



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 213 071.2**

(51) Int Cl.: **H02M 3/158 (2006.01)**

(22) Anmeldetag: **30.08.2019**

(43) Offenlegungstag: **04.03.2021**

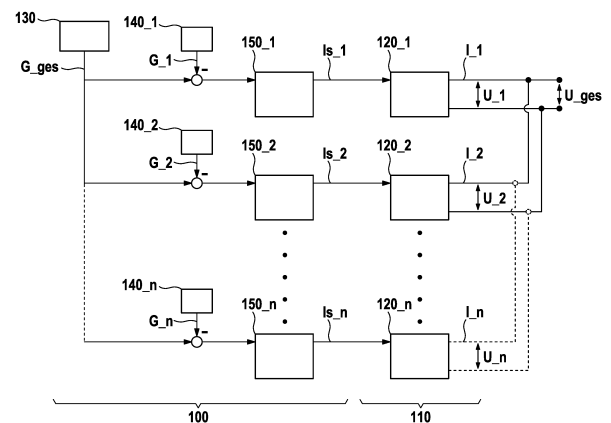
(71) Anmelder:  
**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Esteghlal, Gholamabas, 70499 Stuttgart, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Regelvorrichtung für einen Gleichspannungskonverter, Gleichspannungskonverter und Verfahren zur Regelung eines Gleichspannungskonverters**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Regelung für einen Gleichspannungskonverter mit mehreren parallelgeschalteten Gleichspannungswandler-Modulen. Die Regelung ermittelt individuelle Sollstromwerte für die Gleichspannungswandler-Module, sodass diese mit einem gemeinsamen Auslastungsgrad betrieben werden.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Regelvorrichtung für einen Gleichspannungskonverter sowie einen Gleichspannungskonverter mit einer solchen Regelvorrichtung. Ferner betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Regelung eines Gleichspannungskonverters. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung eine Regelung eines Gleichspannungskonverters mit mehreren Gleichspannungswandler-Modulen.

### Stand der Technik

**[0002]** Die Druckschrift DE 10 2016 219 740 A1 offenbart einen Gleichspannungskonverter mit mehreren parallel geschalteten Gleichspannungswandler-Modulen. Hierbei ist für alle Gleichspannungswandler-Module ein gemeinsamer Spannungsregler vorgesehen. Darüber hinaus ist für jedes Gleichspannungswandler-Modul eine separate Stromregelung vorgesehen.

**[0003]** Gleichspannungswandler sind dazu vorgesehen, eine Eingangsgleichspannung in eine Ausgangsgleichspannung zu konvertieren, wobei die Spannungshöhe der Eingangsgleichspannung von der Spannungshöhe der Ausgangsgleichspannung verschieden sein kann. Die maximale Ausgangsleistung oder Maximalleistung eines Gleichspannungskonverters ist entsprechend der Dimensionierung der verwendeten Bauelemente limitiert. Zur Erhöhung der Ausgangsleistung können gegebenenfalls innerhalb eines Gleichspannungskonverters mehrere Gleichspannungswandler-Module parallel geschaltet werden. Bei dem Betrieb parallel geschalteter Gleichspannungswandler ist der jeweilige Belastungsgrad oder Auslastungsgrad meist unterschiedlich groß, selbst bei gleichen Ausgangsströmen und aufgrund der Parallelschaltung gleich großer Ausgangsspannung, da die parallel geschalteten Gleichspannungswandler unterschiedlich große Maximalleistungen haben. Der Auslastungsgrad eines einzelnen Gleichspannungswandlers soll hierbei als Verhältnis von aktueller Leistung des Gleichspannungswandlers zu seiner Maximalleistung berücksichtigt werden. Der Grund für die unterschiedlich großen Maximalleistungen kann die Verwendung von Gleichspannungswandlern unterschiedlicher Leistungsklassen, bspw. 1200 W oder 1800 W sein. Aber auch einzelne Gleichspannungswandler einer Leistungsklasse können bereits aufgrund von Bauteiltoleranzen stark voneinander abweichende Maximalleistungen, beispielsweise ungefähr 5 % und mehr, aufweisen. Bei einer Parallelschaltung dieser Gleichspannungswandler und einem parallelen Betrieb mit entweder gleichen Strömen oder gleicher Leistung, würde ein Gleichspannungswandler mit geringerer Maximalleistung im Vergleich zu einem Gleichspannungswandler mit größerer Maximalleistung einen höheren Auslastungs-

grad aufweisen. Einzelne Bauteile und Komponenten eines Gleichspannungswandlers werden bei einem Betrieb mit hohem Auslastungsgrad stärker belastet als bei einem Betrieb mit geringerem Auslastungsgrad. Stärker belastete Bauteile und Komponenten altern stärker, fallen folglich früher aus und führen zu einem früheren Ausfall des Gleichspannungswandlers, als bei einem Betrieb mit geringerem Auslastungsgrad. Daher besteht der Bedarf bei einem Gleichspannungskonverter, der mehrere parallelgeschaltete Gleichspannungswandler umfasst, die einzelnen Gleichspannungswandler mit möglichst gleichem Auslastungsgrad zu betreiben, um die Gesamtlebensdauer des Gleichspannungskonverters zu maximieren.

