



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 038 880.7**

(22) Anmeldetag: **04.08.2010**

(43) Offenlegungstag: **09.02.2012**

(51) Int Cl.: **H02M 7/497 (2007.01)**

**H02M 7/501 (2007.01)**

**H02M 7/48 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**SB LiMotive Company Ltd., Suwon, Kyonggi, KR;  
SB LiMotive Germany GmbH, 70469, Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:

**Butzmann, Stefan, 71717, Beilstein, DE; Fink,  
Holger, 70567, Stuttgart, DE**

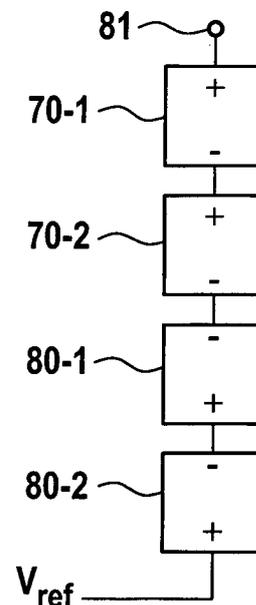
(74) Vertreter:

**Bee, Joachim, 71640, Ludwigsburg, DE**

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

(54) Bezeichnung: **Energiewandler zum Ausgeben elektrischer Energie**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Energiewandler zum Ausgeben elektrischer Energie eingeführt. Der Energiewandler weist wenigstens ein erstes Wandlerzellenmodul (70-1, 70-2) und wenigstens ein zweites Wandlerzellenmodul (80-1, 80-2) auf, welche jeweils wenigstens eine Wandlerzelle (11) und eine Koppereinheit (30, 50) umfassen. Die wenigstens eine Wandlerzelle (11) ist zwischen einen ersten Eingang (31, 51) und einen zweiten Eingang (32, 52) der Koppereinheit (30, 50) geschaltet. Die Koppereinheit (30, 50) ist ausgebildet, auf ein erstes Steuersignal hin die wenigstens eine Wandlerzelle (11) zwischen ein erstes Terminal (41, 61) des Wandlerzellenmoduls (70-1, 70-2; 80-1, 80-2) und ein zweites Terminal (42, 62) des Wandlerzellenmoduls (70-1, 70-2; 80-1, 80-2) zu schalten und auf ein zweites Steuersignal hin das erste Terminal (41, 61) mit dem zweiten Terminal (42, 62) zu verbinden. Erfindungsgemäß sind die wenigstens eine Wandlerzelle (11) des wenigstens einen ersten Wandlerzellenmoduls (70-1, 70-2) in einer ersten Polarität zwischen den ersten Eingang (31, 51) und den zweiten Eingang (32, 52) der Koppereinheit (30, 50) des wenigstens einen ersten Wandlerzellenmoduls (70-1, 70-2) und die wenigstens eine Wandlerzelle (11) des wenigstens einen zweiten Wandlerzellenmoduls (80-1, 80-2) in einer der ersten Polarität entgegengesetzten zweiten Polarität zwischen den ersten Eingang (31, 51) und den zweiten Eingang (32, 52) der Koppereinheit (30, 50) des wenigstens einen zweiten Wandlerzellenmoduls (80-1, 80-2) geschaltet. Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zum Versorgen eines elektrischen Antriebssystems.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Energiewandler zum Ausgeben elektrischer Energie und ein Verfahren zum Versorgen eines elektrischen Antriebssystems.

### Stand der Technik

**[0002]** Es zeichnet sich ab, dass in Zukunft sowohl bei stationären Anwendungen als auch bei Fahrzeugen wie Hybrid- und Elektrofahrzeugen vermehrt Batteriesysteme zum Einsatz kommen werden. Um die für eine jeweilige Anwendung gegebenen Anforderungen an Spannung und zur Verfügung stellbare Leistung erfüllen zu können, werden eine hohe Zahl von Batteriezellen in Serie geschaltet. Da der von einer solchen Batterie bereitgestellte Strom durch alle Batteriezellen fließen muss und eine Batteriezelle nur einen begrenzten Strom leiten kann, werden oft zusätzlich Batteriezellen parallel geschaltet, um den maximalen Strom zu erhöhen. Dies kann entweder durch Vorsehen von mehreren Zellwickeln innerhalb eines Batteriezellengehäuses oder durch externes Verschalten von Batteriezellen geschehen.

**[0003]** Das Prinzipschaltbild eines üblichen elektrischen Antriebssystems, wie es beispielsweise in Elektro- und Hybrid-Fahrzeugen oder auch in stationären Anwendungen wie bei der Rotorblattverstellung von Windkraftanlagen zum Einsatz kommt, ist in [Fig. 1](#) dargestellt. Eine Batterie **110** ist an einen Gleichspannungszwischenkreis angeschlossen, welcher durch einen Kondensator **111** gepuffert wird. An den Gleichspannungszwischenkreis angeschlossen ist ein Pulswechselrichter **112**, der über jeweils zwei schaltbare Halbleiterventile und zwei Dioden an drei Ausgängen gegeneinander phasenversetzte Sinusspannungen für den Betrieb eines elektrischen Antriebsmotors **113** bereitstellt. Die Kapazität des Kondensators **111** muss groß genug sein, um die Spannung im Gleichspannungszwischenkreis für eine Zeitdauer, in der eines der schaltbaren Halbleiterventile durchgeschaltet wird, zu stabilisieren. In einer praktischen Anwendung wie einem Elektrofahrzeug ergibt sich eine hohe Kapazität im Bereich von mF. Wegen der üblicherweise recht hohen Spannung des Gleichspannungszwischenkreises kann eine so große Kapazität nur unter hohen Kosten und mit hohem Raumbedarf realisiert werden.

**[0004]** [Fig. 2](#) zeigt die Batterie **110** der [Fig. 1](#) in einem detaillierteren Blockschaltbild. Eine Vielzahl von Batteriezellen sind in Serie sowie optional zusätzlich parallel geschaltet, um eine für eine jeweilige Anwendung gewünschte hohe Ausgangsspannung und Batteriekapazität zu erreichen. Zwischen den Pluspol der Batteriezellen und ein positives Batterieterminal **114** ist eine Lade- und Trenneinrichtung **116** geschaltet. Optional kann zusätzlich zwi-

schen den Minuspol der Batteriezellen und ein negatives Batterieterminal **115** eine Trenneinrichtung **117** geschaltet werden. Die Trenn- und Ladeeinrichtung **116** und die Trenneinrichtung **117** umfassen jeweils ein Schütz **118** beziehungsweise **119**, welche dafür vorgesehen sind, die Batteriezellen von den Batterieterminals abzutrennen, um die Batterieterminals spannungsfrei zu schalten. Aufgrund der hohen Gleichspannung der seriengeschalteten Batteriezellen ist andernfalls erhebliches Gefährdungspotential für Wartungspersonal oder dergleichen gegeben. In der Lade- und Trenneinrichtung **116** ist zusätzlich ein Ladeschütz **120** mit einem zu dem Ladeschütz **120** in Serie geschalteten Ladewiderstand **121** vorgesehen. Der Ladewiderstand **121** begrenzt einen Aufladestrom für den Kondensator **111**, wenn die Batterie an den Gleichspannungszwischenkreis angeschlossen wird. Hierzu wird zunächst das Schütz **118** offen gelassen und nur das Ladeschütz **120** geschlossen. Erreicht die Spannung am positiven Batterieterminal **114** die Spannung der Batteriezellen, kann das Schütz **119** geschlossen und gegebenenfalls das Ladeschütz **120** geöffnet werden. Die Schütze **118**, **119** und das Ladeschütz **120** erhöhen die Kosten für eine Batterie **110** nicht unerheblich, da hohe Anforderungen an ihre Zuverlässigkeit und an die von ihnen zu führenden Ströme gestellt werden.

