

(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
20. Dezember 2012 (20.12.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/171683 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/057286
- (22) Internationales Anmeldedatum:
20. April 2012 (20.04.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2011 077 718.0 17. Juni 2011 (17.06.2011) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **ZOTT, Christian** [DE/DE]; Oberer Kallmatenweg 25, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE). **MORRISON, Philipp** [DE/DE]; Rettistr. 2, 71636 Ludwigsburg (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, 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).

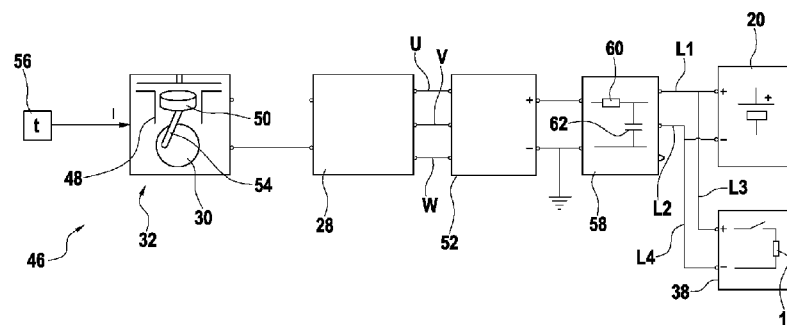
Veröffentlicht:

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

(54) Title: METHOD FOR OPERATING AN ELECTRICAL POWER SUPPLY ARRANGEMENT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER ELEKTRISCHEN ENERGIEVERSORGUNGSANORDNUNG

Fig. 2



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for operating an electrical power supply arrangement (46), particularly in a motor vehicle (10). Said electrical power supply arrangement (46) has a generator (28) which is driven by a drive unit (32), particularly an internal combustion engine (32), and in which alternating voltages are induced that produce currents. These currents are conducted, by means of a rectifier (52), to at least one electrical load (38) and/or an electrical store (34): the torque (t) of the drive unit (32) is kept substantially constant, and the rotational speed (d) of the drive unit (32) varies depending on a load torque on said drive unit (32) that is produced by the generator (28).

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer elektrischen Energieversorgungsanordnung (46) insbesondere in einem Kraftfahrzeug (10). Die elektrische Energieversorgungsanordnung

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(46) weist einen von einer Antriebseinheit (32) insbesondere einer Brennkraftmaschine (32) angetriebenen Generator (28) auf, in dem Wechselspannungen induziert werden, die Ströme erzeugen. Die Ströme werden über einen Gleichrichter (52) zu wenigstens einem elektrischen Verbraucher (38) und/oder einen elektrischen Speicher (34') geleitet. Das Drehmoment (t) der Antriebseinheit (32) wird im Wesentlichen konstant gehalten. Die Drehzahl (d) der Antriebseinheit (32) variiert in Abhängigkeit eines durch den Generator (28) erzeugten Lastmoments auf die Antriebseinheit (32).

Beschreibung

5 Titel

Verfahren zum Betreiben einer elektrischen Energieversorgungsanordnung

Die Erfindung betrifft allgemein ein Verfahren zum Betreiben einer elektrischen Energieversorgungsanordnung insbesondere in einem Kraftfahrzeug.

10

Stand der Technik

Elektrofahrzeuge, die von einer elektrischen Maschine angetrieben werden, sind aus dem Stand der Technik bekannt. Die elektrische Maschine bezieht ihre Energie aus einer Fahrzeugbatterie, die von der Fahrzeugbatterie entnommene Gleichspannung wird durch eine Pulswechselrichter in eine Wechselspannung umgewandelt, die der elektrischen Maschine zugeführt wird. Die Reichweite bekannter Elektrofahrzeuge wird durch die Kapazität der Fahrzeugbatterie beschränkt. Es gibt verschiedene Ansätze, die begrenzte Reichweite zu steigern. Ein Konzept zur Steigerung der Reichweite eines Elektrofahrzeugs besteht durch Range Extender (Reichweitenverlängerer). Bei einem Range Extender handelt es sich üblicherweise um eine Brennkraftmaschine, die einen Generator antreibt. Diese zusätzlich vom Range Extender zur Verfügung gestellte elektrische Energie kann in Abhängigkeit von der Strategie des Fahrzeugbetriebs zur Ladung der Fahrzeugbatterie verwendet werden oder auch direkt dem Motorkreislauf des Fahrzeugs zugeführt werden.

Aus dem Stand der Technik ist die Gleichrichtung des von einer derartigen Brennkraftmaschine-Generator-Einheit mittels aktiven Leistungselektronik-Bauelementen (IGBT, Thyristoren, z.B. Impulswechselrichter/Inverter) oder mit passiven Leistungselektronikbauelementen (z.B. Dioden in einer B6-Brücke) bekannt.