### Offenbarung der Erfindung

**[0004]** Die vorliegende Erfindung offenbart eine Regelvorrichtung für einen Gleichspannungskonverter mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, einen Gleichspannungskonverter mit den Merkmalen des Patentanspruchs 5 sowie ein Verfahren zur Regelung eines Gleichspannungskonverters mit den Merkmalen des Patentanspruchs 6.

**[0005]** Demgemäß ist vorgesehen:

Eine Regelvorrichtung für einen Gleichspannungskonverter mit mehreren ausgangsseitig parallel geschalteten Gleichspannungswandler-Modulen. Der Gleichspannungskonverter umfasst eine erste Ermittlungseinheit zur Ermittlung eines, insbesondere aktuellen, Gesamtauslastungsgrades des Gleichspannungskonverters in Abhängigkeit der Ausgangsströme, der Ausgangsspannung der Gleichspannungswandler-Module und/ oder deren Maximalleistungen, oder in Abhängigkeit von diese Größen repräsentierenden Größen. Weiter umfasst der Gleichspannungswandler

Auslastungsermittlungseinheiten, wobei jeweils einem Gleichspannungswandler-Modul eine Auslastungsermittlungseinheit zugeordnet ist, zur Ermittlung des,

insbesondere aktuellen, Auslastungsgrades des zugeordneten Gleichspannungswandler-Modul in Abhängigkeit des Ausgangsstroms, der Ausgangsspannung des zugeordneten Gleichspannungswandler-Moduls und/ oder dessen Maximalleistung, oder in Abhängigkeit von diese Größen repräsentierenden Größen. Weiter umfasst der Gleichspannungswandler,

mehrere Auslastungsgleichstellungsregler, wobei jeweils einem Gleichspannungswandler-Modul ein Auslastungsgleichstellungsregler zugeordnet ist, und die Auslastungsgleichstellungsregler jeweils dazu ausgelegt sind, einen Sollstromwert für das jeweils zugeordnete Gleich-

spannungswandler-Modul zu generieren basierend auf dem ermittelten Gesamtauslastungsgrad als Sollwert und dem aktuellen Auslastungsgrades als Istwert und insbesondere einem Stromregler des jeweils zugeordneten Gleichspannungswandler-Moduls bereitzustellen.

**[0006]** Es wird eine Regelvorrichtung bereitgestellt, zur Regelung des Betriebs mehrerer Gleichspannungswandler-Module, deren Ausgangsanschlüsse parallel geschaltet sind. Zusammen bilden die Gleichspannungs-Module einen Gleichspannungskonverter aus. An allen Gleichspannungs-Module liegt aufgrund der Parallelschaltung der Ausgangsanschlüsse die gleiche Spannung an. Die Regelvorrichtung umfasst eine erste Ermittlungseinheit, welche einen Gesamtauslastungsgrad des Gleichspannungskonverters ermittelt. Der Gesamtauslastungsgrad wird aus dem Quotient der aktuellen Leistung des Gleichspannungskonverters zu der Maximalleistung des Gleichspannungskonverters gebildet. Hierzu werden die aktuellen Leistungen der einzelnen Gleichspannungs-Module zusammen gezählt, wobei sich eine Leistung eines Gleichspannungswandlers beispielsweise aus dem Produkt des Ausgangstroms und der Ausgangsspannung des Gleichspannungswandler-Moduls ergibt. Bei konstanter Ausgangsspannung kann somit lediglich mit einem erfassten Ausgangstrom ein Maß für die aktuelle Leistung des Gleichspannungskonverters ermittelt werden. Die Maximalleistung des Gleichspannungskonverters ergibt sich aus der Summe der Maximalleistungen der einzelnen Gleichspannungswandler-Module und wird insbesondere als Kalibrierwert vorgegeben. Insbesondere wird für die Regelvorrichtung die Maximalleistung der Gleichspannungswandler-Module als konstant angenommen. Aus deren Summe ergibt sich auch eine konstante Maximalleistung des Gleichspannungskonverters. Aufgrund der gemeinsamen Ausgangsspannung ist zur Bestimmung des Gesamtauslastungsgrad des Gleichspannungskonverters lediglich die Bestimmung des Verhältnisses des aktuellen Ausgangstroms (als Summe der Ausgangsströme der einzelnen Gleichspannungswandler-Module) zu dem maximalen Ausgangstrom des Gleichspannungskonverters ausreichend, wobei sich der maximale Ausgangstrom des Gleichspannungskonverters aus der Summe der maximalen Ausgangsströme der einzelnen Gleichspannungswandler ergibt. Es ist hinreichend bekannt, dass sowohl die Ausgangsspannung als auch der Ausgangstrom eines Gleichspannungswandler-Moduls oder des Konverters beispielsweise auch aus am Eingang des Gleichspannungswandler-Moduls gemessenen Größen bestimmt werden können oder anderer korrelierender Werte, auch mittels Modellbildung, ermittelt werden können. Daher kann der Gesamtauslastungsgrad des Gleichspannungskonverters auch in Abhängigkeit von Größen ermittelt werden, der die Aus-