**[0005]** Soweit in diesem Dokument von Batterien und Batteriezellen als typische elektrochemische Energiewandler beziehungsweise Wandlerzellen gesprochen wird, können gleichzeitig auch andere Arten von Energiewandlern beziehungsweise Wandlerzellen, die elektrische Energie ausgeben können, gemeint sein. Dies schließt insbesondere photovoltaische Energiewandler wie Solarzellen ein.

### Offenbarung der Erfindung

**[0006]** Erfindungsgemäß wird daher ein Energiewandler zum Ausgeben elektrischer Energie eingeführt. Der Energiewandler weist wenigstens ein erstes Wandlerzellenmodul und wenigstens ein zweites Wandlerzellenmodul auf, welche jeweils wenigstens eine Wandlerzelle und eine Koppereinheit umfassen. Die wenigstens eine Wandlerzelle ist zwischen einen ersten Eingang und einen zweiten Eingang der Koppereinheit geschaltet. Die Koppereinheit ist ausgebildet, auf ein erstes Steuersignal hin die wenigstens eine Wandlerzelle zwischen ein erstes Terminal des Wandlerzellenmoduls und ein zweites Terminal des Wandlerzellenmoduls zu schalten und auf ein zweites Steuersignal hin das erste Terminal mit dem zweiten Terminal zu verbinden. Erfindungsgemäß sind die wenigstens eine Wandlerzelle des wenigstens einen ersten Wandlerzellenmoduls in einer ersten Polarität zwischen den ersten Eingang und den zweiten Eingang der Koppereinheit des wenigstens einen ersten Wandlerzellenmoduls und die wenigstens eine Wandlerzelle des wenigstens einen zweiten Wand-

lerzellenmoduls in einer der ersten Polarität entgegengesetzten zweiten Polarität zwischen den ersten Eingang und den zweiten Eingang der Koppereinheit des wenigstens einen zweiten Wandlerzellenmoduls geschaltet.

**[0007]** Die Koppereinheit ermöglicht es, eine oder mehrere zwischen den ersten und den zweiten Eingang geschaltete Wandlerzellen entweder so an den ersten und den zweiten Ausgang der Koppereinheit zu koppeln, dass die Spannung der Wandlerzellen extern zur Verfügung steht, oder aber die Wandlerzellen durch Verbinden des ersten Ausganges mit dem zweiten Ausgang zu überbrücken, so dass eine Spannung von 0 V von außen sichtbar ist.

**[0008]** Auf diese Weise wird es durch geeignete Ansteuerung der Koppereinheiten der seriengeschalteten Wandlerzellenmodule möglich, eine variable Ausgangsspannung des Energiewandlers einzustellen, indem einfach eine entsprechende Anzahl der Wandlerzellenmodule aktiviert (Spannung der Wandlerzellen am Ausgang der Koppereinheit sichtbar) oder deaktiviert wird (Ausgangsspannung der Koppereinheit 0 V). Indem innerhalb des Energiewandlers Wandlerzellenmodule mit einer ersten Polarität und solche mit einer entgegengesetzten zweiten Polarität vorgesehen sind, wird es möglich, eine bipolare Ausgangsspannung des Energiewandlers zu erzeugen. Die bipolare Ausgangsspannung kann beispielsweise zur Vorgabe des Drehsinns eines Gleichspannungsmotors eingesetzt werden.

**[0009]** Die Erfindung bietet die Vorteile, dass so die Funktion des Pulswechselrichters des Standes der Technik vom Energiewandler übernommen werden kann und ein Pufferkondensator zur Abpufferung eines Gleichspannungszwischenkreises überflüssig wird und eingespart werden kann. Der Energiewandler der Erfindung kann daher direkt mit einem elektrischen Verbraucher verbunden werden, der eine Wechselspannung als Speisespannung voraussetzt.

**[0010]** Im Extremfall weist jedes Wandlerzellenmodul nur eine Wandlerzelle oder ausschließlich eine Parallelschaltung von Wandlerzellen auf. In diesem Fall kann die Ausgangsspannung des Energiewandlers am feinsten eingestellt werden. Werden dabei, wie im Rahmen der Erfindung allgemein bevorzugt, als Wandlerzellen Lithium-Ionen-Batteriezellen eingesetzt, welche eine Zellspannung zwischen 2,5 und 4,2 V besitzen, lässt sich die Ausgangsspannung der Batterie entsprechend genau einstellen. Je genauer die Ausgangsspannung der Batterie einstellbar ist, desto kleiner wird auch die Problematik der elektromagnetischen Verträglichkeit, weil die durch den Batteriestrom verursachten Abstrahlungen mit dessen hochfrequenten Anteilen sinken. Dem steht jedoch ein erhöhter Schaltungsaufwand gegenüber, welcher aufgrund der Vielzahl von eingesetzten Schaltern

auch erhöhte Leistungsverluste in den Schaltern der Koppereinheiten mit sich bringt.

**[0011]** Bevorzugt verfügt der Energiewandler über eine Steuereinheit, welche ausgebildet ist, während einer ersten Zeitspanne das erste Steuersignal an das wenigstens eine erste Wandlerzellenmodul und das zweite Steuersignal an das wenigstens eine zweite Wandlerzellenmodul auszugeben. Die Steuereinheit ist zudem ausgebildet, in einer auf die erste Zeitspanne folgenden zweiten Zeitspanne das zweite Steuersignal an das wenigstens eine erste Wandlerzellenmodul und das erste Steuersignal an das wenigstens eine zweite Wandlerzellenmodul auszugeben und so eine Ausgangsspannung des Energiewandlers während der ersten Zeitspanne mit einem ersten Vorzeichen und während der zweiten Zeitspanne mit einem dem ersten Vorzeichen entgegengesetzten zweiten Vorzeichen einzustellen.

**[0012]** Wird die Steuereinheit in den Energiewandler integriert, kann der Energiewandler autark fungieren und eine Ausgangsspannung mit wechselndem Vorzeichen generieren.

