



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 005 476.8**  
(22) Anmeldetag: **05.08.2019**  
(43) Offenlegungstag: **09.04.2020**

(51) Int Cl.: **H02M 7/217** (2006.01)  
**H02M 7/23** (2006.01)  
**H02M 7/25** (2006.01)  
**B60L 53/20** (2019.01)

(71) Anmelder:  
**Daimler AG, 70327 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Boehme, Urs, 71139 Ehningen, DE; Candir, Akin,  
70794 Filderstadt, DE; Haspel, André, 71069  
Sindelfingen, DE**

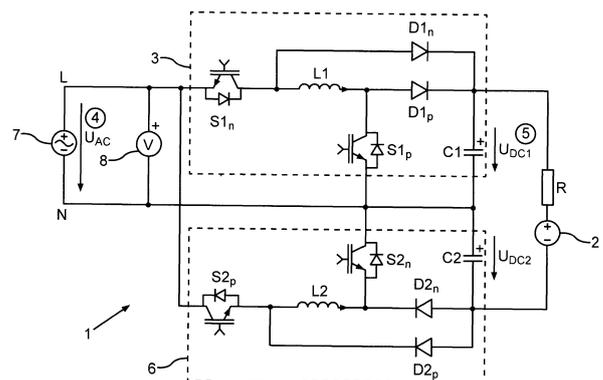
Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Ladevorrichtung und Verfahren zum Laden eines elektrischen Energiespeichers eines Fahrzeugs**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Ladevorrichtung (1) zum Laden eines elektrischen Energiespeichers (2) eines Fahrzeugs, umfassend:

- einen ersten Gleichspannungswandler (3) zum Umwandeln einer Wechselspannung ( $U_{AC}$ ) in eine erste Gleichspannung ( $U_{DC1}$ ),
- einen eingangsseitigen Wechselspannungsanschluss (4) zum Bereitstellen der Wechselspannung ( $U_{AC}$ ), und
- einen ausgangsseitigen Gleichspannungsanschluss (5), mit welchem der elektrische Energiespeicher (2) mit der ersten Gleichspannung ( $U_{DC1}$ ) versorgbar ist,
- einen zweiten Gleichspannungswandler (6), mit welchem die Wechselspannung ( $U_{AC}$ ) in eine zweite Gleichspannung ( $U_{DC2}$ ) umwandelbar ist,
- einen ersten Kondensator (C1) des ersten Gleichspannungswandlers (3), welcher von dem ersten Gleichspannungswandler (3) mit der ersten Gleichspannung ( $U_{DC1}$ ) aufladbar ist, und
- einem zweiten Kondensator (C2) des zweiten Gleichspannungswandlers (6), welcher von dem zweiten Gleichspannungswandler (6) mit der zweiten Gleichspannung ( $U_{DC2}$ ) aufladbar ist, wobei
- mit dem ersten Kondensator (C1) und/oder dem zweiten Kondensator (C2) der elektrische Energiespeicher (2) des Fahrzeugs über den ausgangsseitigen Gleichspannungsanschluss (5) mit der ersten Gleichspannung ( $U_{DC1}$ ) und/oder der zweiten Gleichspannung ( $U_{DC2}$ ) versorgbar ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Ladevorrichtung zum Laden eines elektrischen Energiespeichers eines Fahrzeugs. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Laden eines elektrischen Energiespeichers eines Fahrzeugs, wobei eine elektrische Spannung bereitgestellt wird und die Wechselspannung in eine erste Gleichspannung umgewandelt wird, wobei der elektrische Energiespeicher des Fahrzeugs mit der ersten Gleichspannung versorgt wird.

**[0002]** Wechselspannungs-Bordlader sind oftmals entweder galvanisch isolierend oder galvanisch gekoppelt. Bei isolierenden Bordladern sind in der Leistungsumwandlung viele Bauteile im Eingriff wie zum Beispiel ein Transformator. Daher sind deren Leistungsdichte, Gewicht und der Preis relativ hoch. Vorteilhaft ist die Möglichkeit, durch den Transformator Ableitströme über die Y-Kapazitäten des Hochvoltbordnetzes zu unterbinden. Galvanisch gekoppelte Bordlader treten bisher nur in wenigen Fahrzeugen auf, da bei ihnen Abgleichströme über die Y-Kapazitäten entstehen, die den FI-Schalter in der Haustechnik zum Auslösen bringen oder es sind aufwendige Gegenmaßnahmen für eine Ableitstromüberwachung und/oder Ableitstromkompensation notwendig, um an deren Wechselspannungsladesäule laden zu können. Dabei sind diese Zusatzmaßnahmen mit relativ hohen Kosten verbunden. Bei einem Isolationsfehler nach der Gleichrichtung der AC-Eingangsspannung wird zusätzlich zum AC-Ladestrom an der Anschlussseite der Haustechnik ein überlagerter DC-Strom addiert, der den FI-Schutzschalter vom Typ A in der Haustechnik in die Sättigung treibt und somit unwirksam macht. Dies kann nur durch eine verstärkte Isolation im Bereich des Bordladers zwischen der AC-Gleichrichtung und der Sekundärseite des Transformators entgegengewirkt werden. Nach dem Gleichrichten der AC-Netzspannung ist das negative Spannungspotential bezogen auf den Null-Leiter und **PE** eine negative Sinus-Halbwellen.

**[0003]** Diesen negativen Potentialverlauf würde ein Ladegerät auf das gesamte Hochvoltssystem des Fahrzeugs übertragen.

