

(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
13. Februar 2014 (13.02.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/023736 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:
H02P 23/00 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/066490
- (22) Internationales Anmeldedatum:
6. August 2013 (06.08.2013)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2012 214 020.4
7. August 2012 (07.08.2012) DE
- (71) Anmelder: TECHNISCHE UNIVERSITÄT
MÜNCHEN [DE/DE]; Arcisstraße 21, 80333 München
(DE).
- (72) Erfinder: ECKL, Richard; Freseniusstraße 2c, 81247
München (DE).
- (74) Anwalt: CHARLES, Glyndwr; Friedrichstrasse 31,
80801 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, 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, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SA, 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.

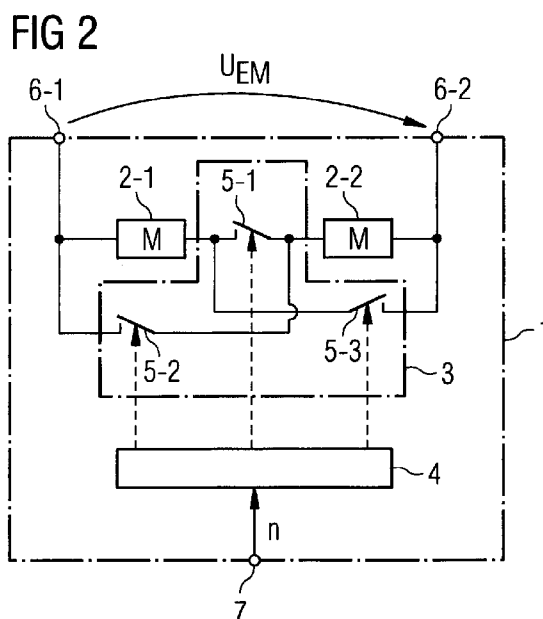
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, 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, KM, 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 AND APPARATUS FOR DYNAMICALLY ADJUSTING AN OPERATING VOLTAGE FOR AN
ELECTRIC MOTOR

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR DYNAMISCHEN EINSTELLUNG EINER
BETRIEBSSPANNUNG FÜR EINEN ELEKTROMOTOR



(57) Abstract: Apparatus and method for dynamically
adjusting an operating voltage for an electric motor (9),
which operating voltage is provided by a modular voltage
source (1), wherein, depending on a speed (n) of the electric
motor (9), modules (2-i) of the modular voltage source (1)
are switched in such a way that an improvement in the
overall efficiency of the electric drive train in a low speed
range of the electric motor (9) takes place, wherein the
switching of the modules (2-i) of the voltage source (1) is
performed by means of a switching network (3) comprising
controllable circuit breakers (5), which switching network
can be actuated by control signals which are generated by a
switching controller (4) depending on the speed (n) of the
electric motor (9).

(57) Zusammenfassung: Vorrichtung und Verfahren zur
dynamischen Einstellung einer Betriebsspannung für einen
Elektromotor (9), die von einer modular aufgebauten
Spannungsquelle (1) bereitgestellt wird, wobei in
Abhängigkeit von einer Drehzahl (n) des Elektromotors (9)
Module (2-i) der modular aufgebauten Spannungsquelle (1)
derart geschaltet werden, dass eine Verbesserung des
Gesamtwirkungsgrades des elektrischen Antriebsstranges in
einem niedrigen Drehzahlbereich des Elektromotors (9)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2014/023736 A2

erfolgt, wobei das Schalten der Module (2-i) der Spannungsquelle (1) mittels eines aus steuerbaren Leistungsschaltern (5) aufgebauten Schaltnetzwerkes (3) erfolgt, das durch Steuersignale ansteuerbar ist, die von einer Schaltsteuerung (4) in Abhängigkeit der Drehzahl (n) des Elektromotors (9) generiert werden.

Verfahren und Vorrichtung zur dynamischen Einstellung einer Betriebsspannung für einen Elektromotor

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur dynamischen Einstellung einer Betriebsspannung für einen Elektromotor, insbesondere für einen Elektromotor eines elektrischen Antriebes, der beispielsweise in einem Elektrofahrzeug eingesetzt werden kann.

Ein elektrischer Antrieb weist einen Elektromotor auf, welcher über eine Leistungselektronik angesteuert wird, die wiederum die Energie für den angesteuerten Elektromotor aus einem Energiespeicherverbund bzw. einer Spannungsquelle bezieht.

Ein herkömmlicher Energiespeicherverbund für Elektrofahrzeuge besteht aus einer Vielzahl modular aufgebauter Spannungsquellen, insbesondere aus Batteriezellen, die sowohl in Reihe als auch parallel verschaltet werden. Es ergibt sich für den Energiespeicherverbund bzw. die modular aufgebaute Spannungsquelle eine bestimmte Schaltkonfiguration, die für die Zeit der Anwendung festgelegt bleibt. Weiterhin ergibt sich durch die Verschaltung der Module der Spannungsquelle, insbesondere der Batteriezellen, ein charakteristischer Innenwiderstand des Energiespeicherverbundes. Dieser Innenwiderstand kann sich allerdings im Laufe der Benutzung bzw. des Betriebes des Energiespeicherverbundes, beispielsweise aufgrund von Alterungseffekten, bezüglich der Benutzung ändern. Die von dem Energiespeicherverbund bereitgestellte elektrische Spannung wird als Eingangsspannung an die Leistungselektronik der elektrischen Antriebseinheit angelegt.

Ein Nachteil dieser herkömmlichen Anordnung besteht darin, dass in jedem Lastzustand des Elektromotors bei dieser herkömmlichen elektrischen Antriebseinheit der Wirkungsgrad der Antriebseinheit beim Anfahren in einem niedrigen Drehzahlbereich deutlich geringer als ein für den Elektromotor ausge-

wiesener optimaler Wirkungsgrad. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn der Elektromotor der Antriebseinheit stets mit einer fest vorgegebenen Spannung aus dem Energiespeicherverbund versorgt wird, die deutlich höher ist, als für den mo-
5 mentanen Betriebspunkt notwendig. Diese vorgegebene Spannung ist derart gewählt, dass mit ihr der ganze Drehzahlbereich des Elektromotors ausgenutzt werden kann.

Ist die Ausgangsspannung eines elektrischen Energiespeicher-
10 verbundes deutlich höher wie für den aktuellen Betriebspunkt des Elektromotors benötigt, so fallen vermehrt Schaltverluste im Umrichter an, die zu einer Reduktion des Gesamtwirkungsgrades des elektrischen Antriebsstranges führen.

15 Fig. 1 zeigt elektrische Verluste und einen Wirkungsgrad eines herkömmlichen Elektromotors in Abhängigkeit von einer Drehzahl n . Wie man aus Fig. 1 erkennen kann, ist der Wirkungsgrad der Antriebsmaschine bzw. des Elektromotors in dem niedrigen Drehzahlbereich des Elektromotors relativ gering
20 und deutlich geringer als der für den Elektromotor ausgewiesene maximale Wirkungsgrad. Bei dem in Fig. 1 dargestellten Beispiel erreicht der Elektromotor bei etwa 75 % der maximalen Drehzahl einen maximalen Wirkungsgrad von etwa 0,8.