**[0013]** Der Energiewandler verfügt besonders bevorzugt über eine Mehrzahl von ersten Wandlerzellenmodulen und eine Mehrzahl von zweiten Wandlerzellenmodulen. Dabei kann die Steuereinheit ausgebildet sein, eine sinusförmige Ausgangsspannung einzustellen. Sinusförmige Ausgangsspannungen erlauben einen direkten Anschluss von Komponenten, welche für den Betrieb an einem Wechselspannungsnetz entworfen wurden. In diesem Zusammenhang ist unter „sinusförmig“ auch ein stufiges Signal zu verstehen, das eine Sinusform mit einem möglichst geringen Fehler approximiert. Je höher dabei die Anzahl der ersten und zweiten Wandlerzellenmodule in dem Energiewandler ist, desto kleiner fallen die Stufen bezogen auf die Amplitude der Ausgangsspannung aus.

**[0014]** Vorzugsweise ist die Steuereinheit dabei außerdem dazu ausgebildet, die sinusförmige Ausgangsspannung mit einer vorgebbaren Frequenz einzustellen. Dadurch können von der Frequenz der Versorgungsspannung abhängende Parameter eines an den Energiewandler angeschlossenen Systems vorgegeben werden. Auch ist es einfach möglich, einen solchen Energiewandler in ein Regelsystem einzubeziehen, welches die Ausgangsspannung des Energiewandlers mit der Spannung eines Energieversorgungsnetzes synchronisiert.

**[0015]** Die Koppereinheit kann einen ersten Ausgang aufweisen und ausgebildet sein, auf das erste Steuersignal hin entweder den ersten Eingang oder den zweiten Eingang mit dem Ausgang zu verbinden. Der Ausgang ist dabei mit einem der Terminals des Wandlerzellenmoduls und einer von erstem oder zweitem Eingang mit dem anderen der Termi-

nals des Wandlerzellenmoduls verbunden. Eine solche Koppereinheit kann mit dem Einsatz von nur zwei Schaltern, bevorzugt Halbleiterschaltern wie MOSFETs oder IGBTs, realisiert werden.

**[0016]** Alternativ kann die Koppereinheit einen ersten Ausgang und einen zweiten Ausgang aufweisen und ausgebildet sein, auf das erste Steuersignal hin den ersten Eingang mit dem ersten Ausgang und den zweiten Eingang mit dem zweiten Ausgang zu verbinden. Dabei ist die Koppereinheit außerdem ausgebildet, auf das zweite Steuersignal hin den ersten Eingang vom ersten Ausgang und den zweiten Eingang vom zweiten Ausgang abzutrennen und den ersten Ausgang mit dem zweiten Ausgang zu verbinden. Diese Ausführungsform benötigt einen etwas höheren Schaltungsaufwand (gewöhnlich drei Schalter), koppelt aber die Wandlerzellen des Wandlerzellenmoduls an dessen beiden Polen ab. Dies bietet den Vorteil, dass bei einer Beschädigung eines Wandlerzellenmoduls dessen Wandlerzellen spannungsfrei geschaltet und so im fortwährenden Betrieb der Gesamtanordnung gefahrlos ausgetauscht werden können.

**[0017]** Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft ein Kraftfahrzeug mit einem elektrischen Antriebsmotor zum Antreiben des Kraftfahrzeuges und einem mit dem Antriebsmotor verbundenen Energiewandler gemäß dem ersten Erfindungsaspekt.

**[0018]** Ein dritter Aspekt der Erfindung führt ein Verfahren zum Versorgen eines elektrischen Antriebssystems ein. Das Verfahren weist wenigstens die folgenden Schritte auf:

- a) Bereitstellen eines Energiewandlers gemäß dem ersten Erfindungsaspekt;
- b) Verbinden des Energiewandlers mit einem elektrischen Antriebssystem; und
- c) Einstellen einer Ausgangsspannung des Energiewandlers mit einem ersten Vorzeichen während einer ersten Zeitspanne und mit einem dem ersten Vorzeichen entgegengesetzten zweiten Vorzeichen während einer zweiten Zeitspanne.

#### Zeichnungen

**[0019]** Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnungen und der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert, wobei gleiche Bezugszeichen gleiche oder funktional gleichartige Komponenten bezeichnen. Es zeigen:

**[0020]** [Fig. 1](#) ein elektrisches Antriebssystem gemäß dem Stand der Technik,

**[0021]** [Fig. 2](#) ein Blockschaltbild einer Batterie gemäß dem Stand der Technik,

**[0022]** [Fig. 3](#) eine erste Ausführung einer Koppereinheit zum Einsatz in dem erfindungsgemäßen Energiewandler,

**[0023]** [Fig. 4](#) eine mögliche schaltungstechnische Umsetzung der ersten Ausführungsform der Koppereinheit,

**[0024]** [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) zwei Ausführungsformen eines Wandlerzellenmoduls mit der ersten Ausführungsform der Koppereinheit,

**[0025]** [Fig. 7](#) eine zweite Ausführungsform einer Koppereinheit zum Einsatz in dem erfindungsgemäßen Energiewandler,

**[0026]** [Fig. 8](#) eine mögliche schaltungstechnische Umsetzung der zweiten Ausführungsform der Koppereinheit,

**[0027]** [Fig. 9](#) eine Ausführungsform eines Wandlerzellenmoduls mit der zweiten Ausführungsform der Koppereinheit,

**[0028]** [Fig. 10](#) bis [Fig. 13](#) Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Energiewandlers, und

**[0029]** [Fig. 14](#) einen zeitlichen Verlauf einer Ausgangsspannung des erfindungsgemäßen Energiewandlers.

#### Ausführungsformen der Erfindung

**[0030]** [Fig. 3](#) zeigt eine erste Ausführung einer Koppereinheit **30** zum Einsatz in dem erfindungsgemäßen Energiewandler. Die Koppereinheit **30** besitzt zwei Eingänge **31** und **32** sowie einen Ausgang **33** und ist ausgebildet, einen der Eingänge **31** oder **32** mit dem Ausgang **33** zu verbinden und den anderen abzukoppeln.

**[0031]** [Fig. 4](#) zeigt eine mögliche schaltungstechnische Umsetzung der ersten Ausführungsform der Koppereinheit **30**, bei der ein erster und ein zweiter Schalter **35** beziehungsweise **36** vorgesehen sind. Jeder der Schalter **35**, **36** ist zwischen einen der Eingänge **31** beziehungsweise **32** und den Ausgang **33** geschaltet. Diese Ausführungsform bietet den Vorteil, dass auch beide Eingänge **31**, **32** vom Ausgang **33** abgekoppelt werden können, so dass der Ausgang **33** hochohmig wird, was beispielsweise im Fall einer Reparatur oder Wartung nützlich sein kann. Zudem können die Schalter **35**, **36** einfach als Halbleiterschalter wie z. B. MOSFETs oder IGBTs verwirklicht werden. Halbleiterschalter haben den Vorteil eines günstigen Preises und einer hohen Schaltgeschwindigkeit, so dass die Koppereinheit **30** innerhalb einer geringen Zeit auf ein Steuersignal beziehungsweise eine Änderung des Steuersignals reagieren kann und hohe Umschaltraten erreichbar sind. Gegenüber

einem gewöhnlichen Pulswechselrichter, welcher eine gewünschte Spannungsform durch entsprechende Wahl eines Tastverhältnisses zwischen maximaler und minimaler Gleichspannung (Pulsweitenmodulation) erzeugt, besitzt die Erfindung jedoch den Vorteil, dass die Schaltfrequenzen der in den Koppel-einheiten eingesetzten Schalter wesentlich niedriger ist, so dass die Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) verbessert wird und geringere Anforderungen an die Schalter gestellt werden können.