Aus dem Stand der Technik ist ferner eine Regelung der Spannung des von der Brennkraftmaschine-Generator-Einheit erzeugten Gleichstroms, z.B. durch Steuerung/Regelung der Drehzahl der Brennkraftmaschine bekannt. Diese bekannte Lösung hat den Nachteil, dass die Sollgröße der Spannung bzw. der Drehzahl aufwendig aus dem aktuellen Zustand des Hochvolt-Netzes (Batterie-Spannung, Stromstärke zu

Verbrauchern oder abgegebener Leistung, SOC, etc.) und der maximal erzeugbaren Leistung des Generators ermittelt werden muss. So ist beispielsweise die Vorgabe einer stets konstanten Soll-Drehzahl oder Spannung (Festwertregelung) dann nicht sinnvoll, wenn die aktuell abgerufene Leistung aus der Fahrzeugbatterie die maximale Leistung der Brennkraftmaschine-Generator-Einheit übersteigt und somit ein Abfall der Generator-Drehzahl unvermeidlich ist. Dieser Fall ist insbesondere deshalb relevant, weil gängige Range-Extender-Konzepte häufig vorsehen, die Range-Extender-Generatoren mit deutlich kleinerer Leistung im Vergleich zur Traktions-Motorleistung auszubilden. Wird in den Fällen, wo dies möglich ist, bei gesteigerter abgerufener Batterieleistung die Drehzahl (oder Spannung) per Regelung konstant gehalten, muss der Range-Extender-Generator die abgerufene Batterieleistung vollständig kompensieren, d.h. dass Angriffsmoment der Brennkraftmaschine muss der Veränderung der abgerufenen Batterieleistung folgen. Bei größeren Änderungen der abgerufenen Batterieleistung (z.B. bei deutlichen Fahrzeug-Beschleunigungen) wird dadurch der Brennkraftmaschinen-Betriebspunkt erheblich verschoben mit negativen Folgen für die Kraftstoffeffizienz. Dieser Betrieb ist aufgrund der im Vergleich zum Generator eingeschränkten Dynamik der Brennkraftmaschine nur schwer erreichbar.

Aus dem Stand der Technik ist es ferner bekannt, die abgegebene Leistung der Brennkraftmaschinen-Generator-Einheit zu regeln. Auch bei dieser Lösung muss die Sollgröße für die zu erzeugende Leistung aufwendig aus dem aktuellen Zustand des Hochvolt-Netzes und der maximal erzeugbaren Leistung des Generators ermittelt werden. Eine Festwertregelung würde ebenfalls zu signifikanten Verschiebungen des Brennkraftmaschinen-Betriebspunkts führen.

Offenbarung der Erfindung

Die zuvor beschriebenen Nachteile des Standes der Technik lassen sich durch das erfindungsgemäße Verfahren vermeiden. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betreiben einer elektrischen Energieversorgungsanordnung, insbesondere in einem Kraftfahrzeug werden in einem von einer Antriebseinheit, insbesondere einer Brennkraftmaschine angetriebenen Generator Wechselspannungen induziert. Diese Wechselspannungen erzeugen Ströme, die über einen Gleichrichter zu wenigstens einem elektrischen Verbraucher und/oder einen elektrischen Speicher geleitet werden. Ein Drehmoment der Antriebseinheit wird im Wesentlichen konstant gehalten. Dabei variiert

eine Drehzahl der Brennkraftmaschine in Abhängigkeit eines durch den Generator erzeugten Lastmoments auf die Brennkraftmaschine.

Es versteht sich, dass es sich bei dem Generator um eine elektrische Maschine

- 5 grundsätzlich beliebiger Art handeln kann, die generatorisch betreibbar ist. Die Erfindung ist grundsätzlich unabhängig von der Art der verwendeten Brennkraftmaschine (z.B. Otto, Diesel, Wankel, Turbine, Watt, etc.) oder des zu verbrennenden Mediums (Flüssigkeit, Gas, Feststoff).

10 Vorteile der Erfindung

Der Kern der Erfindung ist mit anderen Worten der Betrieb der Brennkraftmaschine im unregelmäßigen Betrieb unter Vorgabe eines konstanten Drehmomentes. Erfindungsgemäß erfolgt keine Regelung der Motordrehzahl. Die Brennkraftmaschine läuft mit konstantem
15 Drehmoment, unabhängig von der aktuell anliegenden Bordnetzspannung bzw. der abgegebenen Leistung. Dies ermöglicht die Verwendung eines kostengünstigen Diodengleichrichters und den Verzicht auf eine Regelung mit entsprechend aufwendigen messtechnischen Erfassungen der Regelgrößen.

- 20 Bei einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens versorgt der Generator ein Bordnetz des Kraftfahrzeuges mit einer Anzahl von Verbrauchern und/oder eine Batterie mit elektrischer Energie. Dabei liegt am Generator eine Bordnetzspannung an. Das Drehmoment ist unabhängig von einem aktuellen Wert der Bordnetzspannung konstant.

25

Gerade im Bereich elektrischer Fahrzeug-Bordnetze treten bisher die zuvor beschriebenen Nachteile auf. Deshalb eröffnet sich hier ein wesentlicher Einsatzbereich für die vorliegende Erfindung.