25 Es sind Schaltungen bekannt, bei denen durch wahlweise Parallelschaltung oder Reihenschaltung von Spannungs-Modulen ein Gleichstrom-Motor in verschiedenen Betriebsmoden betrieben werden kann. Weist beispielsweise eine modular aufgebaute
30 Spannungsquelle zwei Spannungs-Module, insbesondere Batteriezellen, auf, um einen Gleichstrom-Motor zu betreiben, so kann der Gleichstrom-Motor entweder mit einer niedrigen Drehzahl und einem höheren Drehmoment betrieben werden, indem man die Spannungs-Module parallel verschaltet, oder der Gleichstrom-Motor kann mit einer höheren Drehzahl bei gleichzeitig nied-
35 rigerem Drehmoment betrieben werden, indem man die Spannungs-Module bzw. Batteriezellen in Reihe verschaltet. Mit einer derartigen herkömmlichen Anordnung ist es jedoch nicht mög-

lich, Synchronmotore, Asynchronmotore oder andere Formen von Elektromotoren mit elektronischer Kommutierung, die auch als Drehfeld-Motore bezeichnet werden, zu betreiben. Darüber hinaus wird diese herkömmliche Anordnung lediglich dazu genutzt, 5 bestimmte Betriebs- bzw. Arbeitspunkte einzustellen.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur dynamischen Einstellung einer Betriebsspannung in diskreten Stufen für einen Elektro- 10 motor zu schaffen, bei der der Gesamtwirkungsgrad des elektrischen Antriebsstranges im Teillastbereich des Elektromotors erhöht wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung mit 15 den in Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

Die Erfindung schafft demnach eine Vorrichtung zur dynamischen Einstellung einer Betriebsspannung für einen Elektromotor, die von einer modular aufgebauten Spannungsquelle bereitgestellt wird, wobei in Abhängigkeit von einer Drehzahl 20 des Elektromotors Module der modular aufgebauten Spannungsquelle geschaltet werden, wobei Drehzahl-Schwellenwerte (n_{sw}) zwischen Drehzahlbereichen, an denen ein Umschalten der Module der modular aufgebauten Spannungsquelle in Abhängigkeit 25 von der Drehzahl (n) des Elektromotors erfolgt, einstellbar sind.

Das Schalten der Module der Spannungsquelle erfolgt mittels eines aus steuerbaren Leistungsschaltern aufgebauten Schaltnetzwerkes, das durch Steuersignale ansteuerbar ist, 30 die von einer Schaltsteuerung in Abhängigkeit von der Drehzahl des Elektromotors generiert werden.

Somit erhöht sich der Gesamtwirkungsgrad des elektrischen Antriebsstranges, da die Schaltverluste im Umrichter durch eine 35 niedrigere Eingangsspannung bei Betrieb des Elektromotors im Teillastbereich reduzieren. Der Wirkungsgradvorteil ergibt sich daraus, dass die Reduzierung der Schaltverluste den An-

stieg der Durchlasswiderstände des Umrichters bei gleicher Ausgangsleistung des Elektromotors überkompensiert.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung erfolgt somit eine Regelung der Betriebsspannung für den Elektromotor in Abhängigkeit von der Drehzahl des Elektromotors, wobei eine passende Schaltstufe für die modular aufgebaute Spannungsquelle bereitgestellt wird, sodass die elektrischen Verluste des elektrischen Antriebsstrangs bzw. der elektrischen Antriebseinheit verringert werden.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur dynamischen Einstellung einer Betriebsspannung für einen Elektromotor stellt somit eine Art „automatisches elektrisches Getriebe“ für eine modular aufgebaute Spannungsquelle dar, wobei abhängig von der Drehzahl des Elektromotors verschiedene Schaltstufen eingestellt werden können.

Bei einer möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung werden Drehzahl-Schwellwerte (n_{SW}) als Schaltschwellwerte verwendet, die bei Änderung von zumindest teilweiser Parallelschaltung auf zumindest teilweiser serieller Verschaltung oder bei Änderung von zumindest teilweiser serieller Verschaltung auf zumindest teilweise Parallelschaltung derart gewählt werden, dass der Gesamtwirkungsgrad eines elektrischen Antriebsstranges, bei zumindest teilweiser Parallelschaltung und zumindest teilweiser serieller Verschaltung gleich sind und sich dieser Schaltschwellwert unterhalb der mit der in zumindest teilweiser Parallelschaltung möglichen Maximaldrehzahl des Elektromotors befindet.

Bei einer möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung werden die Module der modular aufgebauten Spannungsquelle zusätzlich in Abhängigkeit von mindestens einem weiteren Betriebsparameter geschaltet.

Bei einer möglichen Ausführungsvariante werden die Module zusätzlich in Abhängigkeit von dem erfassten Betriebsparameter geschaltet, wobei der Betriebsparameter einen Ladezustand der Spannungsquelle, eine Temperatur der Spannungsquelle, eine Belastungszeit oder einen Alterungszustand der Spannungsquelle umfasst.

Bei einer möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung werden in einem niedrigen Drehzahlbereich des Elektromotors die Module der Spannungsquelle zur Bereitstellung einer geringen Betriebsspannung für den Elektromotor zumindest teilweise parallel geschaltet.

Bei einer möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung werden in einem hohen Drehzahlbereich des Elektromotors die Module der Spannungsquelle zur Bereitstellung einer hohen Betriebsspannung für den Elektromotor zumindest teilweise seriell geschaltet.

Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird die Betriebsspannung für den Elektromotor stufenweise in mehreren Drehzahlbereichen des Elektromotors durch Schalten der Module der modular aufgebauten Spannungsquelle mit zunehmender Drehzahl des Elektromotors erhöht.

Bei einer möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung weisen die Module der modular aufgebauten Spannungsquelle Batteriezellen auf.

Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung weisen die Module der modular aufgebauten Spannungsquelle Brennstoffzellen auf.

Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung weisen die Module der modular aufgebauten Spannungsquelle Solarzellen auf.

Bei einer möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist das Schaltnetzwerk in der modular aufgebauten Spannungsquelle integriert.

5

Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist ein Umrichter vorgesehen, der einen von der modular aufgebauten Spannungsquelle abgegebenen Gleichstrom in einen ein- oder mehrphasigen Wechselstrom für den Elektromotor umwandelt.

10

Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind die Drehzahl-Schwellenwerte zwischen Drehzahlbereichen, an denen ein Umschalten der Module der modular aufgebauten Spannungsquelle in Abhängigkeit von der Drehzahl des Elektromotors erfolgt, einstellbar.

15

Als Schaltschwellenwerte können Drehzahl-Schwellenwerte (n_{SW}) oder dazu äquivalente Betriebsparameter verwendet werden und/oder weitere Betriebsparameter mit einbezogen werden. Grundsätzlich sind die Schaltschwellenwerte derart zu wählen, dass der Schaltvorgang bei der Änderung von zumindest teilweiser Parallelschaltung auf zumindest teilweise serielle Verschaltung vor dem Erreichen der mit der in zumindest teilweiser Parallelschaltung möglichen Maximaldrehzahl des Elektromotors erfolgt. Weiterhin ist der Schaltschwellenwert derart zu wählen, dass die zumindest teilweise Parallelschaltung so lange aufrechterhalten wird, solange sich insgesamt ein Wirkungsgradvorteil im elektrischen Antriebsstrang durch die zumindest teilweise Parallelschaltung ergibt. Der Wirkungsgradvorteil kann sich in dem Elektromotor selbst und/oder in dem Umrichter ergeben. Der Schaltschwellenwert wird somit an den Punkt gesetzt, bei dem der Gesamtwirkungsgrad des elektrischen Antriebsstranges bei zumindest teilweiser Parallelschaltung und zumindest teilweiser serieller Verschaltung gleich ist und sich dieser Schaltschwellenwert unterhalb der mit der in zumindest teilweiser Parallelschaltung möglichen

20

25

30

35

Maximaldrehzahl des Elektromotors liegt. Für Konfigurationen mit mehreren Schaltstufen wird der Schaltschwellwert in jeder Stufe auf diese Weise gewählt bzw. eingestellt.

5 Bei der Änderung von zumindest teilweiser serieller Verschaltung auf zumindest teilweise parallele Verschaltung wird der Schaltschwellwert an den Punkt gesetzt, ab dem sich durch zumindest teilweise Parallelschaltung insgesamt ein Wirkungsgradvorteil ergibt. Dieser Schaltschwellwert muss auch hier-
10 bei unterhalb der mit der in zumindest teilweiser Parallelschaltung möglichen Maximaldrehzahl des Elektromotors liegen. Für Konfigurationen mit mehreren Schaltstufen wird der Schaltschwellwert in jeder Stufe auf diese Weise gewählt bzw. eingestellt.