**[0032]** Die [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) zeigen zwei Ausführungsformen eines Wandlerzellenmoduls **40** mit der ersten Ausführungsform der Koppereinheit **30**. Eine Mehrzahl von Wandlerzellen **11**, die hier als elektrochemische Batteriezellen ausgeführt sind, sind zwischen die Eingänge der Koppereinheit **30** in Serie geschaltet. Anstelle von Batteriezellen könnten beispielsweise auch Solarzellen als Wandlerzellen zum Einsatz kommen.

**[0033]** Die Erfindung ist jedoch nicht auf eine Serienschaltung von Wandlerzellen **11** wie in den Figuren gezeigt beschränkt, es kann hingegen auch nur eine einzelne Wandlerzelle **11** vorgesehen sein oder aber eine Parallelschaltung oder gemischt-seriell-parallele Schaltung von Wandlerzellen **11**. Im Beispiel der [Fig. 5](#) sind der Ausgang der Koppereinheit **30** mit einem ersten Terminal **41** und der negative Pol der Wandlerzellen **11** mit einem zweiten Terminal **42** verbunden. Es ist jedoch eine beinahe spiegelbildliche Anordnung wie in [Fig. 6](#) möglich, bei der der positive Pol der Wandlerzellen **11** mit dem ersten Terminal **41** und der Ausgang der Koppereinheit **30** mit dem zweiten Terminal **42** verbunden sind.

**[0034]** [Fig. 7](#) zeigt eine zweite Ausführungsform einer Koppereinheit **50** zum Einsatz in dem erfindungsgemäßen Energiewandler. Die Koppereinheit **50** besitzt zwei Eingänge **51** und **52** sowie zwei Ausgänge **53** und **54**. Sie ist ausgebildet, entweder den ersten Eingang **51** mit dem ersten Ausgang **53** sowie den zweiten Eingang **52** mit dem zweiten Ausgang **54** zu verbinden (und den ersten Ausgang **53** vom zweiten Ausgang **54** abzukoppeln) oder aber den ersten Ausgang **53** mit dem zweiten Ausgang **54** zu verbinden (und dabei die Eingänge **51** und **52** abzukoppeln). Bei bestimmten Ausführungsformen der Koppereinheit kann diese außerdem ausgebildet sein, beide Eingänge **51**, **52** von den Ausgängen **53**, **54** abzutrennen und auch den ersten Ausgang **53** vom zweiten Ausgang **54** abzukoppeln. Nicht vorgesehen ist jedoch, sowohl den ersten Eingang **51** mit dem zweiten Eingang **52** zu verbinden.

**[0035]** [Fig. 8](#) zeigt eine mögliche schaltungstechnische Umsetzung der zweiten Ausführungsform der Koppereinheit **50**, bei der ein erster, ein zweiter und ein dritter Schalter **55**, **56** und **57** vorgesehen sind. Der erste Schalter **55** ist zwischen den ersten Ein-

gang **51** und den ersten Ausgang **53** geschaltet, der zweite Schalter **56** ist zwischen den zweiten Eingang **52** und den zweiten Ausgang **54** und der dritte Schalter **57** zwischen den ersten Ausgang **53** und den zweiten Ausgang **54** geschaltet. Diese Ausführungsform bietet ebenfalls den Vorteil, dass die Schalter **55**, **56** und **57** einfach als Halbleiterschalter wie z. B. MOSFETs oder IGBTs verwirklicht werden können. Halbleiterschalter haben den Vorteil eines günstigen Preises und einer hohen Schaltgeschwindigkeit, so dass die Koppereinheit **50** innerhalb einer geringen Zeit auf ein Steuersignal beziehungsweise eine Änderung des Steuersignals reagieren kann und hohe Umschaltraten erreichbar sind.

**[0036]** Die [Fig. 9](#) zeigt eine Ausführungsform eines Wandlerzellenmoduls **60** mit der zweiten Ausführungsform der Koppereinheit **50**. Eine Mehrzahl von Wandlerzellen **11**, wiederum ohne Beschränkung der Allgemeinheit als Batteriezellen ausgeführt, sind zwischen die Eingänge einer Koppereinheit **50** in Serie geschaltet. Auch diese Ausführungsform des Wandlerzellenmoduls **60** ist nicht auf eine Serienschaltung von Wandlerzellen **11** beschränkt, es kann wiederum auch nur eine einzelne Wandlerzelle **11** vorgesehen sein oder aber eine Parallelschaltung oder gemischt-seriell-parallele Schaltung von Wandlerzellen **11**. Der erste Ausgang der Koppereinheit **50** ist mit einem ersten Terminal **61** und der zweite Ausgang der Koppereinheit **40** mit einem zweiten Terminal **62** verbunden. Das Wandlerzellenmodul **60** bietet gegenüber dem Wandlerzellenmodul **40** der [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) den Vorteil, dass die Wandlerzellen **11** durch die Koppereinheit **50** von dem restlichen Energiewandler beidseitig abgekoppelt werden können, was einen gefahrlosen Austausch im laufenden Betrieb ermöglicht, da an keinem Pol der Wandlerzellen **11** die gefährliche hohe Summenspannung der restlichen Wandlerzellenmodule des Energiewandlers anliegt.

**[0037]** Die [Fig. 10](#) bis [Fig. 13](#) zeigen Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Energiewandlers. Den Ausführungsformen ist gemein, dass sie jeweils zwei Wandlerzellenmodule **70-1** und **70-2** mit einer ersten Polarität und zwei Wandlerzellenmodule **80-1** und **80-2** mit einer entgegengesetzten zweiten Polarität aufweisen. Die Wandlerzellenmodule **70-1**, **70-2** einerseits und **80-1**, **80-2** andererseits können intern identisch aufgebaut sein, sind jedoch extern in entgegengesetzter Richtung verschaltet. Die Erfindung kann selbstredend auch mit nur einem Wandlerzellenmodul jeder der beiden Polaritäten oder aber mit jeweils größeren Zahlen als zwei aufgebaut werden. Bevorzugt sind jedoch je Polarität gleich viele Wandlerzellenmodule vorgesehen.