**[0004]** Aus der Offenlegungsschrift DE 10 2017 009 355 A1 ist ein Verfahren zum Betreiben eines mit einer ersten elektrischen Gleichspannung beaufschlagten ersten Bordnetzes und eines mit einer zweiten elektrischen Spannung beaufschlagten zweiten Bordnetzes bekannt. Das erste und das zweite Bordnetz werden mittels eines ersten getakteten Energiewandler aufweisenden Energiekopplers elektrisch gekoppelt, wobei die erste und die zweite elektrische Gleichspannung mittels einer elektrischen Isolationseinrichtung gegenüber einem elektrischen Bezugspotential elektrisch isolie-

rend sind. Die elektrische Isolationseinrichtung dient zur Überwachung, wobei das erste und das zweite Bordnetz mittels des Energiekopplers galvanisch gekoppelt werden, wobei bei einer Störung der Isolationseinrichtung in einem Bereich eines der beiden Bordnetze der Energiekoppler elektrische Potentiale des jeweiligen anderen der beiden Bordnetze derart steuert, dass jeweilige Potentialdifferenzen von diesen elektrischen Potentialen zum Bezugspotential kleiner als ein vorgegebener Vergleichswert sind.

**[0005]** Die Offenlegungsschrift DE 10 2017 010 390 A1 offenbart einen Energiewandler zum elektrischen Koppeln eines mit einer ersten elektrischen Gleichspannung beaufschlagten ersten Bordnetzes mit einem mit einer zweiten elektrischen Gleichspannung beaufschlagten zweiten elektrischen Bordnetz. Der Energiewandler weist eine erste Reihenschaltung aus drei in Reihe geschalteten Schaltelementen auf, wobei die erste Reihenschaltung zum Anschließen an das erste oder das zweite der Bordnetze ausgebildet ist. Die Reihenschaltung weist zwei Verbindungsstellen von zwei jeweiligen der Schaltelemente auf, an denen die jeweiligen Schaltelemente elektrisch miteinander gekoppelt sind, wobei eine jeweilige der Verbindungsstellen mittels einer jeweiligen elektrischen Induktivität an das andere der beiden Bordnetze angeschlossen ist.

**[0006]** Der Nachteil von konventionell isolierenden Bordladern ist der große benötigte Bauraum sowie die teuren und schweren Komponenten. Einstufig galvanisch gekoppelte Bordlader besitzen meist unsymmetrische Hochvoltpotentiale.

**[0007]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Ladevorrichtung sowie ein Verfahren bereitzustellen, mit welchem zeitlich stabile HV-Potentiale gegenüber **PE** erreicht werden können und eine gleichzeitige Potentialsymmetrierung eingestellt werden kann.

**[0008]** Diese Aufgabe wird durch eine Ladevorrichtung und ein Verfahren gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Sinnvolle Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

**[0009]** Ein Aspekt der Erfindung betrifft eine Ladevorrichtung zum Laden eines elektrischen Energiespeichers eines Fahrzeugs. Die Ladevorrichtung weist einen ersten Gleichspannungswandler zum Umwandeln einer Wechselspannung in eine erste Gleichspannung und einen eingangsseitigen Wechselspannungsanschluss zum Bereitstellen der Wechselspannung auf. Mit einem ausgangsseitigen Gleichspannungsanschluss ist der elektrische Energiespeicher mit der ersten Gleichspannung versorgbar. Mit einem zweiten Gleichspannungswandler der Ladevorrichtung ist die Wechselspannung in eine zweite Gleichspannung umwandelbar, und

ein erster Kondensator des ersten Gleichspannungswandlers ist mit der ersten Gleichspannung des ersten Gleichspannungswandlers aufladbar. Mit einem zweiten Kondensator des zweiten Gleichspannungswandlers ist die Ladevorrichtung versehen und mit dem zweiten Gleichspannungswandler ist der Kondensator mit der zweiten Gleichspannung aufladbar. Mit dem ersten Kondensator und/oder dem zweiten Kondensator ist der elektrische Energiespeicher des Fahrzeugs über den ausgangsseitigen Gleichspannungsanschluss mit der ersten und/oder der zweiten Gleichspannung versorgbar.

**[0010]** Durch Umwandlung der Wechselspannung mithilfe des ersten Gleichspannungswandlers und des zweiten Gleichspannungswandlers in die erste Gleichspannung und/oder die zweite Gleichspannung teilen sich ebenso die Ströme auf den beiden Gleichspannungswandlern auf. Somit können die Bauteile der Ladevorrichtung klein dimensioniert werden, wodurch die Schaltung klein, leicht und insbesondere kostengünstig konzipiert werden kann. Die Anzahl der stromdurchflossenen Bauteile verringert sich durch die erfindungsgemäße Ladevorrichtung, wodurch ein höherer Wirkungsgrad bei einem Ladevorgang des elektrischen Energiespeichers erreicht werden kann. Insbesondere werden durch die vorgeschlagene Ladevorrichtung die Hochvoltpotentiale bezogen auf das Potential des Nullleiters auf einen zeitlich konstanten Wert stabilisiert, wodurch ein Ableitstrom über die Y-Kapazitäten des Hochvoltsystems vermieden werden können. Dadurch können beispielsweise auf Maßnahmen zur Ableitstromüberwachung und Ableitstromkompensation verzichtet werden. Durch Umwandlung der Wechselspannung in die erste Gleichspannung und/oder die zweite Gleichspannung und durch Bereitstellung dieser Gleichspannungen an die Kondensatoren kann eine Symmetrierung der Hochvoltpotentiale bezüglich des Potentials des Nullleiters erreicht werden, wodurch der Energieinhalt der Y-Kapazitäten des HV-Systems minimiert werden können.