- 30 Gemäß einer Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens liefert der Generator elektrische Energie an einen elektrischen Antrieb des Kraftfahrzeuges und/oder der Generator lädt eine Batterie.

- 35 Auf diese Weise kann z.B. bei einer niedrigen Lastanforderung ein Leistungsüberschuss der Antriebseinheit über den Generator in elektrische Energie umgewandelt werden. Diese elektrische Energie kann in der Fahrzeugbatterie gespeichert werden und steht

somit bei einer nachfolgenden höheren Lastanforderung für den elektrischen Antrieb des Kraftfahrzeugs zur Verfügung.

Bei einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Antriebseinheit ohne
5 Regelung der Drehzahl betrieben.

Dies bedeutet mit anderen Worten, dass die Antriebseinheit im Open-Loop-Modus betrieben wird und nicht als wesentlich teureres rückgekoppeltes Regelsystem ausgeführt ist. So kann eine kostspielige Regelungselektronik vermieden werden.
10

Beispielsweise ist der Gleichrichter als passiver Gleichrichter ausgebildet.

Bei einem passiven Gleichrichter besteht keinerlei Ansteuer- und Regelaufwand.

15 Bei einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die elektrische Maschine eine PSM-(Permanent erregte Synchronmaschine)-Maschine, die aufgrund der wegfallenden Erregerverluste sehr hohe Wirkungsgrade aufweist.

Gemäß einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist der Gleichrichter
20 derart ausgebildet, dass ein Stromfluss über den Gleichrichter gesperrt wird, wenn eine Differenz $U_A - U_B$ zwischen einer Bordnetzspannung U_B und einer Ausgangsspannung U_A des Gleichrichters negativ ist. Dadurch kann zum Beispiel in einer Anlaufphase des Generators, in der die Differenz in der Regel negativ ist, die Drehzahl des Generators schnell gesteigert werden, weil nur die Massenträgheiten von der Antriebseinheit zu
25 beschleunigen sind.

Bei einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist der Gleichrichter derart ausgebildet, dass der Stromfluss über den Gleichrichter bei einer positiven Differenz zwischen der Bordnetzspannung U_B und der Ausgangsspannung U_A durchgeleitet wird.
30

Dadurch kann die Stromstärke z.B. in Reaktion auf einen Lastsprung variieren.

Bei einer Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein konstanter Strom eingestellt, wenn das Lastmoment dem Drehmoment entspricht.
35 Durch diese Gleichgewichtsbedingung zwischen Lastmoment und Drehmoment kann der Maximalstrom ohne irgendwelchen apparativen Mehraufwand begrenzt werden.

Gemäß einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens weist der Gleichrichter Dioden auf, die bei negativer Differenz den Strom über den Gleichrichter sperren und andernfalls den Strom durchlassen.

5

Dioden sind besonders zuverlässige und gleichzeitig kostengünstige elektrische Bauelemente.

Bei einer Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens ist der Gleichrichter als B6-Diodenbrückenschaltung ausgebildet.

10

B6-Diodenbrückenschaltungen sind in sehr großen Stückzahlen hergestellte, kostengünstige Massenartikel.

15 Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 zeigt in schematischer Form ein Kraftfahrzeug mit einem Antriebsstrang, der eine elektrische Drehfeldmaschine sowie eine Vorrichtung zum Ansteuern dieser Maschine aufweist;

20

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Energieversorgungsanordnung;

Fig. 3a zeigt einen ersten Graf, der den zeitlichen Verlauf der Drehzahl der Kolbenbrennkraftmaschine darstellt;

25

Fig. 3b zeigt einen zweiten Grafen, der den zeitlichen Verlauf der von der elektrischen Maschine in einem generatorischen Betrieb gelieferten und anschließend gleichgerichteten Spannung darstellt; und

30

Fig. 3c zeigt einen dritten Grafen, der den zeitlichen Verlauf des von der elektrischen Maschine im generatorischen Betrieb gelieferten und anschließend gleichgerichteten Stroms darstellt.

35 Ausführungsbeispiele

In Fig. 1 ist ein Kraftfahrzeug schematisch dargestellt und generell mit 10 bezeichnet. Das Kraftfahrzeug 10 weist einen Antriebsstrang 12 auf, der im vorliegenden Fall eine elektrische Antriebsmaschine 14 zur Bereitstellung von Antriebsleistung beinhaltet. Der Antriebsstrang 12 dient zum Antreiben von angetriebenen Rädern 16L, 16R des

5 Kraftfahrzeugs 10.

Die elektrische Antriebsmaschine 14 stellt an einer Abtriebswelle ein Drehmoment D_m bereit und dreht mit einer einstellbaren Drehzahl.

- 10 Der Antriebsstrang 12 kann dazu eingerichtet sein, das Kraftfahrzeug 10 alleine mittels der elektrischen Antriebsmaschine 14 anzutreiben (Elektrofahrzeug). Alternativ kann die elektrische Antriebsmaschine 14 Teil eines Hybrid-Antriebsstranges 12 sein, wobei der Antriebsstrang 12 einen weiteren, in Fig. 1 nicht näher bezeichneten Antriebsmotor wie einen Verbrennungsmotor oder dergleichen beinhalten kann. Ferner kann der
- 15 Antriebsstrang 12 in diesem Fall ein Getriebe und dergleichen aufweisen.