**[0038]** In [Fig. 10](#) sind die Wandlerzellenmodule **70-1**, **70-2**, **80-1** und **80-2** zwischen ein Ausgangsterminal **81** des Energiewandlers und ein Referenzpotential (gewöhnlich Masse) in Serie geschaltet, wobei

die Wandlerzellenmodule so verschaltet sind, dass sich jeweils ein Teilstrang mit den Wandlerzellenmodulen **70-1**, **70-2** der ersten Polarität und einer mit den Wandlerzellenmodulen **80-1**, **80-2** der zweiten Polarität ergeben, welche wiederum in Serie geschaltet sind. Es ist jedoch, wie in [Fig. 11](#) dargestellt, auch möglich, jeweils ein Wandlerzellenmodul **70-1** oder **70-2** der ersten Polarität und ein Wandlerzellenmodul **80-1** oder **80-2** der zweiten Polarität zu einem Teilstrang zusammenzuschalten und mehrerer solcher gemischter Teilstränge zu kaskadieren. Es ist grundsätzlich jedoch eine beliebige Reihenfolge von Wandlerzellenmodulen unabhängig von ihrer Polarität möglich, wie in [Fig. 12](#) beispielhaft illustriert. Es ist allerdings nicht notwendig, alle Wandlerzellenmodule in Reihe zu schalten. [Fig. 13](#) zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem die Wandlerzellenmodule **70-1**, **70-2** der ersten Polarität zu einem ersten Teilstrang und die Wandlerzellenmodule **80-1**, **80-2** der zweiten Polarität zu einem zweiten Teilstrang zusammengeschaltet und die beiden Teilstränge parallel zwischen das Ausgangsterminal **81** und das Referenzpotential geschaltet werden. In diesem Fall wird wenigstens ein Wandlerzellenmodul desjenigen Teilstranges, der inaktiv ist, in einen hochohmigen Zustand geschaltet, um nicht die aktiven Wandlerzellenmodule des anderen Teilstranges über den inaktiven Teilstrang kurzzuschließen. Dies bedeutet, dass für das Ausführungsbeispiel der [Fig. 13](#) in jedem Teilstrang wenigstens ein Wandlerzellenmodul **60** mit der zweiten Ausführungsform der Koppel­einheit **50** von [Fig. 8](#) beziehungsweise **9** vorzusehen ist.

**[0039]** Der Energiewandler kann zusätzlich Lade- und Trenneinrichtungen beziehungsweise Trenneinrichtungen wie bei [Fig. 2](#) vorgesehen aufweisen, wenn Sicherheitsbestimmungen dies erfordern. Allerdings sind solche Trenneinrichtungen erfindungsgemäß nicht notwendig, weil eine Abkopplung der Wandlerzellen **11** von den Anschlüssen des Energiewandlers durch die in den Wandlerzellenmodulen enthaltenen Koppel­einheiten erfolgen kann.

**[0040]** [Fig. 14](#) zeigt einen beispielhaften zeitlichen Verlauf einer Ausgangsspannung des erfindungsgemäßen Energiewandlers. Die Ausgangsspannung des Energiewandlers  $V$  ist dabei über der Zeit  $t$  aufgetragen. Mit dem Bezugszeichen **90-b** ist ein für einen beispielhaften Anwendungszweck gewünschter (idealer) Sinus aufgetragen, der eine positive und eine negative Halbphase aufweist. Der ideale Sinus wird von dem erfindungsgemäßen Energiewandler durch eine wertdiskrete Spannungskurve **90-a** näherungsweise erzeugt. Die Abweichungen der wertdiskreten Spannungskurve **90-a** von der idealen Kurve **90-b** hängen hinsichtlich ihrer Größe von der Anzahl von Wandlerzellen **11**, die in einem Batteriemodul **40** oder **60** in Serie geschaltet sind, sowie deren jeweiligen Zellspannung ab. Je weniger Wandlerzellen **11** in einem Wandlerzellenmodul in Serie geschaltet sind,

desto genauer kann die wertdiskrete Spannungskurve **90-a** der idealisierten Kurve **90-b** folgen. In üblichen Anwendungen beeinträchtigen die verhältnismäßig geringen Abweichungen die Funktion des Gesamtsystems jedoch nicht. Gegenüber einem herkömmlichen Pulswechselrichter, welcher nur eine binäre Ausgangsspannung zur Verfügung stellen kann, welche dann durch die nachfolgenden Schaltungskomponenten gefiltert werden muss, sind die Abweichungen deutlich verringert.

## Patentansprüche

1. Ein Energiewandler zum Ausgeben elektrischer Energie, der Energiewandler aufweisend wenigstens ein erstes Wandlerzellenmodul (**70-1**, **70-2**) und wenigstens ein zweites Wandlerzellenmodul (**80-1**, **80-2**), wobei die ersten und zweiten Wandlerzellenmodule (**70-1**, **70-2**; **80-1**, **80-2**) wenigstens eine Wandlerzelle (**11**) und eine Koppel­einheit (**30**, **50**) umfassen, wobei die wenigstens eine Wandlerzelle (**11**) zwischen einen ersten Eingang (**31**, **51**) und einen zweiten Eingang (**32**, **52**) der Koppel­einheit (**30**, **50**) geschaltet und die Koppel­einheit (**30**, **50**) ausgebildet ist, auf ein erstes Steuersignal hin die wenigstens eine Wandlerzelle (**11**) zwischen ein erstes Terminal (**41**, **61**) des Wandlerzellenmoduls (**70-1**, **70-2**; **80-1**, **80-2**) und ein zweites Terminal (**42**, **62**) des Wandlerzellenmoduls (**70-1**, **70-2**; **80-1**, **80-2**) zu schalten und auf ein zweites Steuersignal hin das erste Terminal (**41**, **61**) mit dem zweiten Terminal (**42**, **62**) zu verbinden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Wandlerzelle (**11**) des wenigstens einen ersten Wandlerzellenmoduls (**70-1**, **70-2**) in einer ersten Polarität zwischen den ersten Eingang (**31**, **51**) und den zweiten Eingang (**32**, **52**) der Koppel­einheit (**30**, **50**) des wenigstens einen ersten Wandlerzellenmoduls (**70-1**, **70-2**) und die wenigstens eine Wandlerzelle (**11**) des wenigstens einen zweiten Wandlerzellenmoduls (**80-1**, **80-2**) in einer der ersten Polarität entgegengesetzten zweiten Polarität zwischen den ersten Eingang (**31**, **51**) und den zweiten Eingang (**32**, **52**) der Koppel­einheit (**30**, **50**) des wenigstens einen zweiten Wandlerzellenmoduls (**80-1**, **80-2**) geschaltet sind.

