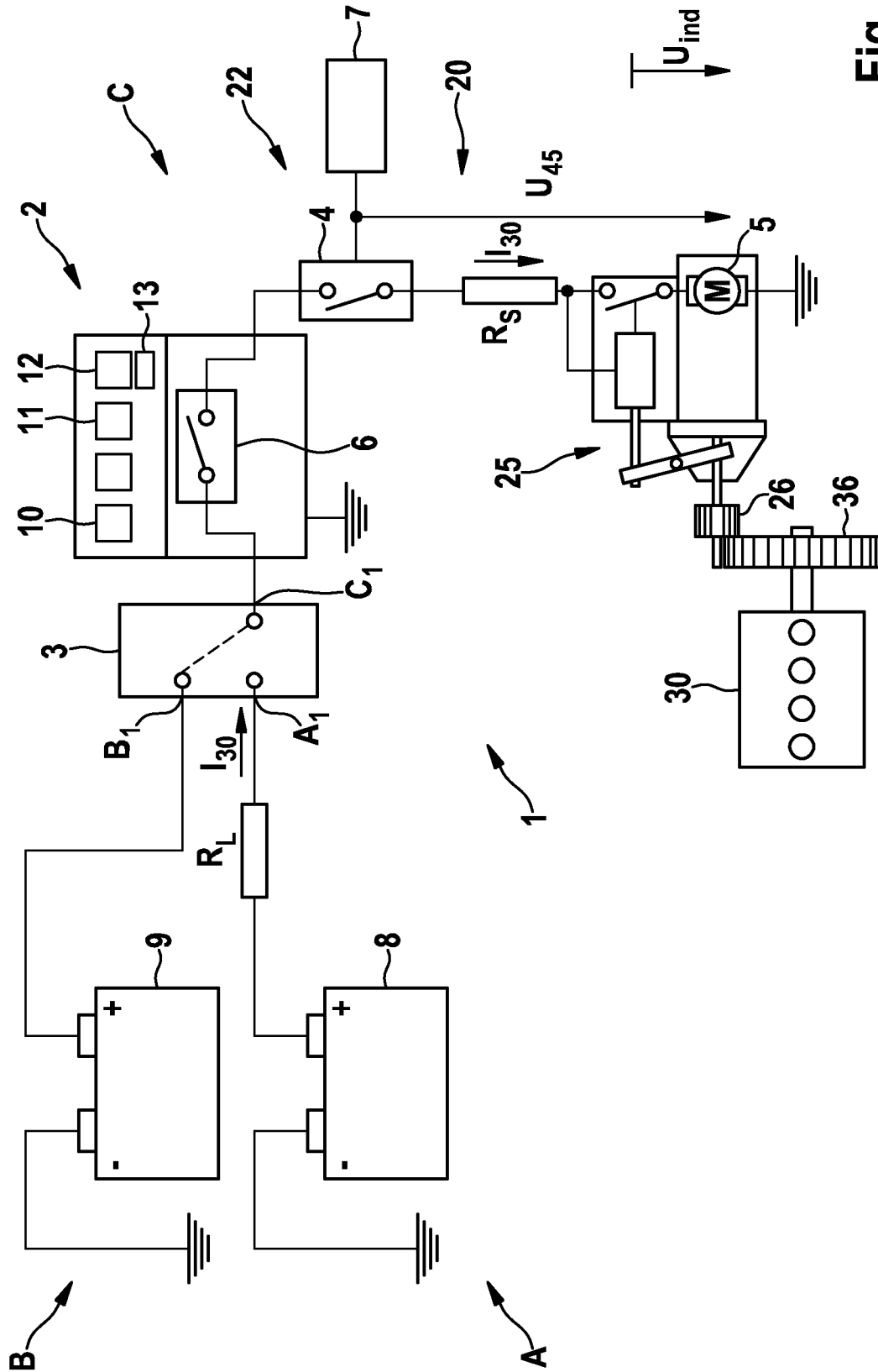


Fig. 1

2 / 4