- Die elektrische Antriebsmaschine 14 ist mehrphasig ausgebildet (im vorliegenden Fall mit drei Phasen) und wird mittels einer Leistungselektronik 18 angesteuert. Die Leistungselektronik 18 ist mit einer Energieversorgung wie einer Gleichspannungs-
- 20 versorgung (z.B. Akkumulator) 20 des Kraftfahrzeugs 10 verbunden und dient dazu, eine von dem Akkumulator 20 bereitgestellte Gleichspannung in drei Wechselströme für die drei Phasen der elektrischen Drehfeldmaschine umzurichten. Die Leistungselektronik 18 weist zu diesem Zweck eine Mehrzahl von Leistungsschaltern auf und wird mittels eines Steuergerätes 22 angesteuert. Das Steuergerät 22 kann ferner mit der elektrischen
- 25 Antriebsmaschine 14 verbunden sein, um beispielsweise Istwerte der Drehzahl und/oder Drehstellung eines Rotors der elektrischen Antriebsmaschine 14 zu erhalten. Ferner kann das Steuergerät 22 mit dem Akkumulator 20 verbunden sein. Schließlich kann das Steuergerät 22 mit einer übergeordneten oder gleichberechtigten Steuereinrichtung 24 zur Ansteuerung von weiteren Komponenten des Antriebsstranges 12 verbunden sein.

30

- In der folgenden Fig. 2 werden die gleichen Bezugszeichen wie in Fig. 1 verwendet, um gleiche oder äquivalente Bauteile zu bezeichnen. Die in Fig. 2 in schematischer Darstellung gezeigte erfindungsgemäße Energieversorgungsanordnung 46 weist eine Kraft- oder Antriebseinheit auf, die hier als herkömmliche einzyindrige
- 35 Kolbenbrennkraftmaschine 32 ausgebildet ist. Der in einem Zylinder 48 hin- und herbewegbare Kolben 50 der Kolbenbrennkraftmaschine 32 ist über ein Pleuel 54 mit

einer Kurbelwelle 30 verbunden. Der Kolben 50 hat die Aufgabe, die Verbrennungskräfte in das Pleuel 54 einzuleiten.

Die Kolbenbrennkraftmaschine 32 ist antriebsmäßig mit einer elektrischen Maschine 28 gekoppelt, um Letztere anzutreiben. Die Anbindung der elektrischen Maschine 28 an die Kurbelwelle 30 kann auf verschiedene Weise erfolgen. So kann die elektrische Maschine 28 direkt oder über eine Kupplung mit der Kurbelwelle 30 verbunden sein oder über ein Getriebe oder eine andere Kraft- und/oder formschlüssigen Verbindung. Im vorliegenden Fall ist die Kolbenbrennkraftmaschine 32 ohne Zwischenschaltung eines Getriebes direkt mit der elektrischen Maschine 28 verbunden. Die elektrische Maschine 28 ist hier als permanenterregte Synchronmaschine (PSM) ausgebildet. An die elektrische Maschine 28 ist ein Gleichrichter 52 angeschlossen, der hier als B6-Diodenbrückenschaltung 52 ausgeführt ist. Die drei Phasen U, V, W der elektrischen Maschine 28 sind in der B6-Diodenbrückenschaltung 52 verschaltet. Der B6-Diodenbrückenschaltung 52 ist eine Zwischenkreisschaltung 58 mit einer Induktivität 60 und einer Kapazität 62 zur Glättung der über die B6-Diodenbrückenschaltung 52 gleichgerichteten Spannung nachgeschaltet.

Die Anschlüsse des Akkumulators 20, der hier als Traktionsbatterie 20 ausgebildet ist, und eines Hochspannungsbordnetzes 38 sind über Anschlussleitungen L1, L2, L3, L4 mit den Anschlüssen der Zwischenkreisschaltung 58 verbunden. Das Hochspannungsbordnetz 38 weist eine Vielzahl elektrischer Verbraucher sowie die elektrische Antriebsmaschine 14 auf.

Die PSM-Maschine 28 wandelt im generatorischen Betrieb, indem sie durch die Kolbenbrennkraftmaschine 32 angetrieben wird, das Drehmoment der Kolbenbrennkraftmaschine 32, das sie von der Kurbelwelle 30 annimmt, in elektrische Leistung um. Diese elektrische Leistung wird zur Aufladung des Akkumulators 20 und/oder zur Versorgung eines Hochspannungsbordnetzes 38 des Kraftfahrzeugs 10 verwendet. Die Kolbenbrennkraftmaschine 32 ist somit ein Range Extender, der im Gegensatz zu einer Brennkraftmaschine bei einem Hybridfahrzeug, oder im Gegensatz zu einer kraftstoffversorgten Brennkraftmaschine, nicht dazu ausgelegt ist, das Kraftfahrzeug 10 mechanisch anzutreiben. Vielmehr erfolgt das Antreiben des Kraftfahrzeugs 10 alleine durch die elektrische Antriebsmaschine 14. Die Kolbenbrennkraftmaschine 32 ist daher auch nicht mit den Rädern 16L, 16R des Kraftfahrzeugs 10 mechanisch gekoppelt.