2. Der Energiewandler gemäß Anspruch 1, mit einer Steuereinheit, welche ausgebildet ist, während einer ersten Zeitspanne das erste Steuersignal an das wenigstens eine erste Wandlerzellenmodul (**70-1**, **70-2**) und das zweite Steuersignal an das wenigstens eine zweite Wandlerzellenmodul (**80-1**, **80-2**) und in einer auf die erste Zeitspanne folgenden zweiten Zeitspanne das zweite Steuersignal an das wenigstens eine erste Wandlerzellenmodul (**70-1**, **70-2**) und das erste Steuersignal an das wenigstens eine zweite Wandlerzellenmodul (**80-1**, **80-2**) auszugeben und so eine Ausgangsspannung des Energiewandlers während der ersten Zeitspanne mit einem ersten Vorzeichen und während der zweiten Zeitspanne mit einem

dem ersten Vorzeichen entgegengesetzten zweiten Vorzeichen einzustellen.

chen entgegengesetzten zweiten Vorzeichen während einer zweiten Zeitspanne.

3. Der Energiewandler gemäß Anspruch 2, mit einer Mehrzahl von ersten Wandlerzellenmodulen (**70-1**, **70-2**) und einer Mehrzahl von zweiten Wandlerzellenmodulen (**80-1**, **80-2**), bei dem die Steuereinheit ausgebildet ist, eine sinusförmige Ausgangsspannung einzustellen.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

4. Der Energiewandler gemäß Anspruch 3, bei dem die Steuereinheit ausgebildet ist, die sinusförmige Ausgangsspannung mit einer vorgebbaren Frequenz einzustellen.

5. Der Energiewandler gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Koppereinheit (**30**) einen ersten Ausgang (**33**) aufweist und ausgebildet ist, auf das erste Steuersignal hin entweder den ersten Eingang (**31**) oder den zweiten Eingang (**32**) mit dem ersten Ausgang (**33**) zu verbinden.

6. Der Energiewandler gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die Koppereinheit (**50**) einen ersten Ausgang (**53**) und einen zweiten Ausgang (**54**) aufweist und ausgebildet ist, auf das erste Steuersignal hin den ersten Eingang (**51**) mit dem ersten Ausgang (**53**) und den zweiten Eingang (**52**) mit dem zweiten Ausgang (**54**) zu verbinden und auf das zweite Steuersignal hin den ersten Eingang (**51**) vom ersten Ausgang (**53**) und den zweiten Eingang (**52**) vom zweiten Ausgang (**54**) abzutrennen und den ersten Ausgang (**53**) mit dem zweiten Ausgang (**54**) zu verbinden.

7. Der Energiewandler gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Wandlerzellen Batteriezellen sind.

8. Der Energiewandler gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die Wandlerzellen Solarzellen sind.

9. Ein Kraftfahrzeug mit einem elektrischen Antriebsmotor zum Antreiben des Kraftfahrzeuges und einem mit dem elektrischen Antriebsmotor verbundenen Energiewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 7.

10. Ein Verfahren zum Versorgen eines elektrischen Antriebssystems mit den Schritten:

- a) Bereitstellen eines Energiewandlers gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8;
- b) Verbinden des Energiewandlers mit einem elektrischen Antriebssystem; und
- c) Einstellen einer Ausgangsspannung des Energiewandlers mit einem ersten Vorzeichen während einer ersten Zeitspanne und mit einem dem ersten Vorzei-