gangsströme, die Ausgangsspannung oder die Maximalleistung repräsentiert.

**[0007]** Weiter umfasst die Regelvorrichtung mehrere Auslastungsermittlungseinheiten. Jedem Gleichspannungswandler-Modul ist eine Auslastungsermittlungseinheiten zugeordnet. Diese Vielzahl und Zuordnung ist rein beispielhaft regelungstechnisch zu verstehen. Bevorzugt können derartige Auslastungsermittlungseinheiten per Software oder Hardware mittels nur einer oder mehreren Komponenten ausgeführt sein. Möglicherweise sind sämtliche in der Offenbarung genannte Ermittlungseinheiten nur als Software ausgebildet. Analog zu oben wird ein Auslastungsgrad des zugeordneten Gleichspannungswandler-Modul als Quotient aus aktueller Leistung zu der Maximalleistung des Gleichspannungswandler-Moduls ermittelt. Die obigen Ausführungen zur Ermittlung der elektrischen Parameter gelten ebenfalls, sodass der Auslastungsgrad eines Gleichspannungswandler-Moduls auch in Abhängigkeit von Größen ermittelt werden kann, welche den Ausgangstrom, die Ausgangsspannung oder die Maximalleistung des Gleichspannungswandler-Moduls repräsentiert.

**[0008]** Weiter umfasst die Regelvorrichtung mehrere Auslastungsgleichstellungsregler, wobei ebenfalls je ein Auslastungsgleichstellungsregler einem Gleichspannungswandler-Modul zugeordnet ist. Bevorzugt können derartige Auslastungsgleichstellungsregler per Software oder Hardware mittels nur einer oder mehreren Komponenten ausgeführt sein. Möglicherweise sind sämtliche in der Offenbarung genannte Auslastungsgleichstellungsregler nur als Software ausgebildet. Die Auslastungsgleichstellungsregler geben einen Sollstromwert als Vorgabe für das jeweils zugeordnete Gleichspannungswandler-Modul aus, wobei dem Auslastungsgleichstellungsregler als Sollwert der ermittelte Gesamtauslastungsgrad zugeführt wird und als Istwert der ermittelte Auslastungsgrad. Der Stromsollwert kann an einen dem Gleichspannungswandler-Modul vorgelagerten Stromregler zugeführt werden. So ergibt sich eine Kaskadenstruktur des Stromreglers und des Auslastungsgleichstellungsreglers. Alternativ kann der Stromsollwert einem Gleichspannungswandler-Modul direkt zugeführt werden.

**[0009]** Vorteilhaft wird eine Reglervorrichtung geschaffen, die eine selbsttätige Anpassung der Auslastung der einzelnen Gleichspannungswandler-Module an die Gesamtauslastung des Gleichspannungskonverters ermöglicht. Somit werden die unterschiedlichen parallel geschalteten Gleichspannungswandlermodule beim Betrieb des Gleichspannungskonverters gleichmäßig belastet. Dies führt zu einer Verlängerung der Lebensdauer des Gleichspannungskonverters, da eine singuläre stärkere Belastung eines

einzelnen Gleichspannungswandler-Moduls vermieden wird.

**[0010]** In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung wird ein Auslastungsgleichstellungsregler in Abhängigkeit einer Differenz von dem Gesamtauslastungsgrades und dem Auslastungsgrades des zugeordneten Gleichspannungswandler-Moduls aktiviert. Insbesondere wird der Auslastungsgleichstellungsregler aktiviert, wenn die Differenz von dem Gesamtauslastungsgrades und dem Auslastungsgrades des zugeordneten Gleichspannungswandler-Moduls größer als ein erster vorgegebbarer Differenzwert ist.

**[0011]** Der Auslastungsgleichstellungsregler wird nur dann aktiviert, wenn eine Abweichung zwischen dem Gesamtauslastungsgrades und dem Auslastungsgrades des zugeordneten Gleichspannungswandler-Moduls einen vorgebbaren Differenzwert überschreitet. Der Differenzwert kann beispielsweise ein Prozentwert von etwa 10% sein oder ein Absolutwert.