**[0011]** Durch Verwendung des ersten Gleichspannungswandlers und des zweiten Gleichspannungswandlers kann eine Übertragung von negativen Sinusschwingungen auf das Hochvoltsystem vermieden werden. Ebenso kann dadurch auf eine doppelte Isolationsanforderung an das angeschlossene Hochvoltsystem an die Ladevorrichtung verzichtet werden. Ebenso kann mit der Ladevorrichtung ein Isolationsfehler sowohl von der negativen Hochvoltspannung zu dem Potential des Nullleiters als auch von der positiven Hochvoltspannung zu dem Potential des Nullleiters im Hochvoltsystem durch Messung des Differenzstroms an der AC-Quelle oder durch Messung des Stromes auf dem Potential des Nullleiters erkannt werden.

**[0012]** Insbesondere können durch die Ladevorrichtung und den ersten und den zweiten Gleichspannungswandler zeitlich stabile HV-Potentiale gegenüber **PE** bei gleichzeitiger Potentialsymmetrierung erreicht werden. Der erste Gleichspannungswandler ist als Boost-Wandler beziehungsweise Aufwärtswandler ausgebildet. Der erste Gleichspannungswandler lädt den ersten Kondensator und stabilisiert das HV-PlusPotential bezogen auf den Nullleiter auf einen zeitlich konstanten positiven Wert. Dabei wird für die positive Spannungshalbwelle des Spannungsverlaufs der Wechselspannung ein konventioneller Boost-Wandler dargestellt und für die negative Spannungshalbwelle des Spannungsverlaufs der Wechselspannung ein invertierender Boost-Wandler dargestellt. Der zweite Gleichspannungswandler lädt insbesondere den zweiten Kondensator und stabilisiert das HV-Minus-Potential bezogen auf den Nullleiter auf einen konstanten negativen Wert. Dabei wird für die positive Spannungshalbwelle ein invertierender Boost-Wandler mithilfe des zweiten Gleichspannungswandlers dargestellt und für die negative Spannungshalbwelle der Spannungsverlauf der Wechselspannung ein konventioneller Boost-Wandler mithilfe des ersten Gleichspannungswandlers dargestellt.

**[0013]** Bei dem ersten und zweiten Gleichspannungswandler kann es sich beispielsweise um einen Aufwärtswandler, einen invertierenden Aufwärtswandler, einen Spannungswandler, einen Energiewandler oder um einen Hochsetzsteller handeln. Bei der Ladevorrichtung handelt es sich insbesondere um einen Bordlader beziehungsweise um ein Bordladegerät, mit welchem sich die anliegende eingangsseitige Wechselspannung in eine ausgangsseitige Gleichspannung umwandeln lässt. Das Spannungsniveau der ausgangsseitigen Gleichspannung ist stets höher als das Spannungsniveau der eingangsseitigen Wechselspannung. Bei dem eingangsseitigen Wechselspannungsanschluss kann es sich beispielsweise um eine AC-Ladesäule oder um einen Hausanschluss handeln. Bei dem ausgangsseitigen Gleichspannungsanschluss handelt es sich beispielsweise um einen Batterieanschluss des elektrischen Energiespeichers oder um eine angeschlossene Last.

**[0014]** Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Laden eines elektrischen Energiespeichers eines Fahrzeugs, wobei eine Wechselspannung bereitgestellt wird und die Wechselspannung in eine erste Gleichspannung umgewandelt wird. Mit der Gleichspannung wird der elektrische Energiespeicher des Fahrzeugs versorgt. Die Wechselspannung wird in eine zweite Gleichspannung umgewandelt und mit der ersten Gleichspannung wird ein erster Kondensator eines ersten Gleichspannungswandlers aufgeladen und wobei mit der zweiten Gleichspannung ein zweiter Kondensator eines zweiten Gleichspannungswandlers aufgeladen wird.

Mit dem ersten Kondensator und/oder dem zweiten Kondensator wird der elektrische Energiespeicher des Fahrzeugs mit der ersten oder der zweiten Gleichspannung versorgt. Insbesondere wird mit der vorher geschilderten Ladevorrichtung das Verfahren durchgeführt.

**[0015]** Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnungen. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

**[0016]** Dabei zeigen die nachfolgenden Figuren in:

**Fig. 1** eine schematische Darstellung einer Ladevorrichtung;

**Fig. 2** die Ladevorrichtung nach **Fig. 1** beim Betrieb in der negativen Spannungshalbwelle der Wechselspannung; und

**Fig. 3** die Ladevorrichtung nach **Fig. 1** beim Betrieb in der positiven Spannungshalbwelle der Wechselspannung.

**[0017]** In den Figuren sind funktionsgleiche Elemente mit denselben Bezugszeichen versehen.

**[0018]** Die **Fig. 1** zeigt eine Ladevorrichtung **1** zum Laden eines elektrischen Energiespeichers **2** eines Fahrzeugs. Die Ladevorrichtung **1** weist einen ersten Gleichspannungswandler **3** zum Umwandeln einer Wechselspannung  $U_{AC}$  in eine erste Gleichspannung  $U_{DC1}$  auf. Die Wechselspannung  $U_{AC}$  wird mit einem eingangsseitigen Wechselspannungsanschluss **4** bereitgestellt. Mit einem ausgangsseitigen Gleichspannungsanschluss **5** kann der elektrische Energiespeicher **2** mit der ersten Gleichspannung  $U_{DC1}$  versorgt beziehungsweise geladen werden. Die Ladevorrichtung **1** weist einen zweiten Gleichspannungswandler **6** auf, mit welchem die Wechselspannung  $U_{AC}$  in eine zweite Gleichspannung  $U_{DC2}$  umgewandelt werden kann. Der erste Gleichspannungswandler **3** weist einen ersten Kondensator **C1** auf, welcher von dem ersten Gleichspannungswandler **3** mit der ersten Gleichspannung  $U_{DC1}$  aufgeladen werden kann. Der zweite Gleichspannungswandler **6** weist einen zweiten Kondensator **C2** auf, welcher von dem zweiten Gleichspannungswandler **6** mit der zweiten Gleichspannung  $U_{DC2}$  aufgeladen werden kann. Mit dem ersten Kondensator **C1** und/oder dem zweiten Kondensator **C2** kann der elektrische Energiespeicher **2** des Fahrzeugs über den ausgangsseitigen Gleichspannungsanschluss **5** mit der ersten und/

oder der zweiten Gleichspannung  $U_{DC1}$ ,  $U_{DC2}$  versorgt werden.