Anhängende Zeichnungen

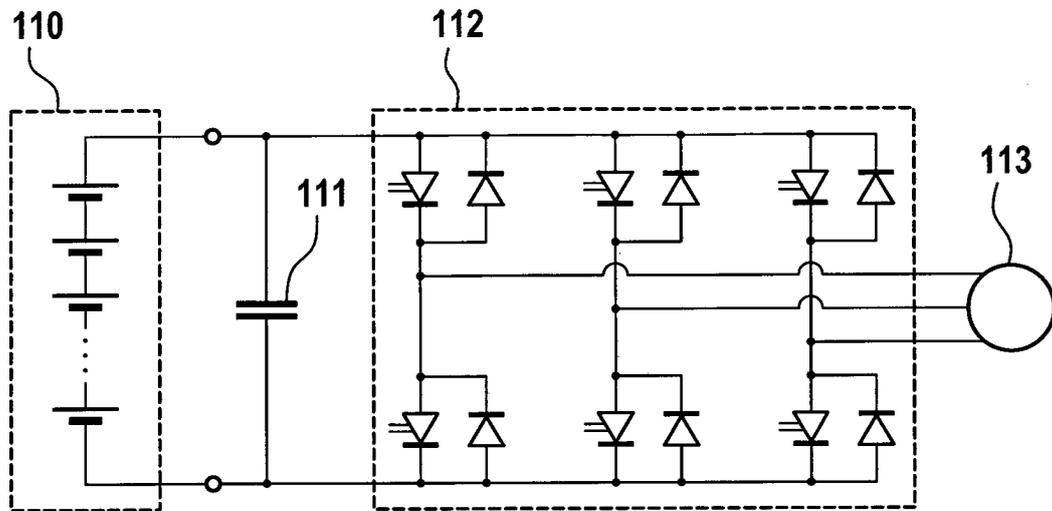


FIG. 1

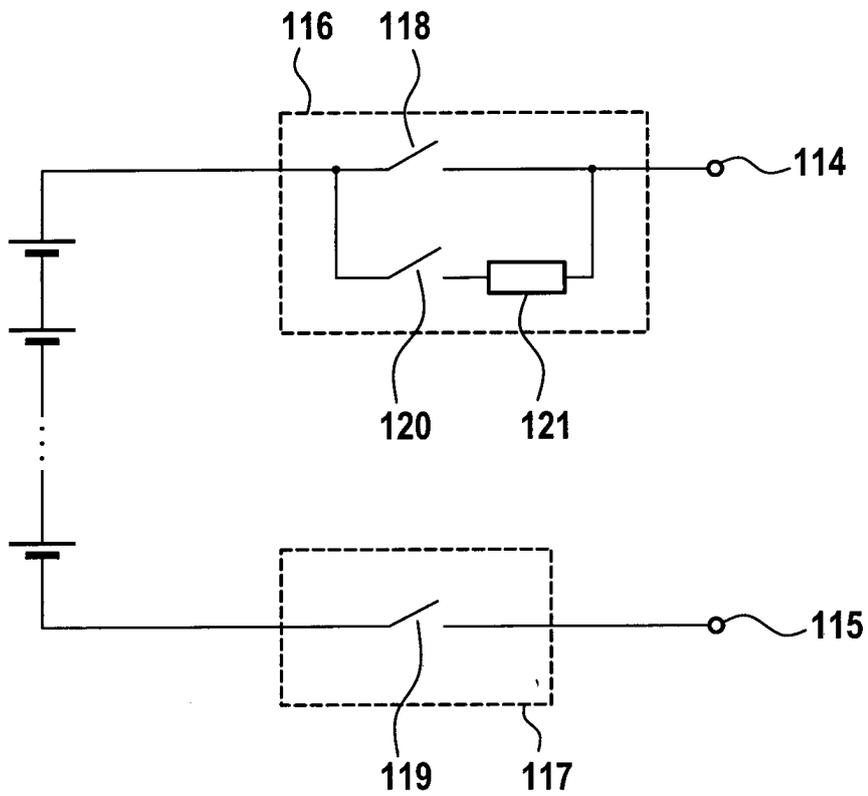
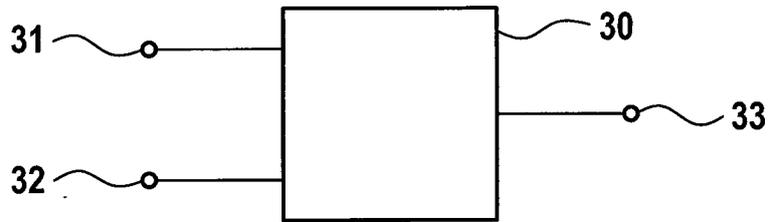
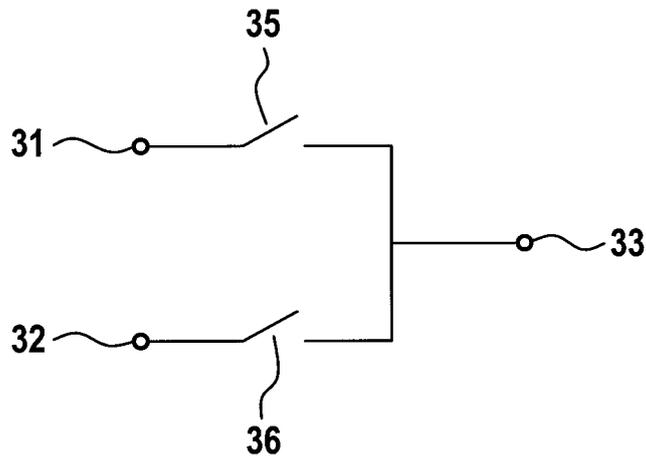


FIG. 2



**FIG. 3**



**FIG. 4**

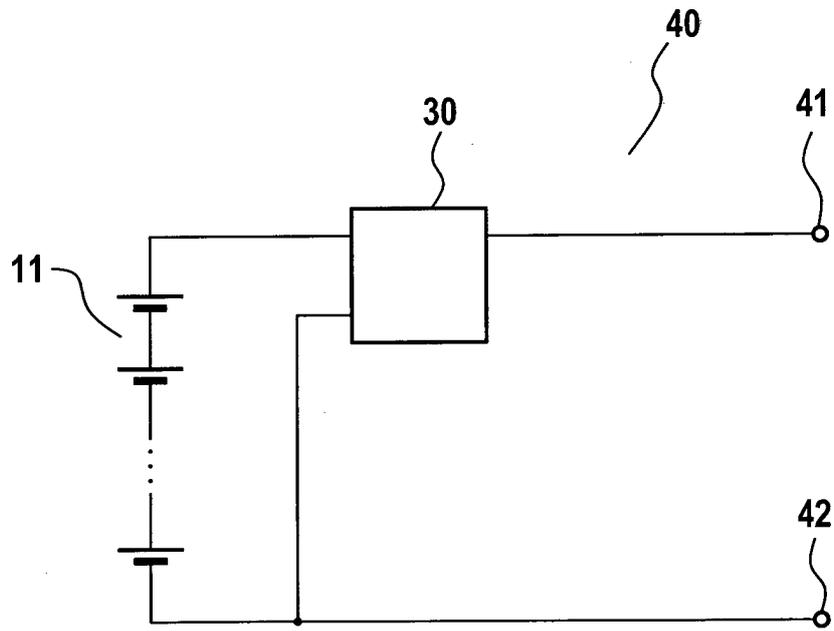


FIG. 5

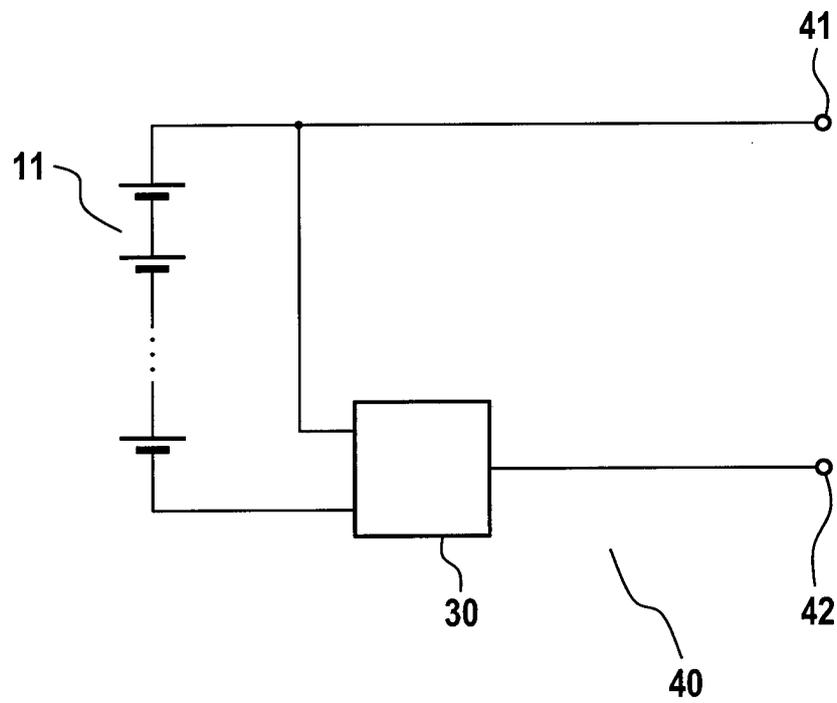
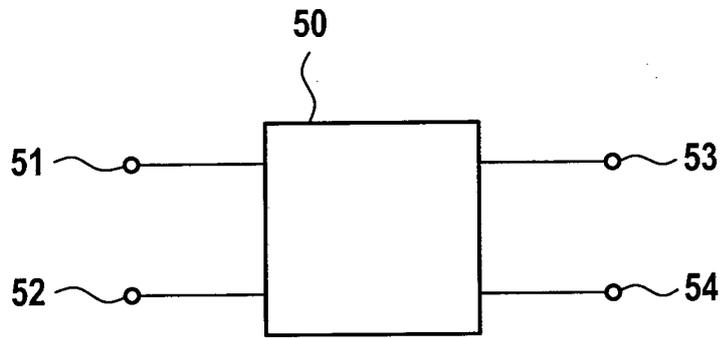
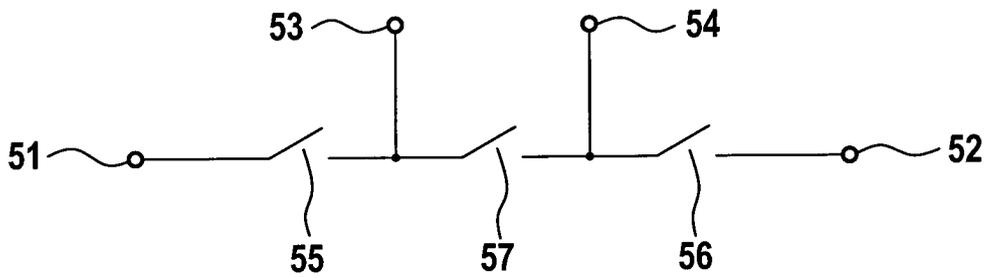