15

Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform der erfindungsmäßigen Vorrichtung beinhaltet die Vorrichtung eine Einheit, die unter den einzelnen Modulen der Spannungsquelle einen Spannungsausgleich durch ein sogenanntes „aktive Balancing“
20 durchführt, um hohe Ausgleichsströme bei zumindest teilweise durchgeführter Parallelschaltung zu unterbinden.

Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform der erfindungsmäßigen Vorrichtung können Ausgleichsströme, die bei zumindest
25 teilweiser Parallelschaltung auftreten können, durch geeignete passive Bauelemente unterbunden werden.

Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform werden Ausgleichsströme unter einzelnen Modulen der Spannungsquelle dadurch unterbunden, dass in dem Betriebspunkt mit zumindest
30 teilweiser Parallelschaltung die parallel genutzten Module abwechselnd genutzt werden und nicht direkt parallel miteinander verbunden werden.

Die Erfindung schafft ferner eine Elektro-Antriebseinheit für
35 ein Fahrzeug mit den in Patentanspruch 12 angegebenen Merkmalen.

Die Erfindung schafft demnach eine Elektro-Antriebseinheit für ein Fahrzeug mit einer modular aufgebauten Spannungsquelle, einem Umrichter und einem Elektromotor zum Antrieb des Fahrzeugs und mit einer Vorrichtung zur stufenweisen Einstellung einer Betriebsspannung für den Elektromotor während der Fahrt des Fahrzeugs, wobei die Vorrichtung zur stufenweisen Einstellung einer Betriebsspannung für den Umrichter des Elektromotors während der Fahrt des Fahrzeugs die Betriebsspannung, die von einer modular aufgebauten Spannungsquelle bereitgestellt wird, in Abhängigkeit von einer Drehzahl des Elektromotors Module der modular aufgebauten Spannungsquelle derart schaltet, dass eine Verbesserung des Gesamtwirkungsgrades des elektrischen Antriebsstranges in einem niedrigen Drehzahlbereich des Elektromotors erfolgt, wobei das Schalten der Module der Spannungsquelle mittels eines aus steuerbaren Leistungsschaltern aufgebauten Schaltnetzwerkes erfolgt, das durch Steuersignale ansteuerbar ist, die von einer Schaltsteuerung in Abhängigkeit der Drehzahl des Elektromotors generiert werden.

Bei einer möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Elektro-Antriebseinheit ist der Elektromotor ein Drehfeld-Motor.

Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Elektro-Antriebseinheit ist der Elektromotor ein Gleichstrom-Elektromotor.

Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Elektro-Antriebseinheit ist ein Umrichter vorgesehen, welcher die Betriebsspannung in einen ein- oder mehrphasigen Wechselstrom für einen Drehfeld-Elektromotor umwandelt.

Die Erfindung schafft ferner ein Elektrofahrzeug mit den in Patentanspruch 13 angegebenen Merkmalen.

Bei einer möglichen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Elektrofahrzeugs handelt es sich bei dem Elektrofahrzeug um ein Elektrostraßenfahrzeug, insbesondere ein Elektroautomobil.

5

Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Elektrofahrzeugs handelt es sich bei dem Elektrofahrzeug um ein Elektrofahrrad.

10 Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Elektrofahrzeugs handelt es sich bei dem Elektrofahrzeug um ein Elektrowasserfahrzeug.

Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Elektrofahrzeugs handelt es sich bei dem Elektrofahrzeug um ein Elektroschienenfahrzeug.

15

Die Erfindung schafft ferner eine Spannungsquelle zur Bereitstellung einer Betriebsspannung für einen Elektromotor mit den in Patentanspruch 14 angegebenen Merkmalen.

20

Die Erfindung schafft ferner ein Verfahren zur dynamischen Einstellung einer Betriebsspannung für einen Elektromotor mit den in Patentanspruch 15 angegebenen Merkmalen.

25

Im Weiteren werden mögliche Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung und des erfindungsgemäßen Verfahrens zur dynamischen Einstellung einer Betriebsspannung für einen Elektromotor unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren näher erläutert.

30

Es zeigen:

Fig. 1 ein Diagramm zur Darstellung der elektrischen Verluste und eines Wirkungsgrades bei einem herkömmlichen Elektromotor in Abhängigkeit von dessen Drehzahl;

35

- Fig. 2 ein Blockschaltbild zur Darstellung eines Ausführungsbeispiels der modular aufgebauten Spannungsquelle mit einem darin integrierten steuerbaren Schaltnetzwerk gemäß der Erfindung;
- 5
- Fig. 3 ein Blockschaltbild zur Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Elektro-Antriebseinheit;
- 10
- Fig. 4 ein Blockschaltbild zur Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Elektro-Antriebseinheit;
- 15
- Fig. 5 ein Blockschaltbild zur Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Elektro-Antriebseinheit;
- 20
- Fig. 6 ein Blockdiagramm zur Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung integrierbaren Schaltsteuerung;
- 25
- Fig. 7, 8, 9 Diagramme zur Darstellungen von Spannungskennlinien, die bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung und dem erfindungsgemäßen Verfahren zur dynamischen Einstellung einer Betriebsspannung für einen Elektromotor eingesetzt werden können.
- 30

Wie man aus Fig. 2 erkennen kann, weist bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel eine modular aufgebaute Spannungsquelle 1 gemäß der Erfindung mehrere Spannungs-Module 2-1, 2-2 auf, die mithilfe eines Schaltnetzwerkes 3 in Serie oder parallel verschaltbar sind. Bei dem in Fig. 2 dargestellten einfachen Ausführungsbeispiel weist die modular aufgebaute Spannungsquelle zwei Spannungs-Module 2-1, 2-2 auf, wobei bei anderen

35

Ausführungsformen die Anzahl der Spannungs-Module innerhalb der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 variieren kann und beispielsweise drei, vier, sechs, acht usw. Spannungs-Module 2-i enthalten kann. Bei den Spannungs-Modulen 2-i kann es
5 sich beispielsweise um Batteriezellen einer modular aufgebauten Autobatterie handeln. Alternativ kann es sich bei den Spannungs-Modulen 2-i auch um Brennstoffzellen oder um Solarzellen handeln. Bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel ist das Schaltnetzwerk 3 in der modular aufgebauten
10 Spannungsquelle 1 integriert und ist über Steuerleitungen durch eine in der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 integrierte Schaltsteuerung 4 ansteuerbar. Die Schaltsteuerung 4 steuert über Steuerleitungen Schalter 5-1, 5-2, 5-3 innerhalb des Schaltnetzwerkes 3. Bei den Schaltern 5-i kann es sich
15 insbesondere um Leistungsschalter handeln, beispielsweise um MOSFET, IGBT oder um Relais. Die Leistungsschalter weisen vorzugsweise einen niedrigen Kontakt- und Durchlasswiderstand auf. Bei dem in Fig. 2 dargestellten einfachen Ausführungsbeispiel können die beiden Spannungs-Module 2-1, 2-2 zwischen
20 verschiedenen Schaltzuständen umgeschaltet werden. Beispielsweise werden die beiden Spannungs-Module 2-1, 2-2 durch Schließen des ersten Leistungsschalters 5-1 bei gleichzeitigem Öffnen der beiden übrigen Schalter 5-2, 5-3 des Schaltnetzwerkes 3 in Serie geschaltet und geben eine höhere
25 Betriebsspannung für den Elektromotor 9 an den Spannungsausgängen 6-1, 6-2 der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 ab. Umgekehrt können die beiden Spannungs-Module 2-1, 2-2 durch Öffnen des Schalters 5-1 bei gleichzeitigem Schließen der beiden übrigen Schalter 5-2, 5-3 des Schaltnetzwerkes 3 pa-
30 rallel zueinander verschaltet werden. Die in der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 integrierte Schaltsteuerung 4 erhält über einen Steuereingang 7 die Drehzahl n des mit einer Spannung U_{EM} zu versorgenden Elektromotors 9. In Abhängigkeit von der Drehzahl n des Elektromotors 9 werden die Spannungs-
35 Module 2-1, 2-2 der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 derart geschaltet, dass der Gesamtwirkungsgrad des elektrischen Antriebsstranges in einem niedrigen Drehzahlbereich des

Elektromotors 9 verbessert bzw. erhöht wird. Das Schalten der Spannungs-Module 2-i erfolgt mittels des aus steuerbaren Leistungsschaltern 5-i bestehenden Schaltnetzwerkes 3, das durch Steuersignale ansteuerbar ist, die von der Schaltsteuerung 4 in Abhängigkeit von der Drehzahl n des Elektromotors 9 generiert werden.