**[0019]** Die Wechselspannung  $U_{AC}$  kann an einer Wechselspannungsquelle **7** erzeugt beziehungsweise bereitgestellt werden. Bei der Wechselspannungsquelle **7** kann es sich beispielsweise um eine Ladesäule oder um einen Hausanschluss handeln. Der elektrische Energiespeicher **2** kann insbesondere eine Fahrzeugbatterie oder eine Traktionsbatterie sein und besitzt einen Innenwiderstand **R**. Beispielsweise kann mithilfe einer Messeinheit **8** die eingangsseitige Wechselspannung gemessen werden. Insbesondere handelt es sich dabei um eine Spannungsmessung.

**[0020]** Der erste Kondensator **C1** und der zweite Kondensator **C2** sind in Reihe zueinander geschaltet und besitzen dazwischen einen Mittelabgriff. Der erste Kondensator **C1** und der zweite Kondensator **C2** bilden beispielsweise einen Ausgangskondensator zum Laden des elektrischen Energiespeichers **2**. Der erste Gleichspannungswandler **3** und der zweite Gleichspannungswandler **6** sind insbesondere galvanisch miteinander gekoppelt. Der erste Gleichspannungswandler **3** ist dazu ausgebildet, ein erstes Potential der ersten und/oder zweiten Gleichspannung in Bezug zu einem Bezugspotential **N** zu stabilisieren und der zweite Gleichspannungswandler **6** kann ein zweites Potential der ersten und/oder zweiten Gleichspannung  $U_{DC1}$ ,  $U_{DC2}$  in Bezug zum Bezugspotential **N** stabilisieren.

**[0021]** Die **Fig. 1** zeigt beispielsweise ein einphasiges Laden des elektrischen Energiespeichers **2**. Ebenso kann die Ladevorrichtung **1** für ein mehrphasiges beziehungsweise dreiphasiges Laden verwendet werden.

**[0022]** Beim dreiphasigen Laden erfolgt der Abgriff über eine Sternspannung, wodurch die Komponenten nur auf die Spannung des elektrischen Energiespeichers **2** ausgelegt werden müssen. Dabei wird die Ladevorrichtung **1** als mehrphasiger Wandler beziehungsweise mehrphasiger Bordlader mit einem gemeinsamen Zwischenkreiskondensator aufgebaut. Dadurch kann eine Reduzierung des Zwischenkreiskondensators in der Summe erreicht werden. Insbesondere ergibt sich eine Reduzierung auf ein Drittel im Vergleich zu einem Bordlader mit drei unterschiedlichen Zweigen. Beim mehrphasigen Laden kann im Interleaving-Betrieb eine EMV-Optimierung am eingangsseitigen Wechselspannungsanschluss **4** und am ausgangsseitigen Gleichspannungsanschluss **5** umgesetzt werden. Durch die Möglichkeit, die HV-Potentiale auf ein identisches Niveau zu regeln, besteht die Möglichkeit, direkt nach der Boost-Stufe alle drei Phasen miteinander parallel zu koppeln. Dies hat den Vorteil, dass ein gemeinsamer Pufferkondensator für alle drei Phasen der Ladevorrichtung **1** genutzt werden können. Dabei muss

nicht jede Phase mit einer Kapazität für die Anforderung des einphasigen Ladens beaufschlagt werden. Die Kapazität kann somit auf ein Drittel des Summenwertes im Vergleich zu einem dreiphasigen galvanisch isolierten Wandler verringert werden. Beim dreiphasigen Laden werden drei Ladevorrichtungen parallel zueinander geschaltet, wobei diese an dem gemeinsamen Nullleiter angeschlossen sind und jeweils von einer Phase mit der Wechselspannung versorgt werden. Beim dreiphasigen Laden benötigt jede Ladevorrichtung nicht den ersten und zweiten Kondensator, sondern die drei Ladevorrichtungen speisen alle einen gemeinsamen Pufferkondensator und der Pufferkondensator lädt dann den elektrischen Energiespeicher beziehungsweise die Hochvoltbatterie des Fahrzeugs. Dadurch kann mit drei parallel geschalteten Ladevorrichtungen 1 ein einfacher dreiphasiger Bordlader geschaffen beziehungsweise bereitgestellt werden. Bei einer Verwendung von drei Ladevorrichtungen für das dreiphasige Laden ist ebenso erreicht, dass die Ströme jeder einzelner Stromphase mit der Spannung in Phase sind. Ebenso ist die Leistung aller drei Phasen identisch. Die Hochvoltpotentiale bleiben ebenfalls auf einem stabilen Niveau, sofern der Pufferkondensator nicht zu klein gewählt wird. Der Pufferkondensator muss jedoch auch in der Lage sein, die Stromrippel zum elektrischen Energiespeicher 2 des Fahrzeugs zu reduzieren, was einen Wert im Hohen Mikrofarad-Bereich bis Millifarad-Bereich erforderlich macht. Die Hochvolt-Potentiale sind ebenso symmetrisch zum Nullleiter N. Beim dreiphasigen Laden besteht der Pufferkondensator aus einem ersten Kondensator und einem zweiten Kondensator. Dabei sind der erste Kondensator und der zweite Kondensator in Reihe geschaltet.