Bei Zuschaltung elektrischer Verbraucher im Hochspannungsbordnetz 38 des Kraftfahrzeuges 10 entsteht durch die Ausgangsleistungserhöhung der elektrischen PSM-Maschine 28 ein auf die Kolbenbrennkraftmaschine 32 rückwirkendes Bremsmoment. Eine Steuereinrichtung 56 ist dazu ausgebildet, das von der Kolbenbrennkraftmaschine 32 abgegebene Drehmoment t unabhängig von einem aktuellen Wert der Ausgangsleistung der elektrischen PSM-Maschine 28 konstant zu halten.

Die Tabelle 1 zeigt exemplarisch verschiedene Betriebspunkte, die sich im typischen Betrieb der erfindungsgemäßen Energieversorgungsanordnung 46 ergeben. Die Zeilen der Tabelle 1 beinhalten die verschiedenen stationären Drehzahlwerte für die angegebenen elektrischen Bordnetzlasten, während die Spalten der Tabelle 1 die stationären Drehzahlen für die angegebenen Drehmomente t der Kolbenbrennkraftmaschine 32 beinhalten.

PL \ IG Drehmoment t	1,7 A (1Nm)	17 A (10Nm)	36 A (20Nm)	58 A (30Nm)	86 A (40Nm)
1.3 kW	5480	5850	6260	6680	7530
2.5 kW	5475	5845	6255	6675	7520
13 kW	5440	5810	6215	6630	7470
111 kW	5130	5500	5850	6280	7060

Tabelle 1

Wird also beispielsweise die Kolbenbrennkraftmaschine 32 mit einem konstanten Drehmoment von 40 Nm betrieben, stellt sich im unbelasteten Fall (1,3 kW) eine Drehzahl von 7530 1/min ein. Wird nun ausgehend von dieser Situation die Bordnetzlast auf z.B. 13 kW erhöht (etwa weil der Fahrer das Kraftfahrzeug beschleunigt), sinkt die Drehzahl auf 7470 1/min ab. Der Spannungseinbruch führt also zu einer Drehzahlabsenkung von 60 1/min (entspricht ca. 1%).

Dieser geringe Hub der Drehzahl über der Last ist ein wichtiger Punkt für die Erfindung.

Die Drehzahl d der Kolbenbrennkraftmaschine 32 und der elektrischen Maschine 28 sind identisch. Eine Getriebeübersetzungsstufe ist bei angepasster Ausbildung der elektrischen Maschine 28 nicht notwendig. Die absoluten Drehzahlverhältnisse sind abhängig von der gewählten Brennkraftmaschinentopologie und – dimensionierung. Die

hier angenommenen Werte sind nur beispielhaft für die Ein-Zylinder-Kolbenbrennkraftmaschine 32.

Die Umsetzung des drehmomentgeregelten Betriebes ist grundsätzlich immer möglich, auch und gerade besonders wenn die elektrische Maschine 28 nicht die Leistung der elektrischen Antriebsmaschine 14 aufbringen kann.

Hinsichtlich des Einflusses des Ladezustandes des Akkumulators 20 ist anzumerken, dass ein Akkumulator 20 für ein Elektrofahrzeug typischerweise im Bereich von 20 bis 80% Ladezustand betrieben wird. Dies führt bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zu einer Spannungsschwankung von ca. 0,4 V. Bezogen auf die Spannung bei maximalem Ladezustand (SoC, State of Charge) entspricht dies einer Änderung von ca. 10%. Während eines Ladevorgangs von 20% SoC auf 80% SoC wird die Drehzahl der Brennkraftmaschine entsprechend um ca. 10% steigen.

15

Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf die Fig. 3a bis 3c ein typisches Szenario für den Einsatz der erfindungsgemäß ausgebildeten Energieversorgungsanordnung 46 verdeutlicht. Den Fig. 3a bis 3c liegt jeweils der gleiche Zeitmaßstab zugrunde.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird zunächst zum Zeitpunkt $t = 0$ die Kolbenbrennkraftmaschine 32 mit konstantem Drehmoment t angefahren. Anfangs sperren die Dioden der B6-Diodenbrückenschaltung 52 gegen die Bordnetzspannung. Es fließt daher zunächst kein Strom I . Entsprechend hat der Strom I im dritten Graphen gemäß Fig. 3c zum Zeitpunkt $t = 0$ den Wert von 0. Da zum Zeitpunkt $t = 0$ kein Strom fließt, liegt auch kein Lastmoment an der elektrischen PSM-Maschine 28 an. Dies bedeutet mit anderen Worten, dass die Kolbenbrennkraftmaschine 32 mit konstantem Drehmoment t nur die Massenträgheiten beschleunigt. Die Drehzahl d der Kolbenbrennkraftmaschine 32 beginnt vom Zeitpunkt $t = 0$ an steil zu steigen, wie durch den ersten linken Steigungsabschnitt 68 in Fig. 3a beschrieben.

