



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 044 211.1**  
(22) Anmeldetag: **08.10.2009**  
(43) Offenlegungstag: **15.04.2010**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **21.03.2024**

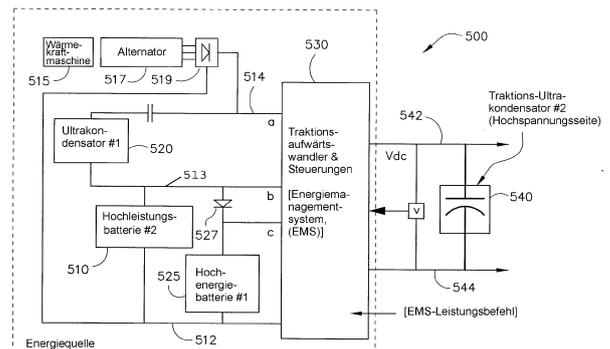
(51) Int Cl.: **B60L 50/50 (2019.01)**  
**B60L 7/10 (2006.01)**  
**H02M 3/156 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität: <b>12/250,182</b> <b>13.10.2008</b> <b>US</b>	(72) Erfinder: <b>King, Robert Dean, Schenectady, N.Y., US</b>
(73) Patentinhaber: <b>General Electric Co., Schenectady, N.Y., US</b>	(56) Ermittelte Stand der Technik: <b>US</b> <b>2006 / 0 127 704</b> <b>A1</b> <b>US</b> <b>2007 / 0 158 118</b> <b>A1</b> <b>US</b> <b>5 373 195</b> <b>A</b>
(74) Vertreter: <b>Rüger Abel Patentanwälte PartGmbB, 73728 Esslingen, DE</b>	

(54) Bezeichnung: **Energiemanagementsystem zur Verbesserung der Effizienz von Elektro- und Hybridantriebssträngen**

(57) Hauptanspruch: Antriebssystem, das aufweist:  
einen Elektroantrieb (150, 160);  
ein erstes Energiespeichersystem (540), das mit dem Elektroantrieb über eine Gleichspannungs(DC)-Verbindung (542, 544) elektrisch gekoppelt ist;  
ein zweites Energiespeichersystem (510, 520), das mit dem Elektroantrieb elektrisch gekoppelt ist; und  
einen mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandler (530), der mit dem ersten Energiespeichersystem (540) und mit dem zweiten Energiespeichersystem (510, 520) derart gekoppelt ist, dass das zweite Energiespeichersystem (510, 520) von der DC-Verbindung (542, 544) entkoppelt werden kann, wobei das zweite Energiespeichersystem (510, 520) wenigstens eine Leistungsbatterie (510) aufweist, die in Reihe mit wenigstens einem Ultrakondensator (520) gekoppelt ist, wobei das zweite Energiespeichersystem (510, 520) ferner wenigstens eine Energiebatterie (525) und eine unidirektionale leitende Vorrichtung (527) aufweist, die derart eingerichtet ist, dass der mehrkanalige bidirektionale Aufwärtswandler (530) Leistung und Energie aus der wenigstens einen Leistungsbatterie (510) und ein niedrigeres Leistungsniveau aus der wenigstens einen Energiebatterie (525) unter Verwendung von zwei Kanälen (b, c) entnimmt.



**Beschreibung**

## HINTERGRUND ZU DER ERFINDUNG

## Technisches Gebiet

**[0001]** Die Erfindung betrifft allgemein Fahrzeugantriebssysteme und insbesondere Batterie gespeiste Antriebssysteme, wie sie beispielsweise in Batterie betriebenen Elektrofahrzeugen oder Hybridfahrzeugen eingesetzt werden.

## Beschreibung des Standes der Technik

**[0002]** In letzter Zeit werden Elektrofahrzeuge und Hybridelektrofahrzeuge zunehmend populär. Diese Fahrzeuge werden gewöhnlich durch eine oder mehrere Batterien, entweder alleine oder in Kombination mit einem Verbrennungsmotor betrieben. In Elektrofahrzeugen speist die eine oder speisen die mehreren Batterien das gesamte Antriebssystem, wodurch der Bedarf nach einem Verbrennungsmotor beseitigt ist. Hybridelektrofahrzeuge enthalten andererseits einen kleinen Verbrennungsmotor, um die Batterieleistung zu ergänzen, was die Kraftstoffeffizienz des Fahrzeugs deutlich verbessert.

**[0003]** Herkömmlich benötigten die elektrischen und hybridelektrischen Antriebssysteme in diesen Fahrzeugen den Einsatz von großen Batterien, Ultrakondensatoren, Schwungrädern oder einer Kombination dieser Elemente, um ausreichend Energie zum Antreiben des Elektromotors bereitzustellen. Während sie allgemein effektiv waren, reduzierte die Größe und das Gewicht der Elemente den Gesamtwirkungsgrad des Antriebssystems, und sie bereiteten Probleme bei deren Integration in die Fahrzeuge.