**[0023]** Die Fig. 2 zeigt die Ladevorrichtung 1, wobei der erste Gleichspannungswandler 3 als invertierender Boost-Wandler arbeitet und der zweite Gleichspannungswandler 6 als Boost-Wandler arbeitet. Insbesondere wird in der Fig. 2 die Funktionsweise der Ladevorrichtung 1 gezeigt, in welcher die negative Spannungshalbwelle des Spannungsverlaufs der Wechselspannung  $U_{AC}$  berücksichtigt wird.

**[0024]** Der erste Gleichspannungswandler 1 arbeitet als invertierender Boost-Wandler mit dem Bauteil eines Halbleiterschalters  $S1_n$ , einer Induktivität  $L1$ , einem Halbleiterschalter  $S1_p$  und einer Diode  $D1_n$ . Hierbei wird der zweite Halbleiterschalter  $S1_p$  nur wegen seiner Bodydiode verwendet. Insbesondere lädt der erste Gleichspannungswandler 3 den Kondensator C1 auf. In der Phase des Drosselstromaufbaus (hier in der Fig. 2 gezeigt mit dem Stromflusspfad DS1) und in der Freilauphase (in der Fig. 2 gezeigt mit dem Stromflusspfad FP1) des Drosselstroms fließt der Strom nur über die Diode  $D1_n$  und den Halbleiterschalter  $S1_p$ . Zur Verbesserung der Effizienz kann der

Halbleiterschalter  $S1_p$  eingeschaltet werden, während seine Bodydiode stromdurchflossen wird.

**[0025]** Der zweite Gleichspannungswandler 6 arbeitet in der Fig. 2 als konventioneller Boost-Wandler mit den folgenden Bauteilen eines Halbleiterschalters  $S2_n$ , einer Induktivität  $L2$ , einem weiteren Halbleiterschalter  $S2_p$  und einer Diode  $D2_n$ . Hierbei lädt der zweite Gleichspannungswandler 6 den Kondensator C2 auf. In der Phase des Drosselstromaufbaus (in der Fig. 2 gezeigt durch den Stromflusspfad DS2) fließt der Strom über die und in der Freilauphase (in der Fig. 2 gezeigt mit dem Stromflusspfad FP2) des Drosselstroms fließt der Strom nur über  $D2_n$  und  $S2_p$ . Insbesondere wird hierbei nur die Bodydiode des Halbleiterschalters  $S2_p$  verwendet. Zur Verbesserung der Effizienz kann hier der Halbleiterschalter  $S2_p$  eingeschaltet werden, während seine Bodydiode stromdurchflossen wird.

**[0026]** Die hier geladenen beiden Kondensatoren C1 und C2 können anschließend den elektrischen Energiespeicher 2 aufladen. Die Fig. 3 zeigt die Ladevorrichtung 1, wobei hier die Funktionsweise während der positiven Spannungshalbwelle des Spannungsverlaufs der Wechselspannung  $U_{AC}$  näher erläutert wird.

**[0027]** Hierbei fungiert der erste Gleichspannungswandler 3 als Boost-Wandler und der zweite Gleichspannungswandler 6 als invertierender Boost-Wandler. Für den Aufbau des Drosselstroms wird der erste Gleichspannungswandler 3 als konventioneller Boost-Wandler betrieben. Dabei wird der Halbleiterschalter  $S1_n$ , die Induktivität  $L1$ , der Halbleiterschalter  $S1_p$  und die Diode  $D1_p$  benötigt. Insbesondere wird hierbei der erste Kondensator C1 geladen. In der Phase des Drosselstromaufbaus (in der Fig. 3 durch den Stromflusspfad DS1 dargestellt) und in der Freilauphase des Drosselstroms (in der Fig. 3 durch den Stromflusspfad FP1 dargestellt) fließt der Strom über die Wechselspannungsquelle 7. Zur Verbesserung der Effizienz kann hierbei der Halbleiterschalter S1 eingeschaltet werden, während seine Bodydiode stromdurchflossen wird. In der Freilauphase des Drosselstroms wird der Kondensator C1 geladen.

**[0028]** Der zweite Gleichspannungswandler 6 arbeitet hier als invertierender Boost-Wandler und lädt den zweiten Kondensator C2. Insbesondere werden der Halbleiterschalter  $S2_p$ , die Induktivität  $L2$ , der Halbleiterschalter  $S2_n$  und die Diode  $D2_n$  verwendet beziehungsweise geschaltet. In der Phase des Drosselstromaufbaus (in der Fig. 3 durch den Stromflusspfad DS2 dargestellt) fließt der Strom über die Wechselspannungsquelle 7 und in der Freilauphase des Drosselstroms (in der Fig. 3 durch den Stromflusspfad FP2 dargestellt) fließt der Strom nur über die Diode  $D2_p$  und den Halbleiterschalter  $S2_n$ . Zur Verbesserung der Effizienz kann hierbei der Halbleiterschalter

ter **S2<sub>n</sub>** eingeschalten werden, während seine Bodydiode stromdurchflossen wird. Insbesondere wird hier in der Freilaufphase des Drosselstroms der Kondensator **C2** geladen.