30

Zum Zeitpunkt $t = t_0$ erreicht die von der elektrischen Maschine 28 gelieferte und über die B6-Diodenbrückenschaltung 52 gleichgerichtete Spannung U das Niveau des elektrischen Hochspannungsbordnetzes 38. In der Folge beginnen die Dioden der B6-Diodenbrückenschaltung 52 zu leiten und der Strom I beginnt zum Zeitpunkt t_0 ausgehend vom Wert 0 anzusteigen. Dieser Anstieg des Stromes I ist im dritten Graphen durch den dritten linken Anstiegsabschnitt 70 wiedergegeben. Die Drehzahl d der

35

Kolbenbrennkraftmaschine 32 steigt nach dem Zeitpunkt t_0 zunächst weiter an, bis der Stromfluss zu einem Lastmoment führt, das das antreibende Drehmoment t ausgleicht. Damit ist ein stationärer Betriebspunkt erreicht. Nach dem Erreichen des stationären Betriebspunktes bleibt die Spannung U zunächst über einen Zeitabschnitt konstant, wie es durch den zweiten, linken Parallelabschnitt 72 in Fig. 3b wiedergegeben ist. Ebenso bleibt in diesem Zeitabschnitt die Drehzahl d der Kolbenbrennkraftmaschine 32 (wie durch den ersten linken Parallelabschnitt 74 in Fig. 3a beschrieben) sowie der Strom I (wie durch den dritten linken Parallelabschnitt 76 in Fig. 3c beschrieben) zeitlich konstant.

- 10 Zum Zeitpunkt t_1 führt ein Lastsprung im Hochspannungsbordnetz 38 zum Absenken der Bordnetzspannung U . Das sprunghafte Absinken der Bordnetzspannung U ist durch den fallenden Abschnitt 78 des zweiten Graphen in Fig. 3b beschrieben. Da die Drehzahl d der Kolbenbrennkraftmaschine 32 bzw. der elektrischen Maschine 28 zu diesem Zeitpunkt konstant ist, steigt die Differenz zwischen der von der elektrischen Maschine 28 erzeugten Spannung U und der Bordnetzspannung an, woraus eine Erhöhung des von der elektrischen Maschine 28 gelieferten Stroms I erfolgt. Diese plötzliche Erhöhung des Stroms ist durch den wellenbergartigen Peakabschnitt 80 im dritten Graphen beschrieben. Der Peakabschnitt 80 zeigt ein lokales Maximum 82, was mit andern Worten heißt, dass der Strom I zunächst stark ansteigt, wobei sich der Anstieg allmählich abschwächt bis der Strom I seinen Maximalwert erreicht. Nach dem Durchlaufen des Maximums 82 fällt der Strom I ab, bis ein konstanter Wert erreicht wird.

Der erhöhte Strom I hat ein erhöhtes Bremsmoment zur Folge, was wiederum zum Absenken der Drehzahl d der Kolbenbrennkraftmaschine 32 auf einen neuen stationären Arbeitspunkt führt. Dieses Absenken der Drehzahl d wird durch den abfallenden Abschnitt 84 im ersten Graphen beschrieben.

Der Überschwinger im Strom I hängt von den Systemparametern ab (wie z.B. von der Rotationsträgheit und dergleichen). Ob der Akkumulator 20 in den jeweiligen Betriebszuständen entladen oder geladen wird, ist nicht weiter relevant.

30

Zum Zeitpunkt t_2 erfolgt eine sprunghafte Absenkung der Bordnetzlast. Durch den damit verbundenen Spannungsanstieg im Bordnetz (der durch den ersten rechten Steigungsabschnitt dargestellt ist) können die Dioden der B6-Diodenbrückenschaltung 52 wieder in den sperrenden Betrieb übergehen, d.h., dass kein Maschinenstrom mehr fließt.

35 In der Folge wird kein Bremsmoment aufgebaut und es erfolgt ein durch den ersten

rechten Steigungsabschnitt 86 veranschaulichter Anstieg der Drehzahl d der Kolbenbrennkraftmaschine 32 ähnlich wie bei deren Einfahren.

Die drei Funktionen der Spannung U , der Drehzahl d und des Stroms I steigen in Reaktion auf die Spannungsabsenkung erneut an und erreichen nach einer Zeit einen maximalen Wert, der über eine Zeit konstant beibehalten wird. Ob die Dioden der B6-Diodenbrückenschaltung 52 wieder in den sperrenden Zustand übergehen, hängt von der Höhe des Spannungseinbruches zum Zeitpunkt t_2 und den Parametern ab. Im vorliegenden Fall sperren die Dioden der B6-Diodenbrückenschaltung 52 zwischen dem Zeitpunkt t_2 und einem späteren Zeitpunkt t_3

10

Zwischen den Zeitpunkten t_0 und t_1 wird der Akkumulator 20 geladen, während Letztere in dem Zeitabschnitt zwischen t_1 und t_3 entladen wird.