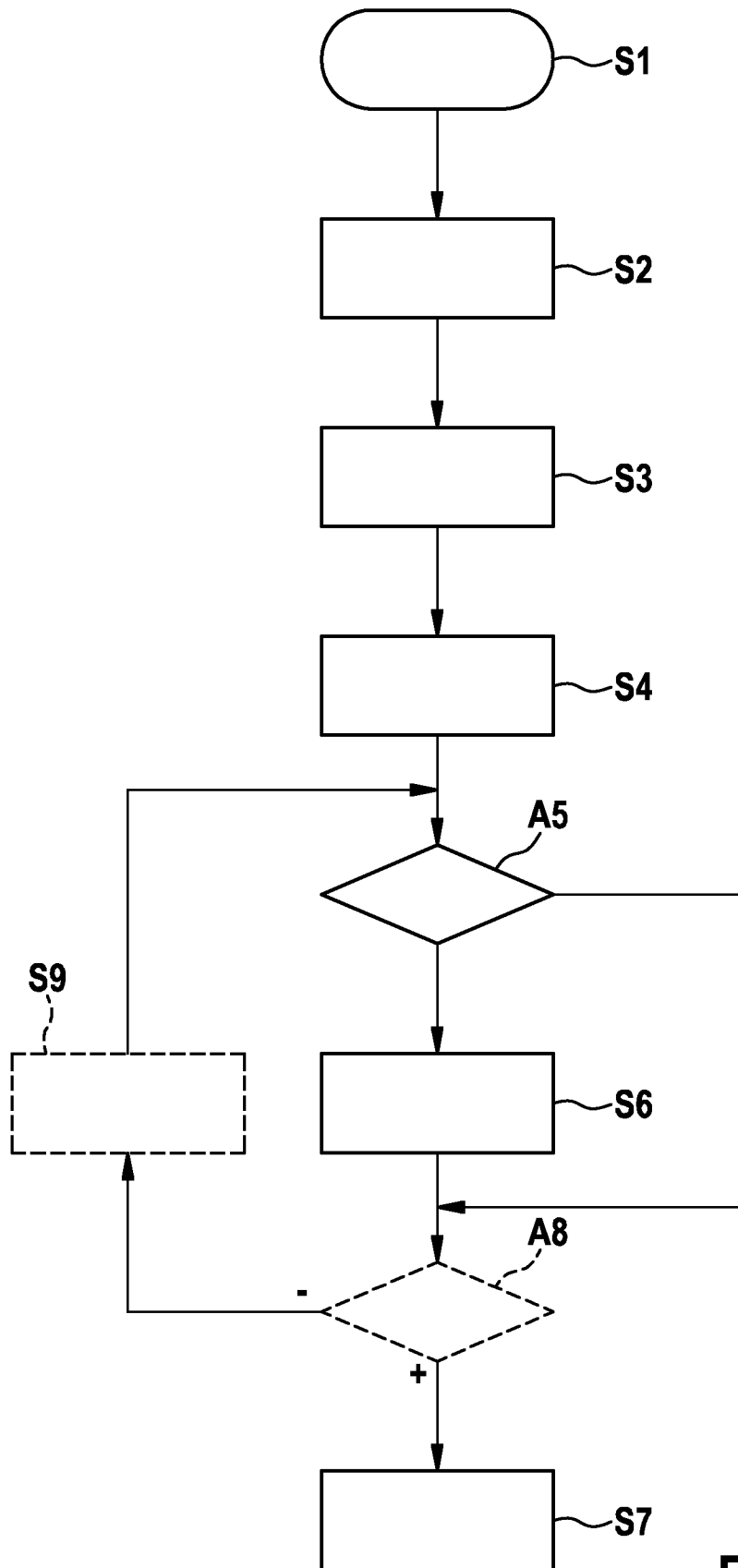


Fig. 2

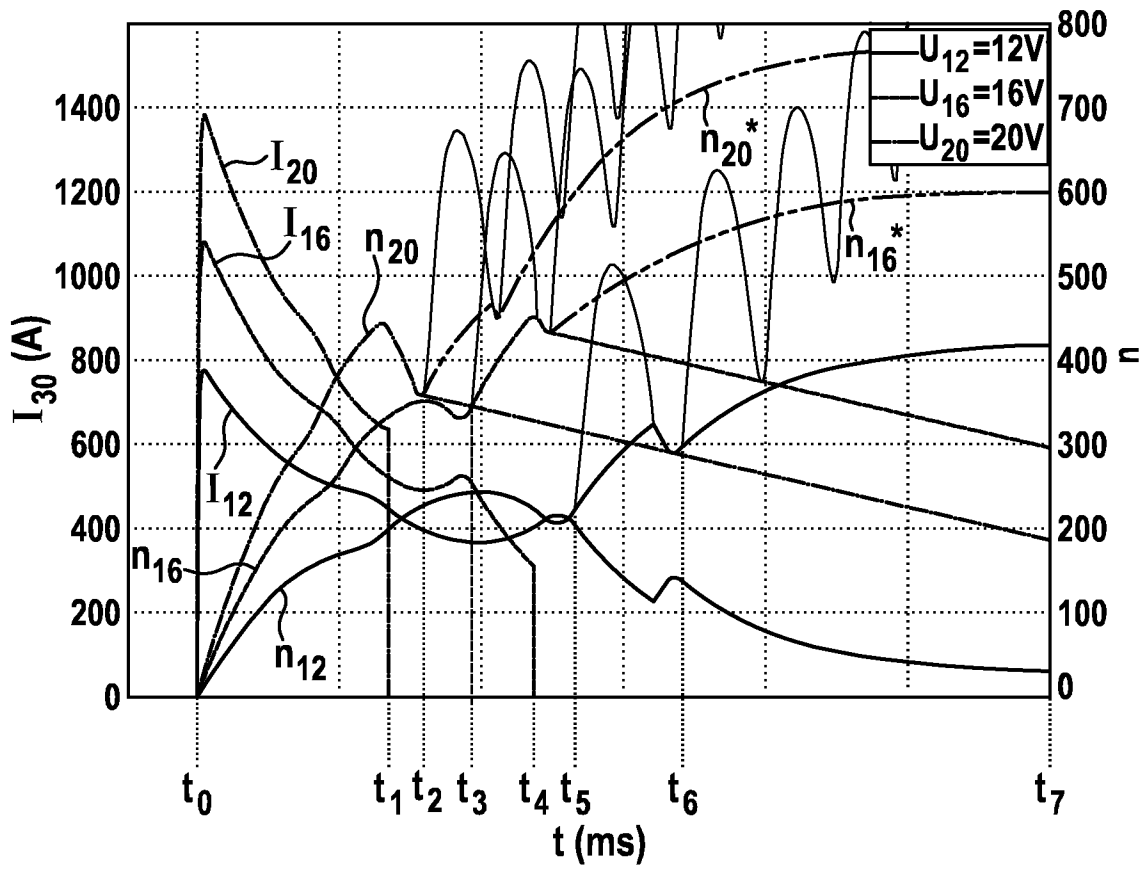