Es gilt folgender Zusammenhang:

- 10 • Durchlassverluste steigen durch zusätzliche Schaltelemente des elektrischen Getriebes
- Schaltverluste von Schaltbausteinen der Umrichtereinheit sinken

Da jedoch die Schaltverluste stärker als die Durchlassverluste steigen, ergibt sich eine Steigerung des Gesamtwirkungsgrades des elektrischen Antriebsstranges, wobei die Schaltverluste in der Umrichtereinheit sinken während höhere Durchlassverluste hauptsächlich durch das elektrische Getriebe und höhere Ströme bei paralleler Verschaltung unter Beibehaltung der gleichen Leistungsabgabe des Elektromotors 9 verursacht werden. Die höheren Durchlassverluste ergeben sich dabei aus den Ohm'schen Widerständen von zusätzlichen Leitungen und Schaltbausteinen. Die Wirkungsgradsteigerung ist somit abhängig von den verwendeten Schaltelementen für das elektrische Getriebe. Ein möglichst niedriger Durchlasswiderstand ist hierbei vorteilhaft.

Die in Fig. 2 dargestellte modular aufgebaute Spannungsquelle 1 kann eine Vielzahl von unterschiedlichen Spannungs-Modulen 2-i aufweisen, die während des Betriebes des Elektrofahrzeugs, das durch den drehenden Elektromotor 9 angetrieben wird, unterschiedlich verschaltet bzw. dynamisch geschaltet werden. Dabei werden in einem niedrigen Drehzahlbereich des Elektromotors mehrere Spannungs-Module 2-i der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 parallel zueinander anstatt in Reihe geschaltet. In dem niedrigen Drehzahlbereich des Elektromo-

tors 9 ermöglicht dies eine Betriebsspannung, die deutlich geringer ist als eine Nennspannung der modular aufgebauten Spannungsquelle 1. Durch die zumindest teilweise parallele Verschaltung von Spannungs-Modulen 2-i innerhalb der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 ist der Gesamtwirkungsgrad des elektrischen Antriebsstranges verbessert und führt somit zu geringeren Verlusten. Dadurch wird der Wirkungsgrad des elektrischen Antriebsstranges in einem Teillastbereich der Antriebsmaschine bzw. des Elektromotors 9 erhöht und somit die Reichweite des Elektrofahrzeugs, das durch den Elektromotor 9 betrieben wird, gesteigert.

Bei einer möglichen Ausführungsform entspricht die der Steuerung 4 zugeführte Drehzahl n des Elektromotors 9 einer Wunschdrehzahl bzw. Solldrehzahl, die von einem Bediener des Elektrofahrzeugs bereitgestellt wird, beispielsweise mithilfe eines Gaspedals des Elektrofahrzeugs. Weiterhin ist es möglich, dass die Drehzahl n des Elektromotors 9 sensorisch erfasst wird und der Schaltsteuerung 4 zugeführt wird.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung werden somit Module bzw. Spannungs-Module 2-i der modular aufgebauten Spannungsquelle in Abhängigkeit von der momentanen und/oder gewünschten Drehzahl n eines Elektromotors geschaltet, um eine Verbesserung des Gesamtwirkungsgrades des elektrischen Antriebsstranges in einem niedrigen Drehzahlbereich des Elektromotors zu erreichen. Während einer konstanten Fahrt des Elektrofahrzeugs mit einer bestimmten Drehzahl des Elektromotors, die unterhalb eines vorgegebenen Drehzahl-Grenzwertes liegt, wird der Energiespeicherverbund bzw. die modular aufgebaute Spannungsquelle 1 entsprechend mithilfe des Schaltnetzwerkes 3 geschaltet. Wird in diesem Zustand nun das Elektrofahrzeug beschleunigt, wird zunächst die bestehende Verschaltung der Spannungs-Module 2-i innerhalb der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 beibehalten, bis der vorgegebene Drehzahl-Grenzwert erreicht wird. Nach Erreichen des Drehzahl-Grenzwertes wird die Verschaltung der Spannungs-Module 2-i

innerhalb der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 während der Fahrt des Elektrofahrzeugs dynamisch geändert. Sobald der Grenzwert des Beschleunigungsvorgangs erreicht wird, werden einzelne Spannungs-Module 2-i der modular aufgebauten Span-

5 nungsquelle 1 zumindest teilweise seriell geschaltet, um eine höhere Betriebsspannung für den Elektromotor des Fahrzeugs zu erreichen. Es wird auf diese Weise der Antriebsmaschine bzw. dem Elektromotor des Elektrofahrzeugs in dem Anfahrbereich durch die modular aufgebaute Spannungsquelle 1 eine elektri-

10 sche Spannung zur Verfügung gestellt, die deutlich unterhalb der Spannung zum Erreichen einer Maximalgeschwindigkeit des Fahrzeugs liegt. Daher verbessert sich mithilfe der Vorrichtung zur dynamischen Einstellung der Betriebsspannung für den Elektromotor 9 der Wirkungsgrad für den Elektromotor und den

15 Umrichter in diesem Anfahrbereich. Um diese Funktion zu realisieren ist zudem eine Anpassung der Schaltzeiten der Leistungsschalter des Umrichters 10 erforderlich. Diese Anpassung erfolgt gleichzeitig zu dem Schalten des Schaltnetzwerks 3. Hierbei werden bei zumindest teilweiser Parallelschaltung die

20 Zeiten in denen die Leistungsschalter des Umrichters 10 eingeschaltet sind gegenüber dem Zustand bei zumindest teilweiser Serienschaltung bei jeweils gleicher Drehzahl des Elektromotors 9 länger gewählt.

25 Fig. 3 zeigt ein Blockschaltbild zur Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Elektro-

Antriebseinheit 8 für ein Fahrzeug mit einem Elektromotor 9 zum Antrieb des Fahrzeugs und mit einer modular aufgebauten Spannungsquelle 1, wie sie in Fig. 2 dargestellt ist. Die modular aufgebaute Spannungsquelle 1 liefert eine Betriebsspan-

30 nung U_{EM} für den Elektromotor 9 in Abhängigkeit von einer Drehzahl n des Elektromotors 9, wobei diese Betriebsspannung an einen Umrichter 10 angelegt wird, der einen von der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 abgegebenen Gleichstrom in

35 einen mehrphasigen Wechselstrom für einen Drehfeld-Elektromotor 9 umwandelt. Der Umrichter 10 kann die Information zur Anpassung der Schaltzeiten für die Leistungsschalter

aus der Eingangsspannung bzw. der Ausgangsspannung der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 oder aus der Information über die Drehzahl n des Elektromotors 9 ziehen. Bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel der Elektro-

5 Antriebseinheit 8 sind die Schaltsteuerung 4 und das Schalt-
netzwerk 3 in der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 integriert, wobei die Schaltsteuerung 4 die Drehzahl n des Drehfeld-Elektromotors 9 einstellt. Diese Drehzahl n kann bei einer möglichen Ausführungsform einer von dem Fahrer des Elektrofahrzeugs eingestellten Solldrehzahl entsprechen. Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform kann die Drehzahl n direkt sensorisch am Elektromotor 9 mit einem Drehzahlmesser erfasst werden. Bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel handelt es sich bei dem Elektromotor 9 um einen Drehfeld-

10
15 Elektromotor.