15

Die Dioden der B6- Diodenbrückenschaltung 52 sperren zwischen den Zeitpunkten 0 und t_0 sowie zwischen den Zeitpunkten t_2 und t_3 .

Ansprüche

- 5 1. Verfahren zum Betreiben einer elektrischen Energieversorgungsanordnung (46)
insbesondere in einem Kraftfahrzeug (10) mit einem von einer Antriebseinheit (32),
insbesondere einer Brennkraftmaschine (32), angetriebenen Generator (28), in dem
Wechselspannungen induziert werden, die Ströme erzeugen, wobei die Ströme über
einen Gleichrichter (52) zu wenigstens einem elektrischen Verbraucher (38) und/oder
10 einem elektrischen Speicher (20) geleitet werden, wobei ein Drehmoment (t) der
Antriebseinheit (32) wenigstens zeitweise im Wesentlichen konstant gehalten wird und
eine Drehzahl (d) der Antriebseinheit (32) in Abhängigkeit eines durch den Generator (28)
erzeugten Lastmoments auf die Antriebseinheit (32) variiert.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Generator (28) eine Traktionsbatterie (34')
und/oder ein Bordnetz (36') des Kraftfahrzeuges (10) mit wenigstens einem Verbraucher
versorgt, wobei am Generator (28) eine Bordnetzspannung (U) anliegt und wobei das
Drehmoment (t) unabhängig vom aktuellen Wert der Bordnetzspannung (U) konstant
gehalten wird.
- 20 3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei der Generator (28) elektrische
Energie an einen elektrischen Antrieb des Kraftfahrzeuges liefert und/oder der eine
Batterie. lädt.
- 25 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Antriebseinheit (32) ohne
Regelung der Drehzahl (d) betrieben wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Gleichrichter (52) als passiver
Gleichrichter (52) ausgebildet ist.
- 30 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Generator (28) eine permanent
erregte Synchronmaschine (PSM) ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Gleichrichter (52) derart
35 ausgebildet ist, dass ein Stromfluss über den Gleichrichter (52) gesperrt wird, wenn eine

Differenz $U_A - U_B$ zwischen einer Bordnetzspannung U_B und einer Ausgangsspannung U_A des Gleichrichters (14) negativ ist.

- 5 8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der Stromfluss über den Gleichrichter (52) bei einer positiven Differenz zwischen der Bordnetzspannung U_B und der Ausgangsspannung U_A durchgeleitet wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei ein konstanter Strom eingestellt wird, wenn das Lastmoment dem Drehmoment (t) entspricht.
- 10 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei der Gleichrichter (52) Dioden aufweist, die bei negativer Differenz den Strom über den Gleichrichter (52) sperren und andernfalls den Strom durchlassen.
- 15 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei der Gleichrichter (52) als B6-Brücke (52) ausgebildet ist.