**[0012]** Vorteilhaft werden Rechenressourcen nicht verwendet oder Reglerverluste vermieden, solange nicht eine relevante Abweichung zwischen dem Gesamtauslastungsgrades und dem Auslastungsgrades vorliegt.

**[0013]** In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung wird ein Auslastungsgleichstellungsregler deaktiviert oder ausgeschaltet, wenn durch den Betrieb des Auslastungsgleichstellungsreglers eines der Gleichspannungswandler-Module dessen Maximalstrom überschreitet.

**[0014]** Vorteilhaft wird ein Überlasten eines einzelnen Gleichspannungswandler-Moduls, insbesondere bei dynamischen Lastpunktverschiebungen, vermieden.

**[0015]** In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung wird ein Auslastungsgleichstellungsregler in Abhängigkeit einer Veränderung des Arbeitspunktes des Gleichspannungskonverters aktiviert oder deaktiviert. Der Auslastungsgleichstellungsregler wird insbesondere aktiviert, wenn der Arbeitspunkt stabil ist, insbesondere wenn der Arbeitspunkt länger als eine erste vorgebbare Zeitdauer konstant ist. Der Auslastungsgleichstellungsregler wird insbesondere deaktiviert, wenn der Arbeitspunkt instabil ist, insbesondere der Arbeitspunkt kürzer als eine zweite vorgebbare Zeitdauer konstant ist.

**[0016]** Ein Arbeitspunkt kann beispielsweise als ein Arbeitspunkt bei einem bestimmten Ausgangsstrom und einer bestimmten Ausgangsspannung beschrieben sein. Bei einem stabilen Arbeitspunkt variieren diese Parameter nicht oder kaum. Beispielsweise ist ein Arbeitspunkt stabil, wenn die Parameter über die

Dauer von einer ersten vorgebbaren Zeitdauer, bevorzugt eine Minute, weniger als +/- 5 Prozent von ihrem ursprünglichen Wert abweichen. Beispielsweise ist ein Arbeitspunkt instabil, wenn die Parameter über die Dauer von einer zweiten vorgebbaren Zeitdauer, bevorzugt eine Minute, mehr als +/- 5 Prozent von ihrem ursprünglichen Wert abweichen. Die zulässigen Abweichungen und die erste und zweite vorgebbare Dauer sind an die Betriebsbedingungen anzupassen. Beispielsweise stellt das Hochfahren eines Systems, beispielsweise eines Fahrzeugsystems, einen instabilen Arbeitspunkt dar. Zu diesem Zeitpunkt wäre der Auslastungsgleichstellungsregler bevorzugt deaktiviert. So kann es nicht zu Überlastungen einzelner Gleichspannungswandler-Module kommen aufgrund von Ausgleichsströmen im Gleichspannungskonverter.

**[0017]** Vorteilhaft wird ein Kriterium bereitgestellt, welches den sinnvollen Einsatz der Regelvorrichtung ermöglicht und das Überlasten einzelner Gleichspannungs-Module verhindert.

**[0018]** Ferner betrifft die Erfindung einen Gleichspannungskonverter mit mehreren Gleichspannungswandler-Modulen, die dazu ausgelegt sind, eine Eingangsgleichspannung in eine Ausgangsgleichspannung zu konvertieren, wobei der Gleichspannungskonverter eine oben beschriebene Regelvorrichtung umfasst.

**[0019]** Vorteilhaft wird ein Gleichspannungskonverter bereitgestellt, welcher eine Regelvorrichtung umfasst, die eine gleichmäßige Auslastung der Gleichspannungs-Module ermöglicht.

**[0020]** Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Regelung eines Gleichspannungskonverters mit mehreren Gleichspannungswandler-Modulen mit den Schritten: Ermitteln eines Gesamtauslastungsgrades des Gleichspannungskonverters in Abhängigkeit der Ausgangsströme, der Ausgangsspannung der Gleichspannungswandler-Module und/oder deren Maximalleistungen, oder in Abhängigkeit von diese Größen repräsentierenden Größen. Ermitteln des Auslastungsgrades eines Gleichspannungswandler-Modul in Abhängigkeit des Ausgangsstroms, der Ausgangsspannung des Gleichspannungswandler-Moduls und/oder dessen Maximalleistung, oder in Abhängigkeit von diese Größen repräsentierenden Größen. Generieren eines Sollstromwertes für ein Gleichspannungswandler-Modul basierend auf dem ermittelten Gesamtauslastungsgrad als Sollwert und dem Auslastungsgrades als Istwert.

**[0021]** Vorteilhaft wird ein Verfahren geschaffen, das eine selbsttätige Anpassung der Auslastung einzelner Gleichspannungswandler-Module an die Gesamtauslastung eines Gleichspannungskonverters ermöglicht. Somit werden die unterschiedlichen par-

alle geschalteten Gleichspannungswandlermodule beim Betrieb des Gleichspannungskonverters gleichmäßig belastet. Dies führt zu einer Verlängerung der Lebensdauer, da eine stärkere Belastung eines einzelnen Gleichspannungswandler-Moduls vermieden wird.