**[0029]** Da insbesondere in der positiven und in der negativen Spannungshalbwelle des Spannungsverlaufs der Wechsellspannung **UAC** immer einer der beiden Gleichspannungswandler **3**, **6** im konventionellen Betrieb ist und der jeweils andere im invertierenden Betrieb ist, können die Stromverläufe in beiden Spannungshalbwellen identisch aussehen. Dies gilt ebenso für den Ladestrom des elektrischen Energiespeichers **2**. Einzig bei den Stromverläufen der beiden Induktivitäten **L1**, **L2** sind kleine Unterschiede möglich. In der Summe werden die Ströme von den Induktivitäten **L1**, **L2** aus der Wechsellspannungsquelle **7** entnommen. Dadurch ergibt sich insbesondere die Potentialsymmetrierung des HV-Plus-Pols und des HV-Minus-Pols zum Nullleiter **N**. Somit nimmt der in den Y-Kapazitäten gespeicherter Energieinhalt in Summe seinen minimalen Wert ein. Beispielsweise können ebenso eine PFC-Funktion dargestellt werden, indem der Strom mit der Spannung in Phase ist. Es können vorgegebene Lastströme des elektrischen Energiespeichers **2** dargestellt werden und es entsteht kein Ableitstrom über die Y-Kapazitäten, da eine stabile Spannung vorliegt. Dadurch erfolgt die Potentialsymmetrierung von HV-Plus und HV-Minus zum Nullleiter **N**.

**[0030]** Die Dioden **D1<sub>n</sub>** und **D2<sub>n</sub>** sind insbesondere Freilaufdioden für den Freilaufpfad des Drosselstroms in der negativen Spannungshalbwelle. Die Dioden **D1<sub>p</sub>** und **D2<sub>p</sub>** sind Freilaufdioden für den Freilaufpfad des Drosselstroms in der positiven Spannungshalbwelle. Die Halbleiterschalter **S1<sub>n</sub>** und **S2<sub>n</sub>** werden in der positiven Spannungshalbwelle zur Nutzung der Bodydiode als Freilauf verwendet und in der negativen Spannungshalbwelle werden diese als taktende Halbleiterschalter zur Darstellung des spannungsinvertierenden Boost-Wandlers genutzt.

**[0031]** Die Halbleiterschalter **S1<sub>p</sub>** und **S2<sub>p</sub>** werden in der positiven Spannungshalbwelle als taktender Halbleiterschalter zur Darstellung des nicht spannungsemittierenden Boost-Wandlers verwendet.

**[0032]** Beispielsweise kann mit der Ladevorrichtung **1** ein Isolationsfehler von HV-Plus zu **N** erkannt werden. Bei einem Isolationsfehler treten insbesondere Ströme von einer Phase **L** zum Nullleiter **N** auf und die Differenz dieser beiden Ströme zeigt sprunghaft ab dem Eintreten des Isolationsfehlers einen Gleichstromanteil auf. Mit der Messeinheit **8** kann beispielsweise eine Momentanspannung gemessen werden, aus welcher ein Sollstrom ermittelt werden kann. Der Sollstrom ist insbesondere der Strom, welcher durch die Wechsellspannungsquelle **7** fließt. Dadurch kann erreicht werden, dass der Wechselstrom

mit der Wechsellspannung in Phase ist. Alternativ kann dieser Strom auf **PE** gemessen werden. Isolationsfehler von HV-Plus zu **N** können über eine Messung des PE-Stroms oder über eine Differenzstrommessung zwischen **L** und **N** erkannt werden. Eine Anforderung der Doppelisolation für das gesamte HV-System, das während dem Wechsellspannungsladebetrieb angeschlossen ist, ist nicht notwendig.

**[0033]** Bei einem Isolationsfehler von HV-Minus zu **PE** ergibt sich das gleiche Ergebnis wie die Isolationsfehler von HV-Plus zu **PE**. Hierbei ist einzig das Vorzeichen des Differenzstroms zwischen **L** und **N** beziehungsweise des Stroms auf **PE** entgegengesetzt. Isolationsfehler von HV-Minus zu **N** und von HV-Plus zu **N** können über eine PE-Stromüberwachung oder eine Differenzstrommessung von **L** zu **N** erkannt und gemessen werden. Eine Anforderung der doppelten Isolation für das gesamte HV-System, das während des AC-Ladebetriebs angeschlossen ist, ist nicht notwendig.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Ladevorrichtung
<b>2</b>	elektrischer Energiespeicher
<b>3</b>	erster Gleichspannungswandler
<b>4</b>	eingangsseitiger Wechsellspannungsanschluss
<b>5</b>	ausgangsseitiger Gleichspannungsanschluss
<b>6</b>	zweiter Gleichspannungswandler
<b>7</b>	Wechsellspannungsquelle
<b>8</b>	Messeinheit
<b>C1, C2</b>	erster und zweiter Kondensator
<b>DS1, DS2</b>	Stromflusspfade während Drosselstromaufbau
<b>D1n, D1p, D2n, D2p</b>	Dioden
<b>FP1, FP2</b>	Stromflusspfade während Freilaufphase des Drosselstroms
<b>L</b>	Phase
<b>L1, L2</b>	Induktivitäten
<b>N</b>	Nullleiter

<b>R</b>	Innenwiderstand
<b>S1n, S1p, S2n, S2p</b>	Halbleiterschalter
<b>UAC</b>	Wechselspannung
<b>UDC1, UDC2</b>	erste und zweite Gleichspannung