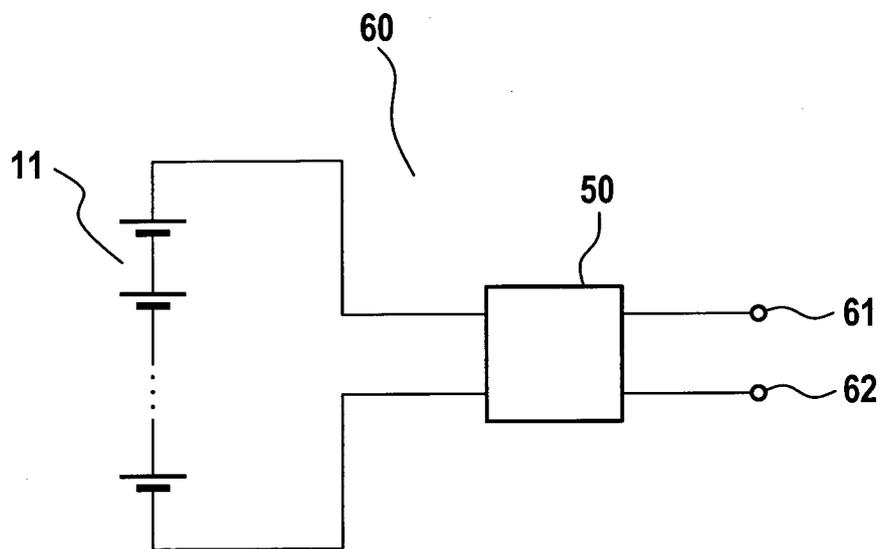
FIG. 6



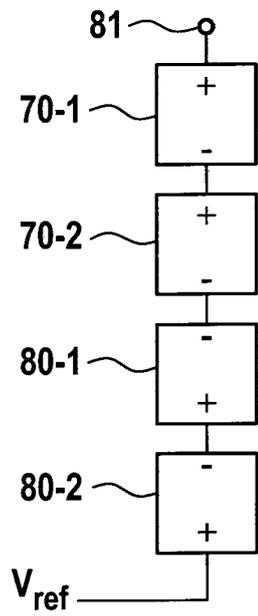
**FIG. 7**



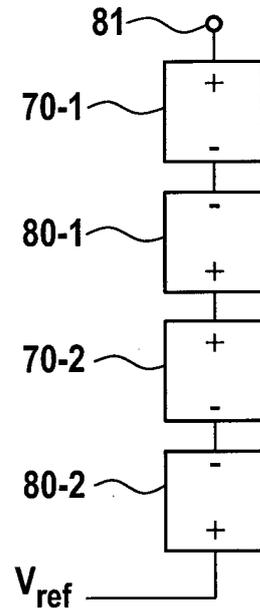
**FIG. 8**



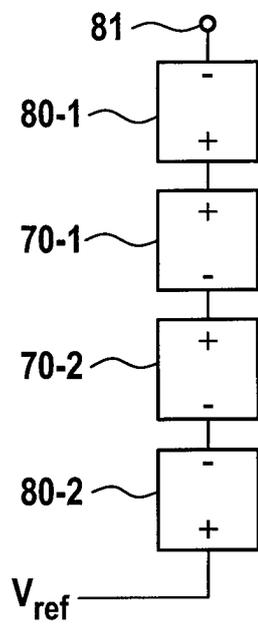
**FIG. 9**



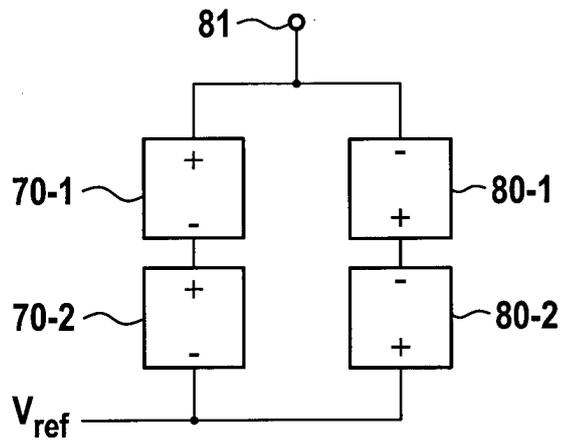
**FIG. 10**



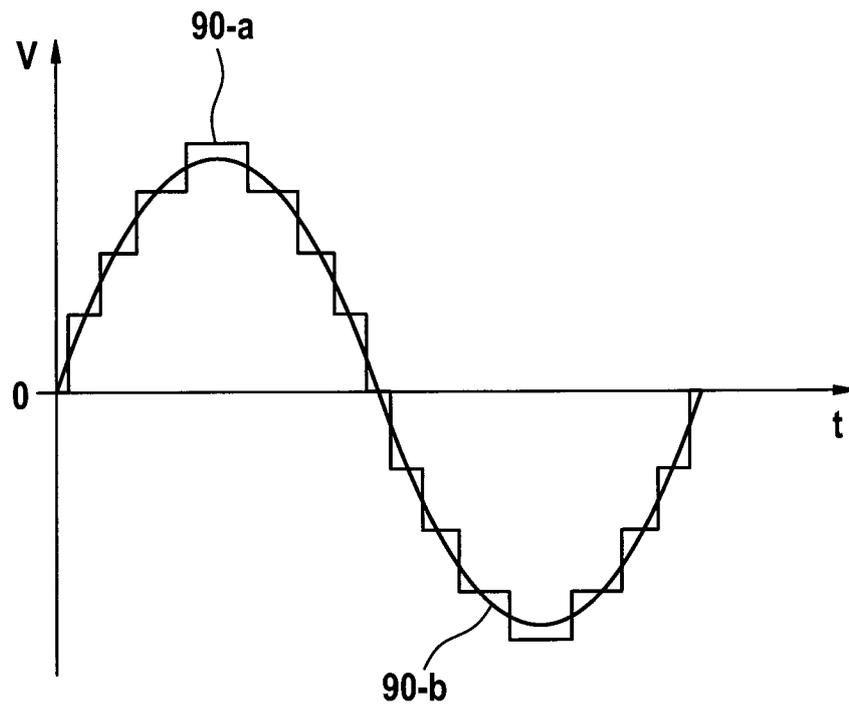
**FIG. 11**



**FIG. 12**



**FIG. 13**



**FIG. 14**