Fig. 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem die modular aufgebaute Spannungsquelle 1 mit dem darin integrierten Schaltnetzwerk 3 und der darin integrierten Schaltsteuerung 4 direkt an einen Gleichstrom-Elektromotor 9 der Elektro-Antriebseinheit 8 angeschlossen ist.

20

Fig. 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel für eine Elektro-Antriebseinheit 8 gemäß der Erfindung. Bei der in Fig. 5 dargestellten Ausführungsform befindet sich die Steuerschaltung 4 zur Ansteuerung des Schaltnetzwerkes 3 nicht in der modular aufgebauten Spannungsquelle 1, sondern in einer Leistungselektronik des Fahrzeugs, die beispielsweise einen Umrichter 10 aufweist, der einen mehrphasigen Wechselstrom für einen Drehfeld-Elektromotor 9 generiert.

25
30

Fig. 6 zeigt ein Blockschaltbild zur Darstellung eines einfachen Ausführungsbeispiels für eine Schaltsteuerung 4, die ein Schaltnetzwerk 3 der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 ansteuert. Bei dem in Fig. 6 dargestellten einfachen Ausführungsbeispiel weist die Schaltsteuerung 4 einen Mikroprozessor bzw. eine Central Processing Unit 4A auf, die Zugriff auf

35

einen Datenspeicher 4B hat und mit einem Interface bzw. einer Datenschnittstelle 4C verbunden sein kann. In dem Datenspeicher 4B der Schaltsteuerung 4 können für verschiedene Elektromotore 9 der Elektro-Antriebseinheit 8 unterschiedliche Kennlinien bzw. Schwellenwerte abgelegt werden, um ein drehzahlabhängiges Spannungsverhalten der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 zu erreichen.

Die Figuren 7, 8, 9 zeigen beispielhaft die von der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 abgegebene Betriebsspannung für einen Elektromotor 9 in Abhängigkeit von einer Drehzahl n des Elektromotors 9. Die in den Figuren 7, 8, 9 dargestellten Betriebsspannungen U_{EM} werden von der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 erzeugt, indem die Leistungsschalter des darin integrierten Schaltnetzwerkes 3 in Abhängigkeit von der Drehzahl n des Elektromotors 9 durch die Schaltsteuerung 4 geschaltet werden. Wie man aus den Figuren 7, 8, 9 erkennen kann, nimmt die Betriebsspannung U_{EM} , die durch die modular aufgebaute Spannungsquelle 1 geliefert wird, auf diese Weise mit der Drehzahl n des Elektromotors 9 stufenweise zu. Bei dem in Fig. 7 dargestellten einfachen Beispiel ist ein Drehzahl-Schwellenwert n_{SW} vorgesehen. Bei Überschreiten des Schwellenwertes n_{SW} wird die Betriebsspannung U_{EM} durch Reihenschaltung von Spannungs-Modulen 2-i erhöht. In einem unteren Drehzahlbereich unterhalb des Schwellenwertes n_{SW} wird die Betriebsspannung U_{EM} der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 verringert, indem die Spannungs-Module 2-i der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 zumindest teilweise parallel geschaltet werden. In dem unteren Drehzahlbereich unterhalb des Schwellenwertes n_{SW} wird auf diese Weise der Wirkungsgrad der Antriebseinheit 8 erhöht. Die Schwellenwerte n_{SW} können für den Wechsel von zumindest teilweiser Parallelschaltung auf zumindest teilweise Serienschaltung unterschiedlich ausfallen wie für den Wechsel von zumindest teilweiser Serienschaltung auf zumindest teilweise Parallelschaltung.

Bei anderen Ausführungsvarianten der erfindungsgemäßen Elektro-Antriebseinheit 8 können auch mehrere Drehzahl-Schwellenwerte n_{SW} vorgesehen sein, sodass eine stufenweise Erhöhung der Betriebsspannung U_{EM} für den Elektromotor 9 erfolgt, wie dies beispielhaft in Fig. 8 dargestellt ist. Bei dem in Fig. 8 dargestellten Beispiel sind drei Drehzahlbereiche mithilfe von zwei Schwellenwerten n_{SW1} , n_{SW2} definiert, wobei sich die Betriebsspannung abhängig von der Drehzahl n während der Fahrt des Elektrofahrzeugs stufenweise erhöht.

Die Anzahl der Schwellenwerte bzw. Drehzahlbereiche kann abhängig von dem Typ und der Bauart des Elektromotors 9 variieren und individuell an die Bedürfnisse des jeweiligen Elektromotors 9 angepasst werden.

Fig. 9 zeigt ein Beispiel mit fünf verschiedenen Drehzahl-Schwellenwerten und einer entsprechenden Anzahl von Drehzahlbereichen des Elektromotors 9. Die Anzahl der Drehzahlbereiche kann variieren, wie in Fig. 9 beispielhaft angedeutet. Die Höhe der Spannungsstufen zwischen den verschiedenen Drehzahlbereichen des Elektromotors 9 kann ebenfalls an den Elektromotor 9 angepasst sein.

Die in Fig. 7, 8, 9 dargestellten Drehzahl-Schwellenwerte n_{SW} bzw. die entsprechenden Kennlinien können in dem Datenspeicher 4B der Schaltsteuerung 4 abgelegt sein und können durch die CPU 4A in entsprechende Steuersignale für die Leistungsschalter 5-i innerhalb des Schaltnetzwerkes 3 umgerechnet werden. Bei einer möglichen Ausführungsvariante können die Schwellenwerte bzw. die Kennlinien über die Schnittstelle 4C der Schaltsteuerung 4 in den Datenspeicher 4B eingeschrieben werden. Bei dem Datenspeicher 4B kann es sich auch um einen festprogrammierbaren Datenspeicher handeln, der in die Schaltsteuerung 4 eingesetzt wird. Die Verschaltung der Spannungs-Module 2-i der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 kann mithilfe der steuerbaren Leistungsschalter 5-i des Schaltnetzwerkes 3 durch Steuersignale CTRL geändert werden, die von der Schaltsteuerung 4 individuell für den Elektromo-

tor 9 basierend auf der in dem Datenspeicher 4B abgelegten Schaltkennlinie des jeweiligen Elektromotors 9 generiert werden. Die Anzahl der Spannungs-Module 2-i innerhalb der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 kann variieren. Beispielsweise können auch drei oder mehr Spannungs-Module 2-i innerhalb der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 in Reihe oder parallel mittels des Schaltnetzwerkes 3 verschaltet werden. Auf diese Weise hat man beispielsweise sowohl einen Spannungsbereich bis zu einem Drittel der Nennspannung zur Verfügung als auch einen Spannungsbereich bis zur Nennspannung des Energiespeicherverbundes der modular aufgebauten Spannungsquelle.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann innerhalb eines Elektrofahrzeugs eingesetzt werden. Bei dem Elektrofahrzeug kann es sich beispielsweise um ein Elektrofahrrad, ein Elektrostraßenfahrzeug, ein Elektrowasserfahrzeug oder um ein Elektroschienenfahrzeug handeln. Weiterhin kann es sich bei dem Elektrofahrzeug auch um ein Hybridfahrzeug handeln, das neben dem Elektromotor über einen Verbrennungsmotor verfügt.

Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung werden die Module bzw. Spannungs-Module 2-i der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 zusätzlich in Abhängigkeit von mindestens einem weiteren Betriebsparameter geschaltet.