**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 102017009355 A1 [0004]
- DE 102017010390 A1 [0005]

### Patentansprüche

1. Ladevorrichtung (1) zum Laden eines elektrischen Energiespeichers (2) eines Fahrzeugs, gekennzeichnet, durch

- einen ersten Gleichspannungswandler (3) zum Umwandeln einer Wechselspannung ( $U_{AC}$ ) in eine erste Gleichspannung ( $U_{DC1}$ ),
- einen eingangsseitigen Wechselspannungsanschluss (4) zum Bereitstellen der Wechselspannung ( $U_{AC}$ ), und
- einen ausgangsseitigen Gleichspannungsanschluss (5), mit welchem der elektrische Energiespeicher (2) mit der ersten Gleichspannung ( $U_{DC1}$ ) versorgbar ist,
- einen zweiten Gleichspannungswandler (6), mit welchem die Wechselspannung ( $U_{AC}$ ) in eine zweite Gleichspannung ( $U_{DC2}$ ) umwandelbar ist,
- einen ersten Kondensator (C1) des ersten Gleichspannungswandlers (3), welcher von dem ersten Gleichspannungswandler (3) mit der ersten Gleichspannung ( $U_{DC1}$ ) aufladbar ist, und
- einem zweiten Kondensator (C2) des zweiten Gleichspannungswandlers (6), welcher von dem zweiten Gleichspannungswandler (6) mit der zweiten Gleichspannung ( $U_{DC2}$ ) aufladbar ist, wobei
- mit dem ersten Kondensator (C1) und/oder dem zweiten Kondensator (C2) der elektrische Energiespeicher (2) des Fahrzeugs über den ausgangsseitigen Gleichspannungsanschluss (5) mit der ersten Gleichspannung ( $U_{DC1}$ ) und/oder der zweiten Gleichspannung ( $U_{DC2}$ ) versorgbar ist.

2. Ladevorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Kondensator (C1) und der zweite Kondensator (C2) in Reihe geschaltet sind.

3. Ladevorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Gleichspannungswandler (3) und der zweiten Gleichspannungswandler (6) miteinander galvanisch gekoppelt sind.

4. Ladevorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Gleichspannungswandler (3) ausgebildet ist, ein erstes Potential der ersten Gleichspannung ( $U_{DC1}$ ) und/oder zweiten Gleichspannung ( $U_{DC2}$ ) im Bezug zu einem Bezugspotential (N) zu stabilisieren und der zweite Gleichspannungswandler (6) ausgebildet ist, ein zweites Potential der ersten Gleichspannung ( $U_{DC1}$ ) und/oder zweiten Gleichspannung ( $U_{DC2}$ ) im Bezug zum Bezugspotential (N) zu stabilisieren.

5. Verfahren zum Laden eines elektrischen Energiespeichers (2) eines Fahrzeugs, wobei

- eine Wechselspannung ( $U_{AC}$ ) bereitgestellt wird, und

- die Wechselspannung ( $U_{AC}$ ) in eine erste Gleichspannung ( $U_{DC1}$ ) umgewandelt wird, wobei
- der elektrische Energiespeicher (2) des Fahrzeugs mit der ersten Gleichspannung ( $U_{DC1}$ ) versorgt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass
- die Wechselspannung ( $U_{AC}$ ) in eine zweite Gleichspannung ( $U_{DC2}$ ) umgewandelt wird,
- mit der ersten Gleichspannung ( $U_{DC1}$ ) ein erster Kondensator (C1) eines ersten Gleichspannungswandlers (3) aufgeladen wird, und wobei
- mit der zweiten Gleichspannung ( $U_{DC2}$ ) ein zweiter Kondensator (C2) eines zweiten Gleichspannungswandlers (6) aufgeladen wird, wobei
- mit dem ersten Kondensator (C1) und/oder dem zweiten Kondensator (C2) der elektrische Energiespeicher (2) des Fahrzeugs mit der ersten Gleichspannung ( $U_{DC1}$ ) und/oder der zweiten Gleichspannung ( $U_{DC2}$ ) versorgt wird.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