**[0022]** Ferner betrifft die Erfindung ein Computerprogramm, das eingerichtet ist, das beschriebene Verfahren auszuführen.

**[0023]** Ferner betrifft die Erfindung ein maschinenlesbares Speichermedium, auf dem das beschriebene Computerprogramm gespeichert ist.

**[0024]** Die obigen Ausgestaltungen und Weiterbildungen lassen sich, soweit sinnvoll, beliebig miteinander kombinieren. Weitere Ausgestaltungen, Weiterbildungen und Implementierungen der Erfindung umfassen auch nicht explizit genannte Kombinationen von zuvor oder im Folgenden bezüglich den Ausführungsbeispielen beschriebenen Merkmalen der Erfindung. Insbesondere wird der Fachmann dabei auch Einzelaspekte als Verbesserungen oder Ergänzungen zu den jeweiligen Grundformen der Erfindung hinzufügen.

#### Figurenliste

**[0025]** Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden nachfolgend anhand der Figuren erläutert. Dabei zeigen:

**Fig. 1:** eine schematische Darstellung eines Gleichspannungskonverters mit einer Regelvorrichtung gemäß einer Ausführungsform;

**Fig. 2:** eine schematische Darstellung eines Ablaufdiagramms für ein Verfahren zur Regelung eines Gleichspannungskonverters, wie es einer Ausführungsform zugrunde liegt.

#### Ausführungsformen der Erfindung

**[0026]** **Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung eines Gleichspannungskonverters **110** gemäß einer Ausführungsform. Der Gleichspannungskonverter **110** umfasst mehrere Gleichspannungswandler-Module **120<sub>i</sub>**. Insbesondere werden alle die Gleichspannungswandler-Module **120<sub>i</sub>** parallel eingangsseitig mit einer Eingangsspannung **U<sub>in</sub>** gespeist (in der Zeichnung aus Übersichtlichkeitsgründen nicht gezeigt). Ausgangsseitig sind die Gleichspannungswandler-Module **120<sub>i</sub>** ebenfalls parallelgeschaltet und stellen eine Ausgangsspannung **U<sub>i</sub>** bereit, die der Ausgangsspannung des Gleichspannungskonverters **110** **U<sub>ges</sub>** entspricht. Bei den Gleichspannungswandler-Modulen **120<sub>i</sub>** kann es sich um sogenannte DC/DC-Wandler handeln, welche eine Eingangsgleichspannung in eine Ausgangsgleichspannung konvertieren. Bei den Gleichspannungs-

wandler-Modulen **120<sub>i</sub>** kann es sich sowohl um Gleichspannungswandler-Module handeln, welche eine eingangsseitig bereitgestellte Gleichspannung in eine höhere Ausgangsspannung konvertieren und/oder eine eingangsseitig bereitgestellte Gleichspannung auch in eine Gleichspannung konvertieren, welche niedriger ist als die eingangsseitig bereitgestellte Gleichspannung.

**[0027]** Bei den parallelgeschalteten Gleichspannungswandler-Modulen **120<sub>i</sub>** kann es sich um mehrere gleiche oder gleichartige Gleichspannungswandler-Module handeln. Darüber hinaus ist es jedoch auch möglich, dass einige oder gegebenenfalls auch alle parallelgeschalteten Gleichspannungswandler-Module **120<sub>i</sub>** unterschiedlich aufgebaut sind. Insbesondere ist es auch möglich, Gleichspannungswandler-Module **120<sub>i</sub>** mit unterschiedlichen Maximalleistungen parallel zu schalten. Selbst bei gleichartigen Gleichspannungswandlern können die Maximalleistungen aufgrund von Bauteiltoleranzen voneinander abweichen.