Bei einer möglichen Ausführungsform wird der zusätzliche Betriebsparameter, der in Abhängigkeit durch das Schalten der Module 2-i der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 erfolgt, mithilfe eines Sensors erfasst. Der Sensor erfasst beispielsweise eine Temperatur T der Spannungsquelle 1. Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist es möglich, mit denselben Spannungs-Modulen 2-i bzw. Energiespeicherzellen und derselben Anzahl von Spannungs-Modulen sowie derselben Antriebsmaschine bzw. demselben Elektromotor einen höheren Gesamtwirkungsgrad zu erreichen. Auf diese Weise kann die in dem Energiespei-

cherverbund bzw. der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 gespeicherte elektrische Energie effizienter genutzt werden. Die erfindungsgemäße Vorrichtung betrifft somit eine Leistungselektronik für elektrische Antriebsmaschinen bzw. Elektromotoren, die in Abhängigkeit von einer aktuellen Drehzahl n der Antriebsmaschine bzw. des Elektromotors den Energiespeicherverbund, der aus mehreren Spannungs-Modulen besteht, für den jeweiligen Zustand der Antriebsmaschine am besten geeignet schaltet. So kann die Leistungselektronik die einzelnen Module des Energiespeicherverbundes bzw. der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 parallel und/oder in Reihe verschalten. Dadurch ergeben sich verschiedene Eingangsspannungen beispielsweise für einen Umrichter der Leistungselektronik. Der Umrichter kann den an den Energiespeicherverbund 1 gelieferten Gleichstrom in einen entsprechend benötigten Drehstrom für die Antriebsmaschine bzw. den Elektromotor 9 umwandeln. Durch das richtige Verhältnis der Zustände „eingeschaltet“ zu „ausgeschaltet“ der Leistungsschalter, insbesondere MOSFET oder IGBT des Umrichters, ergibt sich dann die gewünschte Leistung für die Antriebsmaschine 9. Die erfindungsgemäße Vorrichtung berücksichtigt das richtige Verhältnis der Zustände „eingeschaltet“ zu „ausgeschaltet“ der Leistungsschalter des Umrichters, indem die momentane Eingangsspannung aus dem Energiespeicherverbund bzw. der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 abhängig ist von den gewählten Schaltzeiten der Leistungsschalter des Umrichters und umgekehrt. Bei einer Änderung der Eingangsspannung für den Umrichter bzw. Ausgangsspannung der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 werden die Schaltzeiten der Leistungsschalter des Umrichters geeignet angepasst, um ein stetiges Verhalten des Drehmomentverlaufes bzw. der Drehzahl n des Elektromotors 9 über die Schaltschwelle hinweg zu gewährleisten. Die erfindungsgemäße Vorrichtung bietet somit eine Regelung, die abhängig von der Motordrehzahl n des Elektromotors 9 eine geeignete Verschaltung der Module 2-i innerhalb der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 schafft und zudem die Schaltzeiten des Umrichters geeignet anpasst. Bei Parallelschaltung der Spannungs-Module

bzw. Batterie-Module 2-i innerhalb der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 sind dabei längere Einschaltzeiten der Schaltelemente bzw. Leistungsschalter 5-i vorgesehen als bei einer Reihenschaltung von Spannungs-Modulen 2-i bei gleicher Drehzahl der Antriebsmaschine 9. Anhand der Schaltzeiten der Schaltbausteine bzw. Leistungsschalter 5-i des Schaltnetzwerkes 3 lässt sich auf diese Weise die Drehzahl n der Antriebsmaschine bzw. des Elektromotors 9 variieren. Bei einer Einschaltzeit von 100 % der maximal möglichen Einschaltzeit wird eine Maximaldrehzahl n_{\max} des Elektromotors 9 erreicht. Werden beispielsweise die Spannungs-Module 2-i einer modular aufgebauten Spannungsquelle 1 mit zwei Spannungs-Modulen 2-1, 2-2 parallel geschaltet, wird nur eine halbe Maximalspannung des Batteriepacks bzw. der modular aufgebauten Spannungsquelle 1 erreicht. In diesem Falle wird mit einer Einschaltzeit von 100 % die halbe Maximaldrehzahl n_{\max} des Elektromotors 9 erreicht. Wird nun auf eine Reihenschaltung umgeschaltet, wird dieselbe Drehzahl n des Elektromotors 9 mit einer Einschaltzeit der Schaltelemente bzw. Leistungsschalter von 50 % der maximal möglichen Einschaltzeit erreicht. Bei dieser Schaltstufe kann nun die Antriebsmaschine bzw. der Elektromotor 9 weiter bis zu ihrer mit der Spannung aus dem Batteriepack möglichen Maximaldrehzahl n_{\max} beschleunigt werden.

Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist es möglich, sowohl Drehfeld-Elektromotore als auch Gleichstrom-Motore zu betreiben. Bei Betrieb eines Gleichstrom-Motors werden anstatt eines Umrichters lediglich Schaltbausteine verwendet, mit denen das richtige Verhältnis der Zustände „eingeschaltet“ zu „ausgeschaltet“ eingestellt wird. Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur dynamischen Einstellung einer Betriebsspannung für einen Elektromotor 9 bildet ein elektrisches Getriebe für eine modular aufgebaute Spannungsquelle 1, bei der abhängig von einer Fahrzeuggeschwindigkeit V bzw. einer Drehzahl n einer Antriebsmaschine 9, verschiedene Schaltstufen zur Erhöhung des Entladewirkungsgrades eingestellt werden können.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur dynamischen Einstellung einer Betriebs-
spannung für einen Elektromotor (9), die von einer modu-
5 lar aufgebauten Spannungsquelle (1) bereitgestellt wird,
wobei in Abhängigkeit von einer Drehzahl (n) des Elektro-
motors (9) Module (2-i) der modular aufgebauten Span-
nungsquelle (1) geschaltet werden,
wobei das Schalten der Module (2-i) der Spannungsquelle
10 (1) mittels eines aus steuerbaren Leistungsschaltern (5)
aufgebauten Schaltnetzwerkes (3) erfolgt, das durch Steu-
ersignale ansteuerbar ist, die von einer Schaltsteuerung
(4) in Abhängigkeit der Drehzahl (n) des Elektromotors
(9) generiert werden, wobei Drehzahl-Schwellenwerte (n_{SW})
15 zwischen Drehzahlbereichen, an denen ein Umschalten der
Module (2-i) der modular aufgebauten Spannungsquelle (1)
in Abhängigkeit von der Drehzahl (n) des Elektromotors
(9) erfolgt, einstellbar sind.
- 20 2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
wobei die Drehzahl-Schwellenwerte (n_{SW}) als Schaltschwell-
werte verwendet werden, die bei Änderung von zumindest
teilweiser Parallelschaltung auf zumindest teilweiser se-
25 rieller Verschaltung oder bei Änderung von zumindest
teilweiser serieller Verschaltung auf zumindest teilweise
Parallelschaltung derart gewählt werden, dass der Gesamt-
wirkungsgrad eines elektrischen Antriebsstranges, welcher
den Elektromotor (9) und einen Umrichter (10) aufweist,
30 bei zumindest teilweiser Parallelschaltung und zumindest
teilweiser serieller Verschaltung gleich sind und sich
dieser Schaltschwellwert unterhalb der mit der in zumin-
dest teilweiser Parallelschaltung möglichen Maximaldreh-
zahl des Elektromotors (9) befindet.
- 35 3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
wobei Module (2-i) der modular aufgebauten Spannungsquel-
le (1) zusätzlich in Abhängigkeit von mindestens einem

weiteren Betriebsparameter geschaltet werden, wobei der weitere erfasste Betriebsparameter ein Ladezustand der Spannungsquelle, eine Temperatur der Spannungsquelle, eine Belastungszeit oder ein Alterungszustand der Spannungsquelle ist.

5

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei in einem niedrigen Drehzahlbereich des Elektromotors (9) die Module (2-i) der Spannungsquelle (1) zur Bereitstellung einer geringen Betriebsspannung für den Umrichter und somit für den Elektromotor (9) zumindest teilweise parallel geschaltet werden.

10

5. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 4, wobei in einem hohen Drehzahlbereich des Elektromotors (9) die Module (2-i) der Spannungsquelle (1) zur Bereitstellung einer hohen Betriebsspannung für einen Umrichter (10) des Elektromotors (9) zumindest teilweise seriell geschaltet werden, wobei die Betriebsspannung für den Umrichter (10) des Elektromotors (9) stufenweise in mehreren Drehzahlbereichen des Elektromotors (9) durch Schalten der Module (2-i) der modular aufgebauten Spannungsquelle (1) mit zunehmender Drehzahl des Elektromotors (9) erhöht wird.