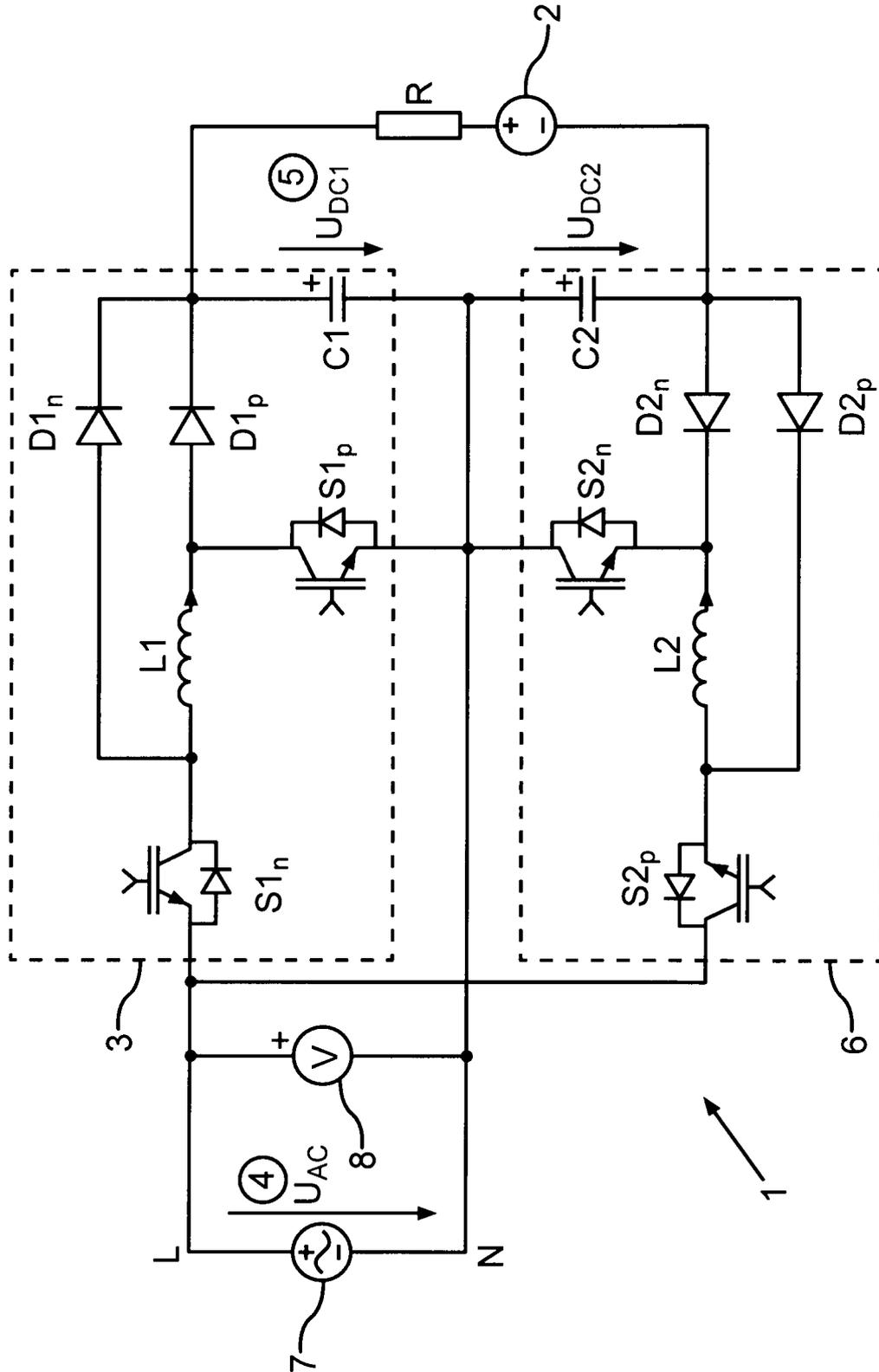


Fig.1

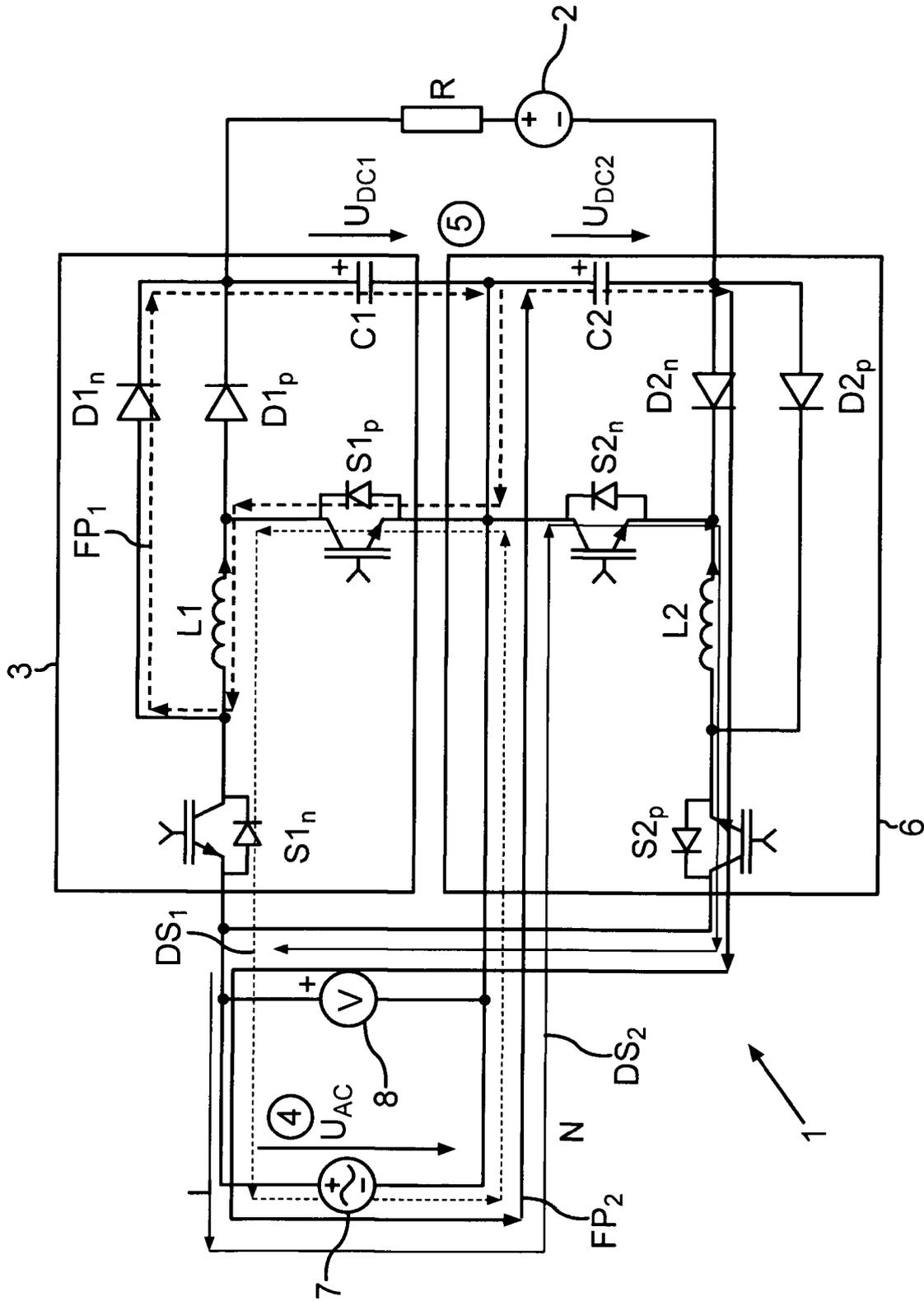


Fig.2