Fig. 3

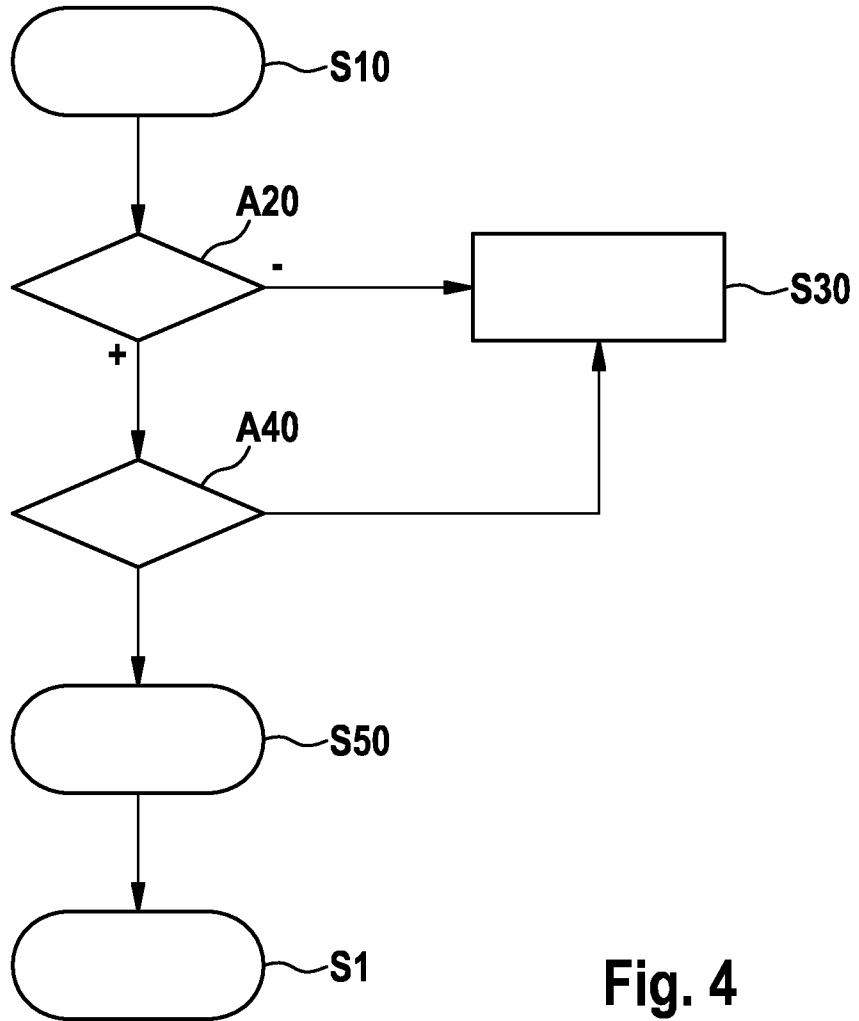


Fig. 4