1 / 3

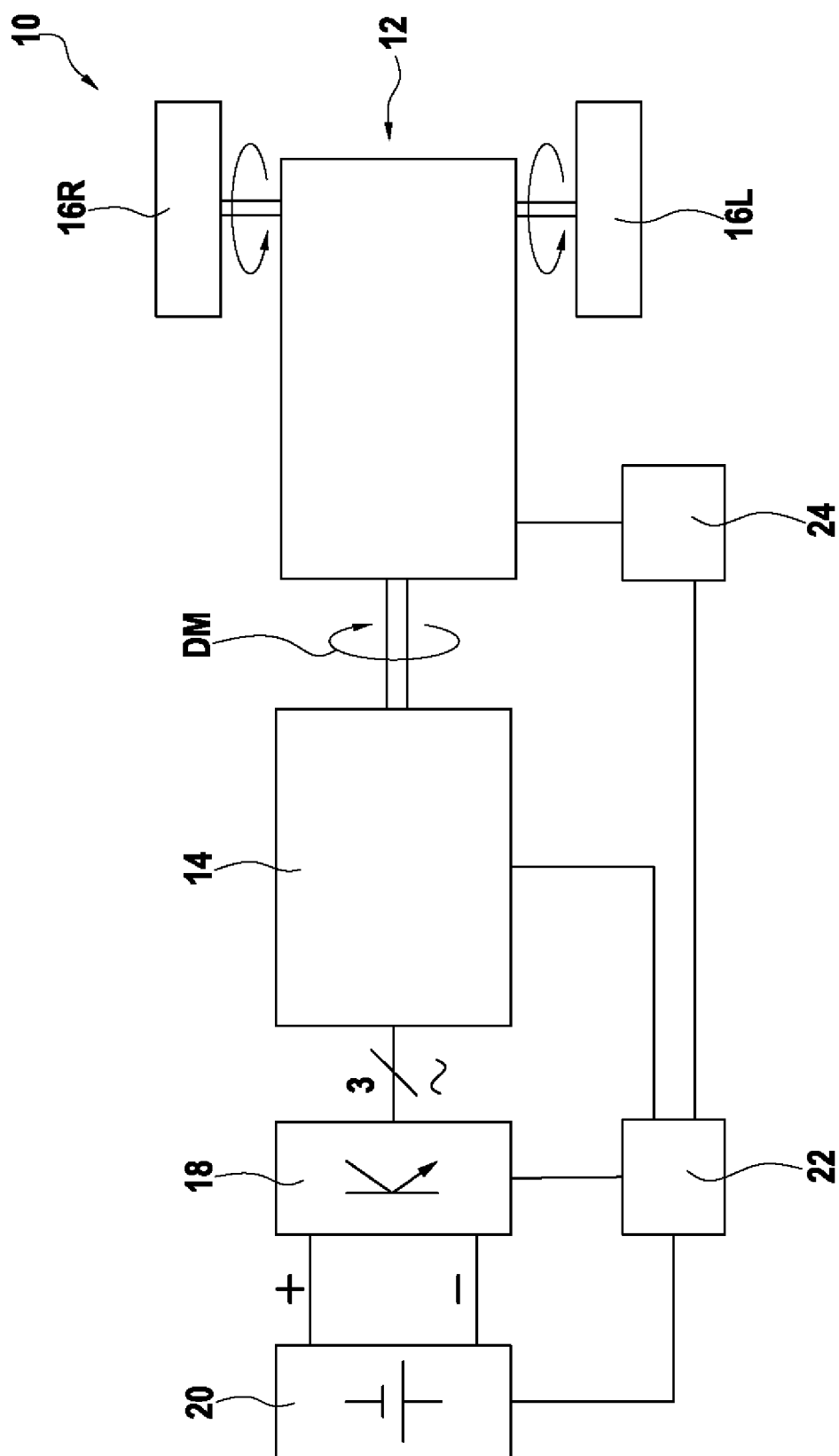


Fig. 1

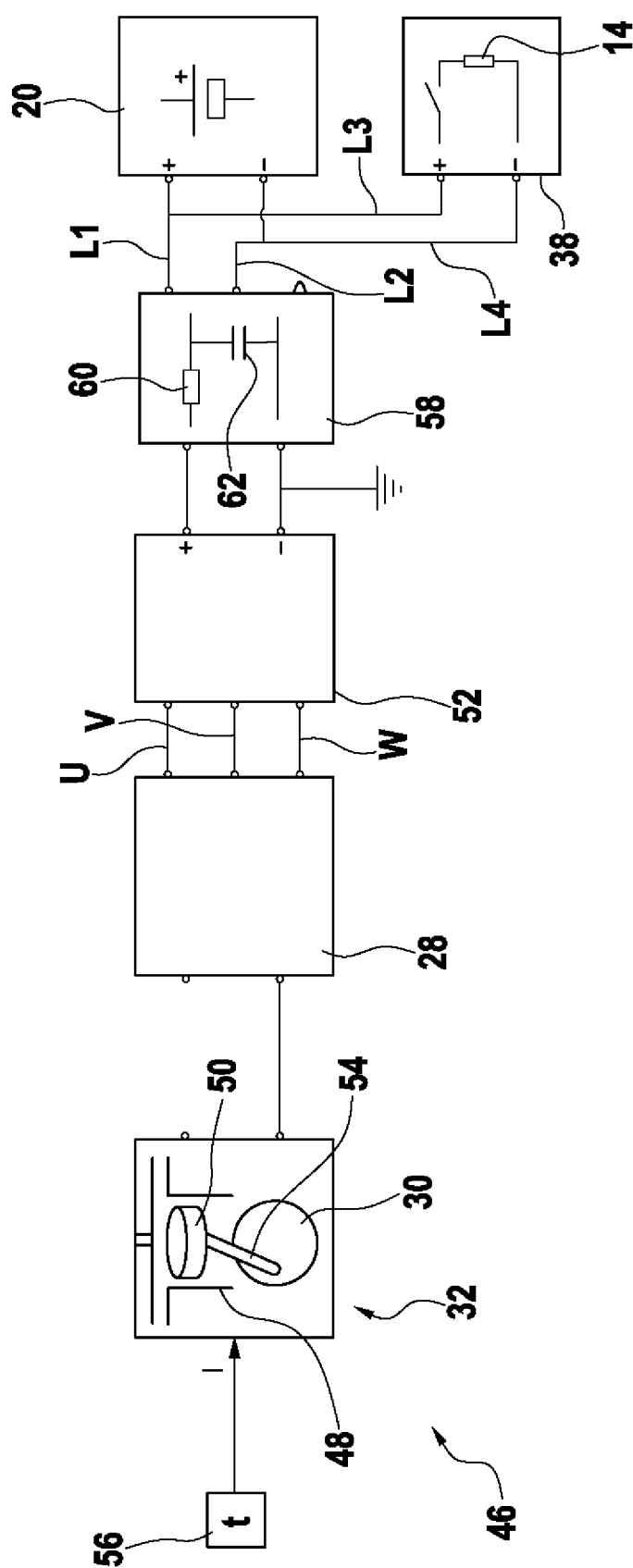


Fig. 2

Fig. 3