15

20

25

6. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 5, wobei die Module (2-i) der modular aufgebauten Spannungsquelle (1) Batteriezellen, Brennstoffzellen oder Solarzellen aufweisen.

30

7. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 6, wobei das Schaltnetzwerk (3) eine Einheit zur aktiven Angleichung der Spannungen der Module (2-i) der modular aufgebauten Spannungsquelle (1) aufweist.

35

8. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 7,
wobei das Schaltnetzwerk (3) passive Bauelemente auf-
weist, die Ausgleichströme zwischen parallel geschalteten
5 Modulen (2-i) der modular aufgebauten Spannungsquelle (1) unterbinden.
9. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 8,
wobei parallel genutzte Module (2-i) der modular aufge-
bauten Spannungsquelle (1) abwechselnd genutzt werden,
wodurch Ausgleichströme unter den parallel genutzten Mo-
dulen (2-i) verhindert werden.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
wobei das Schaltnetzwerk (3) in der modular aufgebauten
Spannungsquelle (1) integriert ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 1,
wobei neben dem Schalten der Module (2-i) zudem die Steu-
erzeiten der Leistungsschalter des Umrichters (10) derart
angepasst werden, dass bei zumindest teilweise in Serie
verschalteten Modulen die Leistungsschalter des Umrich-
ters (10) je Schaltzyklus kürzer eingeschaltet sind und
25 bei zumindest teilweise parallel verschalteten Modulen
die Leistungsschalter des Umrichters (10) je Schaltzyklus
länger eingeschaltet sind bei jeweils gleicher Drehzahl
(n) des Elektromotors (9).
12. Elektro-Antriebseinheit (8) für ein Fahrzeug mit einer
modular aufgebauten Spannungsquelle (1), einem Umrichter
(10) und einem Elektromotor (9) zum Antrieb des Fahrzeugs
und mit einer Vorrichtung zur stufenweisen Einstellung
35 einer Betriebsspannung für den Umrichter (10) des Elekt-
romotors (9), welche während der Fahrt des Fahrzeugs nach
einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 9 betrieben wird.

13. Elektrofahrzeug mit einer Elektro-Antriebseinheit (8)
nach Anspruch 12,
wobei das Elektrofahrzeug ein Elektrofahrrad, ein Elekt-
5 rostraßenfahrzeug, ein Elektrowasserfahrzeug oder ein
Elektroschienenfahrzeug ist.
14. Spannungsquelle (1) zur Bereitstellung einer Betriebs-
spannung für einen Umrichter (10) eines Elektromotors
10 (9), mit
einem steuerbaren Schaltnetzwerk (3), das Spannungs-
Module (2-i) der modular aufgebauten Spannungsquelle (1)
in Abhängigkeit von einer Drehzahl (n) des Elektromotors
(9) derart schaltet, dass ein Gesamtwirkungsgrad einer
15 Elektro-Antriebseinheit (8), welche den Elektromotor (9)
enthält, in einem niedrigen Drehzahlbereich des Elektro-
motors (9) erhöht wird.
15. Verfahren zum dynamischen Einstellen einer Betriebsspan-
20 nung für einen Elektromotor (9), die von einer modular
aufgebauten Spannungsquelle (1) bereitgestellt wird, wo-
bei Module (2-i) der Spannungsquelle (1) in Abhängigkeit
von einer Drehzahl (n) des Elektromotors (9) derart ge-
schaltet werden, dass ein Gesamtwirkungsgrad einer Elekt-
25 ro-Antriebseinheit (8), welche den Elektromotor (9) ent-
hält, in einem niedrigen Drehzahlbereich des Elektromo-
tors (9) erhöht wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15,
30 wobei die Drehzahl-Schwellwerte (n_{SW}) als Schaltschwell-
werte verwendet werden, die bei Änderung von zumindest
teilweiser Parallelschaltung auf zumindest teilweiser se-
rieller Verschaltung oder bei Änderung von zumindest
teilweiser serieller Verschaltung auf zumindest teilweise
35 Parallelschaltung derart gewählt werden, dass der Gesamt-
wirkungsgrad eines elektrischen Antriebsstranges, welcher
den Elektromotor (9) und einen Umrichter (10) aufweist,

bei zumindest teilweiser Parallelschaltung und zumindest
teilweiser serieller Verschaltung gleich sind und sich
dieser Schaltschwellwert unterhalb der mit der in zumin-
dest teilweiser Parallelschaltung möglichen Maximaldreh-
5 zahl des Elektromotors (9) befindet.

17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16,
wobei Drehzahl-Schwellenwerte (n_{SW}) zwischen Drehzahlbe-
reichen, an denen ein Umschalten der Module (2-i) der mo-
10 dular aufgebauten Spannungsquelle (1) in Abhängigkeit von
der Drehzahl (n) des Elektromotors (9) erfolgt, ein-
stellbar sind; und

wobei Module (2-i) der modular aufgebauten Spannungsquel-
15 le (1) zusätzlich in Abhängigkeit von mindestens einem
weiteren Betriebsparameter geschaltet werden, wobei der
weitere erfasste Betriebsparameter ein La-dezustand der
Spannungsquelle, eine Temperatur der Spannungsquelle,
eine Belastungszeit oder ein Alterungszu-stand der Span-
20 nungsquelle ist.