**[0028]** **Fig. 1** zeigt weiter eine Reglervorrichtung **100**, welche eine erste Ermittlungseinheit **130** umfasst zur Ermittlung eines Gesamtauslastungsgrades **G<sub>ges</sub>** des Gleichspannungskonverters **110** in Abhängigkeit der Ausgangsströme **I<sub>i</sub>**, der Ausgangsspannung **U<sub>i</sub>** der Gleichspannungswandler-Module **120<sub>i</sub>** und/oder deren Maximalleistungen **P<sub>i</sub>**, oder in Abhängigkeit von diese Größen repräsentierenden Größen. Die Reglervorrichtung **100** umfasst weiter mehrere Auslastungsermittlungseinheiten **140<sub>i</sub>**, wobei jeweils einem Gleichspannungswandler-Modul **120<sub>i</sub>** eine Auslastungsermittlungseinheit **140<sub>i</sub>** zugeordnet ist zur Ermittlung des Auslastungsgrades **G<sub>i</sub>** des zugeordneten Gleichspannungswandler-Modul **120<sub>i</sub>** in Abhängigkeit des Ausgangsstroms **I<sub>i</sub>**, der der Ausgangsspannung **U<sub>i</sub>** des zugeordneten Gleichspannungswandler-Moduls **120<sub>i</sub>** und/oder dessen Maximalleistung **P<sub>i</sub>**, oder in Abhängigkeit von diese Größen repräsentierenden Größen. Weiter umfasst die Reglervorrichtung **100** mehrere Auslastungsgleichstellungsregler **150<sub>i</sub>**, wobei jeweils einem Gleichspannungswandler-Modul **120<sub>i</sub>** ein Auslastungsgleichstellungsregler **150<sub>i</sub>** zugeordnet ist, und die Auslastungsgleichstellungsregler **150<sub>i</sub>** jeweils dazu ausgelegt sind, einen Sollstromwert **I<sub>s,i</sub>** für das jeweils zugeordnete Gleichspannungswandler-Modul **120<sub>i</sub>** zu generieren basierend auf dem ermittelten Gesamtauslastungsgrad **G<sub>ges</sub>** als Sollwert und dem Auslastungsgrades **G<sub>i</sub>** als Istwert.

**[0029]** **Fig. 2** zeigt eine schematische Darstellung eines Ablaufdiagramms, wie es einem Verfahren **200** zur Regelung eines Gleichspannungskonverters **110** mit mehreren Gleichspannungswandler-Modulen **120<sub>i</sub>** zugrunde liegt. In Schritt **S205** startet das Verfahren. In Schritt **S210** wird ein Gesamtauslastungsgrad **G<sub>ges</sub>** des Gleichspannungskonverters **110** er-

mittelt. In Schritt **S220** wird ein Auslastungsgrad  $G_i$  eines Gleichspannungswandler-Moduls  $120_i$  ermittelt. In Schritt **S230** wird ein Sollstromwert  $Is_i$  für ein Gleichspannungswandler-Modul  $120_i$  generiert. Mit dem Schritt **240** endet das Verfahren.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 102016219740 A1 [0002]

## Patentansprüche

1. Regelvorrichtung (100) für einen Gleichspannungskonverter (110) mit mehreren ausgangsseitig parallel geschalteten Gleichspannungswandler-Modulen (120<sub>i</sub>), mit:

einer ersten Ermittlungseinheit (130) zur Ermittlung eines Gesamtauslastungsgrades ( $G_{ges}$ ) des Gleichspannungskonverters in Abhängigkeit der Ausgangsströme ( $I_i$ ), der Ausgangsspannung ( $U_i$ ) der Gleichspannungswandler-Module (120<sub>i</sub>) und/oder deren Maximalleistungen ( $P_i$ ), oder in Abhängigkeit von diese Größen repräsentierenden Größen, mehreren Auslastungsermittlungseinheiten (140<sub>i</sub>), wobei jeweils einem Gleichspannungswandler-Modul (120<sub>i</sub>) eine Auslastungsermittlungseinheit (140<sub>i</sub>) zugeordnet ist, zur Ermittlung des Auslastungsgrades ( $G_i$ ) des zugeordneten Gleichspannungswandler-Modul (120<sub>i</sub>) in Abhängigkeit des Ausgangstroms ( $I_i$ ), der Ausgangsspannung ( $U_i$ ) des zugeordneten Gleichspannungswandler-Moduls (120<sub>i</sub>) und/oder dessen Maximalleistung ( $P_i$ ), oder in Abhängigkeit von diese Größen repräsentierenden Größen,

mehreren Auslastungsgleichstellungsreglern (150<sub>i</sub>), wobei jeweils einem Gleichspannungswandler-Modul (120<sub>i</sub>) ein Auslastungsgleichstellungsregler (150<sub>i</sub>) zugeordnet ist, und die Auslastungsgleichstellungsregler (150<sub>i</sub>) jeweils dazu ausgelegt sind, einen Sollstromwert ( $I_{s_i}$ ) für das jeweils zugeordnete Gleichspannungswandler-Modul (120<sub>i</sub>) zu generieren basierend auf dem ermittelten Gesamtauslastungsgrad ( $G_{ges}$ ) als Sollwert und dem Auslastungsgrades ( $G_i$ ) als Istwert.

2. Regelvorrichtung nach Anspruch 1, wobei ein Auslastungsgleichstellungsregler (150<sub>i</sub>) in Abhängigkeit einer Differenz von dem Gesamtauslastungsgrades ( $G_{ges}$ ) und dem Auslastungsgrades ( $G_i$ ) des zugeordneten Gleichspannungswandler-Modul (120<sub>i</sub>) aktiviert wird,

wobei insbesondere der Auslastungsgleichstellungsregler (150<sub>i</sub>) aktiviert wird, wenn die Differenz von dem Gesamtauslastungsgrades ( $G_{ges}$ ) und dem Auslastungsgrades ( $G_i$ ) des zugeordneten Gleichspannungswandler-Modul (120<sub>i</sub>) größer als ein erster vorgegebbarer Differenzwert ist.

3. Regelvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Auslastungsgleichstellungsregler (150<sub>i</sub>) deaktiviert wird, wenn durch den Betrieb des Auslastungsgleichstellungsregler (150<sub>i</sub>) eines der Gleichspannungswandler-Module (120<sub>i</sub>) deren Maximalstrom überschreitet.

4. Regelvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Auslastungsgleichstellungsregler (150<sub>i</sub>) in Abhängigkeit einer Veränderung des Arbeitspunktes des Gleichspannungskonverters (110) aktiviert oder deaktiviert wird, wobei

insbesondere der Auslastungsgleichstellungsregler (150<sub>i</sub>) aktiviert wird, wenn der Arbeitspunkt stabil ist, insbesondere der Arbeitspunkt länger als eine erste vorgebbare Zeitdauer konstant ist und der Auslastungsgleichstellungsregler (150<sub>i</sub>) deaktiviert wird, wenn der Arbeitspunkt instabil ist, insbesondere der Arbeitspunkt kürzer als eine zweite vorgebbare Zeitdauer konstant ist.

5. Gleichspannungskonverter (110), mit: mehreren Gleichspannungswandler-Modulen (120<sub>i</sub>), die dazu ausgelegt sind, eine Eingangsgleichspannung in eine Ausgangsgleichspannung ( $U_i$ ) zu konvertieren, wobei der Gleichspannungskonverter (110) eine Regelvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 4 umfasst.

6. Verfahren zur Regelung eines Gleichspannungskonverters (110) mit mehreren Gleichspannungswandler-Modulen (120<sub>i</sub>), mit den Schritten: Ermitteln (S210) eines Gesamtauslastungsgrades ( $G_{ges}$ ) des Gleichspannungskonverters in Abhängigkeit der Ausgangsströme ( $I_i$ ), der Ausgangsspannung ( $U_i$ ) der Gleichspannungswandler-Module (120<sub>i</sub>) und/oder deren Maximalleistungen ( $P_i$ ), oder in Abhängigkeit von diese Größen repräsentierenden Größen,

Ermitteln (S220) des Auslastungsgrades ( $G_i$ ) eines Gleichspannungswandler-Modul (120<sub>i</sub>) in Abhängigkeit des Ausgangstroms ( $I_i$ ), der Ausgangsspannung ( $U_i$ ) des Gleichspannungswandler-Moduls (120<sub>i</sub>) und/oder dessen Maximalleistung ( $P_i$ ), oder in Abhängigkeit von diese Größen repräsentierenden Größen,

Generieren (S230) eines Sollstromwertes ( $I_{s_i}$ ) für ein Gleichspannungswandler-Modul (120<sub>i</sub>) basierend auf dem ermittelten Gesamtauslastungsgrad ( $G_{ges}$ ) als Sollwert und dem Auslastungsgrades ( $G_i$ ) als Istwert.

7. Computerprogramm, das eingerichtet ist, das Verfahren nach Anspruch 6 auszuführen.

8. Maschinenlesbares Speichermedium, auf dem das Computerprogramm nach Anspruch 7 gespeichert ist.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen



Anhängende Zeichnungen

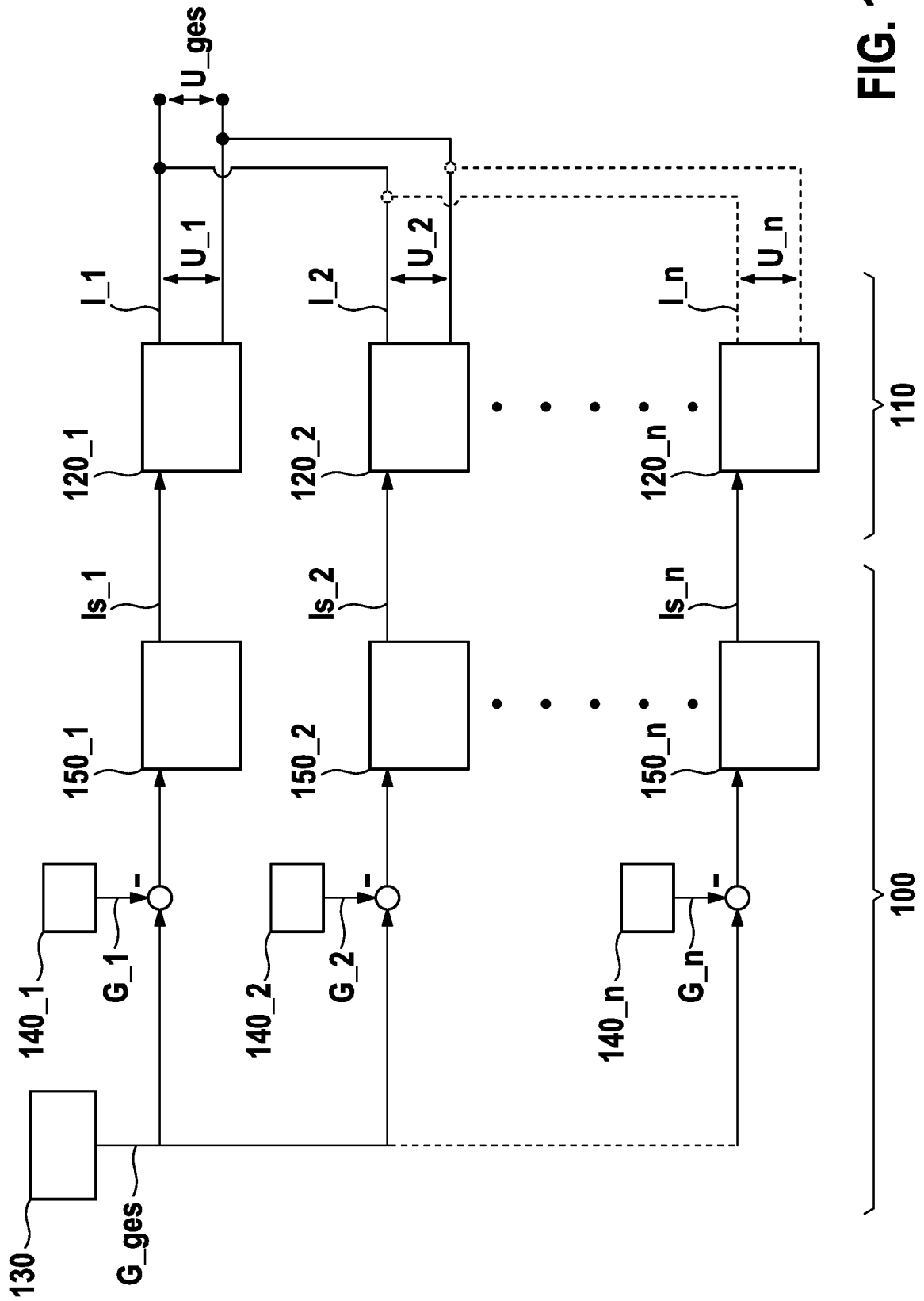
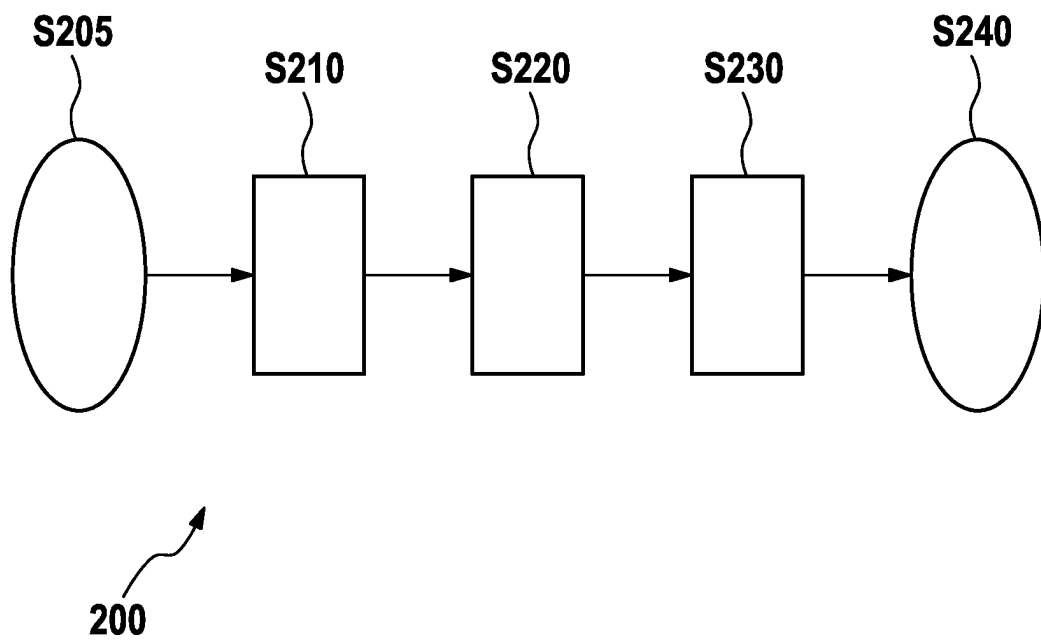


FIG. 1



**FIG. 2**