FIG 1

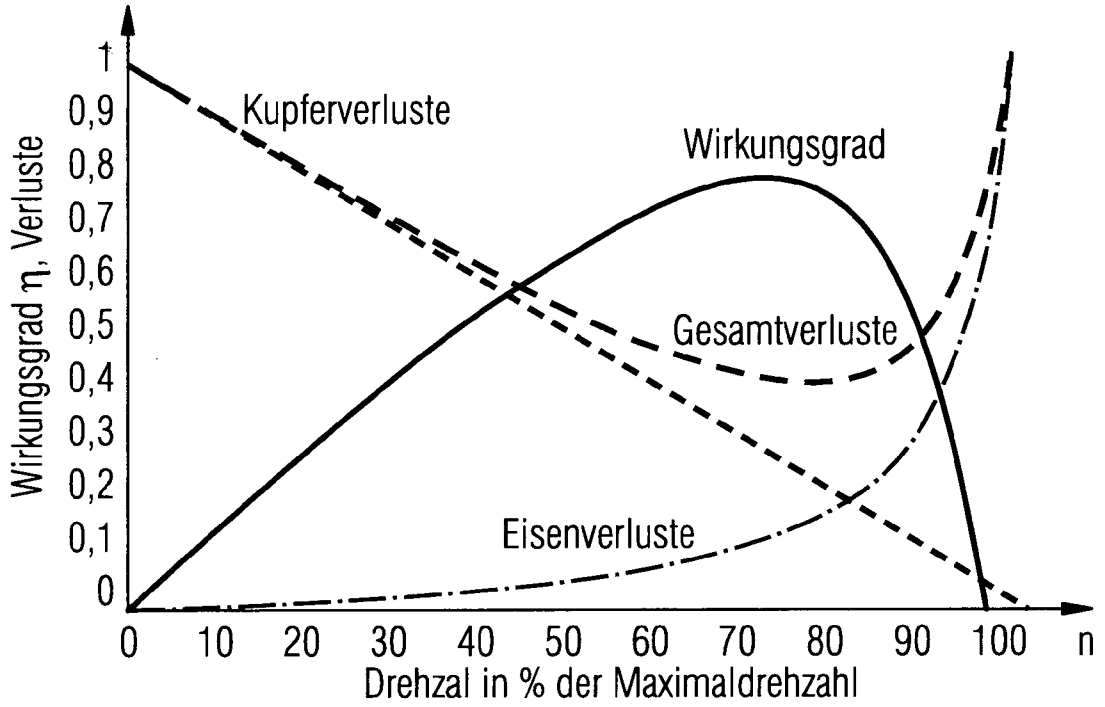


FIG 2

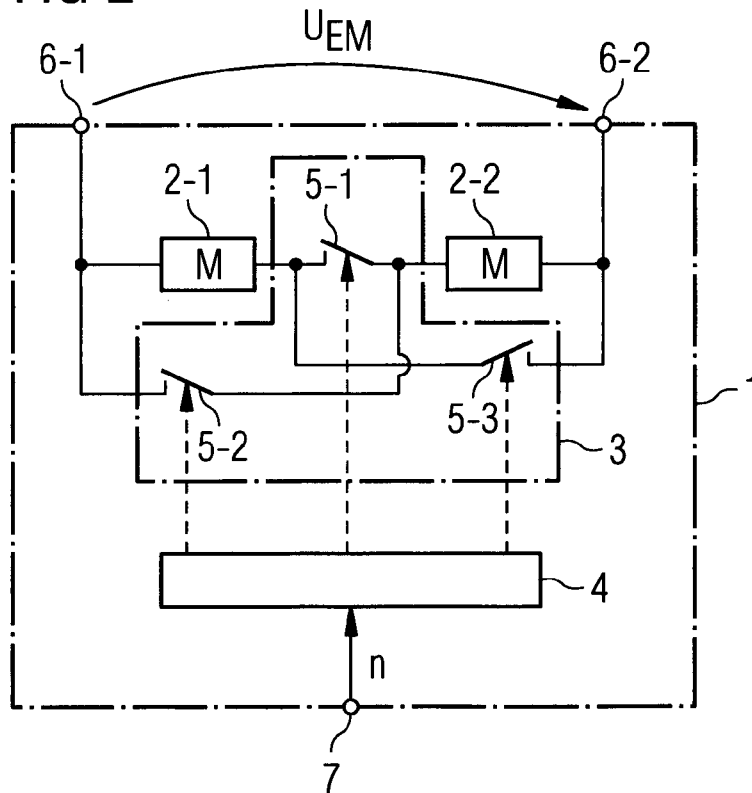


FIG 3

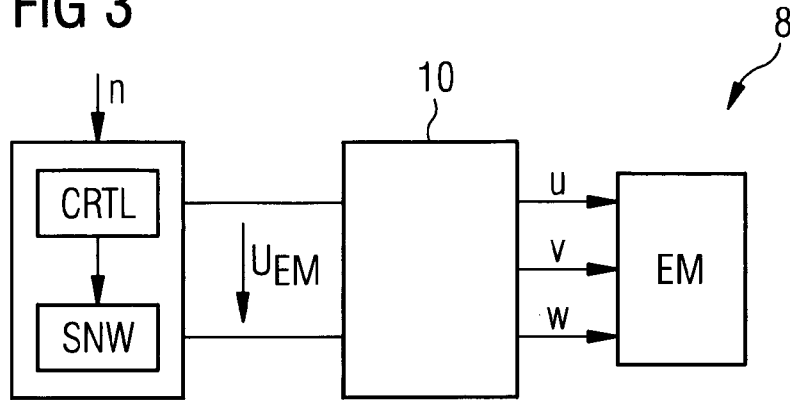


FIG 4

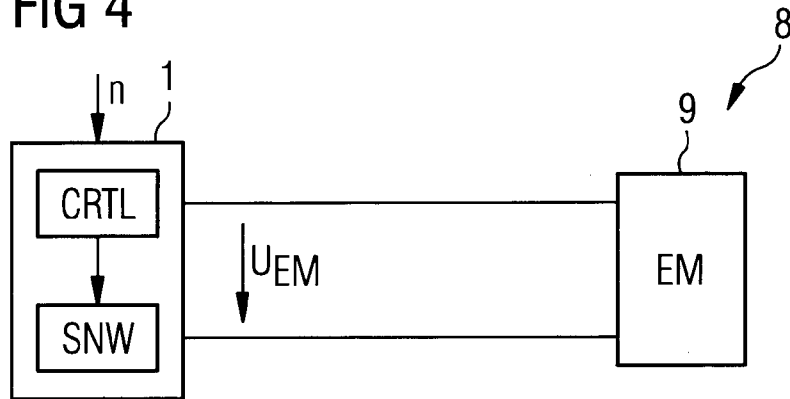
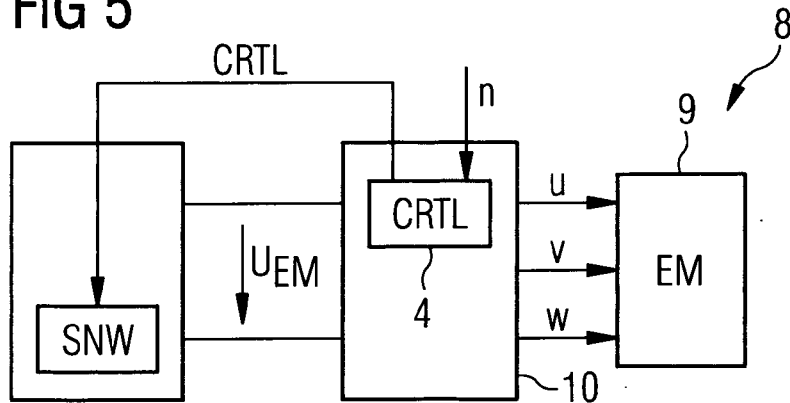


FIG 5



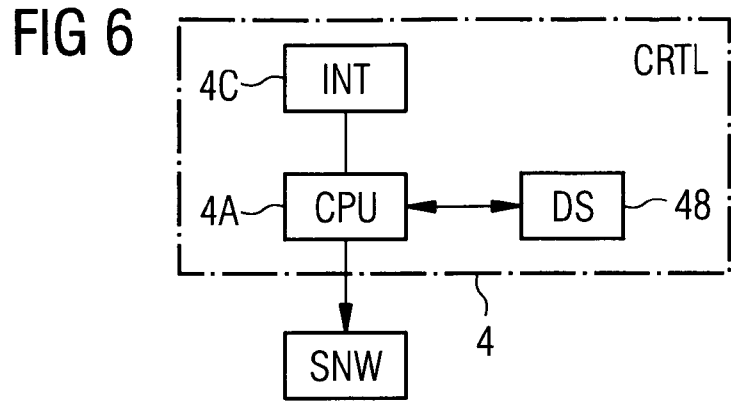


FIG 7

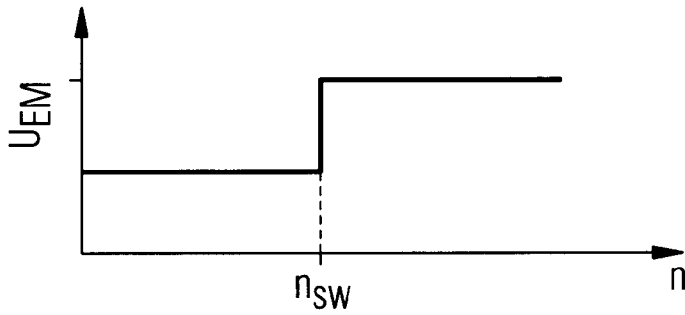


FIG 8

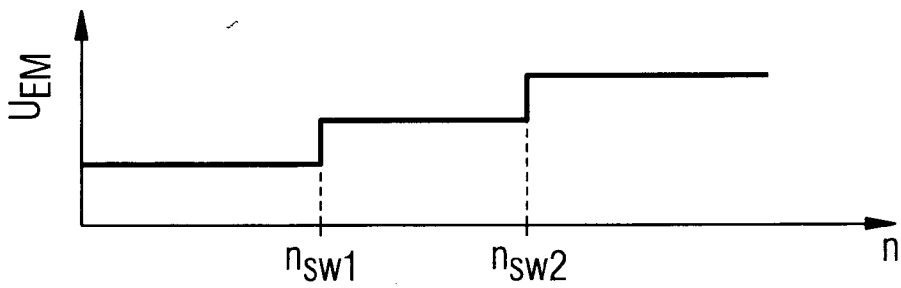


FIG 9