**[0004]** Ein weiteres mit herkömmlichen elektrischen Antriebssystemen verbundenes Problem bestand darin, dass die Nennspannung der Energiespeichereinheiten (d.h. Batterien und/oder Ultrakondensatoren) die gesamte Systemspannung festlegte. Somit war die zum Antreiben des Elektromotors verfügbare Energie auf die Energie beschränkt, die in den Energiespeichereinheiten selbst zur Verfügung stand. Eine derartige Konfiguration begrenzte die gesamte Funktionssicherheit und Effizienz des elektrischen Antriebssystems, da die Spannungsanforderungen des Elektromotors häufig weit größer waren als die Spannung der Energiespeichereinheit. Um dieses Problem zu bekämpfen, wurden verschiedene alternative elektrische Antriebssystemkonfigurationen entworfen. Insbesondere zeigt die US-Patentschrift US 5 373 195 A die Verwendung eines bidirektionalen Aufwärtswandlers (Boost-Konverters) zur Entkopplung der Spannung der Energiespeichereinheit von der Spannung einer Gleichspannungsverbindung (DC-Verbindung), wobei die DC-Verbindung mit dem Elektromotor gekoppelt ist. Der bidirektio-

nale Aufwärtswandler dient dazu, die von der Energiespeichereinheit zu der DC-Verbindung gelieferte Spannung zu erhöhen oder zu „verstärken“, um die Leistungsanforderungen des Elektromotors zu erfüllen. In der Tat ist das Verhältnis der Spannung der DC-Verbindung zu der Spannung der Energiespeichereinheit gewöhnlich größer als 2:1. Der bidirektionale Aufwärtswandler ermöglicht eine derartige Erhöhung der der DC-Verbindung zugeführten Spannung ohne die Notwendigkeit einer Erhöhung der Größe der Energiespeichereinheit oder -einheiten.

**[0005]** Während der bidirektionale Aufwärtswandler in bewährter Weise eine erhöhte Spannungsversorgung zu der DC-Verbindung ohne eine entsprechende Erhöhung der Größe der Energiespeichereinheit(en) ermöglicht, vermindert sich die Effizienz des bidirektionalen Aufwärtswandlers während bestimmter Betriebsmodi. Insbesondere ist während einer Beschleunigung und Verzögerung des Fahrzeugs bei hoher Geschwindigkeit und hoher Leistung das Verhältnis der Spannung der DC-Verbindung zu der Batteriespannung häufig größer als 2,5:1. In diesen Betriebsmodi ist der Pegel des elektrischen Stroms, dem die Komponenten des Aufwärtswandlers ausgesetzt sind, sehr hoch, so dass deshalb eine darauffolgende Notwendigkeit einer geeigneten thermischen Ausgestaltung besteht, um Wärme in den Leistungselektronikkomponenten des Aufwärtswandlers abzuleiten. Diese thermische Wechselbeanspruchung der Komponenten des bidirektionalen Aufwärtswandlers stellt ein mögliches Funktionssicherheitsproblem sowie eine Reduktion der Gesamtsystemeffizienz dar.

**[0006]** Außerdem ermöglicht ein Konzept, das als „regeneratives Bremsen“ bekannt ist, während einer Verzögerung bei hoher Geschwindigkeit und hoher Leistung, dass Leistung mit gegebenenfalls relativ hoher Spannung, die durch den Elektromotor erzeugt wird, durch den bidirektionalen Aufwärtswandler zur Speicherung in der Energiespeichereinheit bzw. den Energiespeichereinheiten zurückgeführt wird. Jedoch treten bei hohen Verhältnissen der DC-Verbindungsspannung zu der Batteriespannung wiederum hohe Verluste innerhalb des bidirektionalen Aufwärtswandlers auf, die eine gute Wärmeableitung in den elektrischen Komponenten erfordern. Ferner ist die zu der Energiespeichereinheit gelieferte Regenerationsleistung häufig durch das Ladungsaufnahmevermögen der Energiespeichereinheit selbst begrenzt, was die Effizienz des Systems weiter reduziert.

**[0007]** Folglich ist es erwünscht, ein elektrisches und/oder hybridelektrisches Antriebssystem zu schaffen, das eine größere Gesamtsystemeffizienz gemeinsam mit einem höheren Grad an Energieaufnahme beim regenerativen Bremsen mit hoher Leistung aufweist.

**[0008]** US 2007 / 0 158 118 A1 beschreibt ein Fahrzeugantriebssystem mit einem Wechselstrom(AC)-Fahrtrieb, einem ersten Energiespeichersystem, das über eine Gleichspannungs(DC)-Verbindung mit dem Fahrtrieb elektrisch gekoppelt ist, und einem zweiten Energiespeichersystem, das mit dem Fahrtrieb elektrisch gekoppelt ist. Ein mehrkanaliger bidirektionaler Aufwärtswandler (Boost-Konverter) ist mit dem ersten Energiespeichersystem und mit dem zweiten Energiespeichersystem derart gekoppelt, dass das zweite Energiespeichersystem von der DC-Verbindung entkoppelt werden kann. Das zweite Energiespeichersystem weist eine Batterie mit hoher spezifischer Energie auf. Parallel zu der Hochenergiebatterie ist eine Reihenschaltung aus einem Ultrakondensator, der mit einem zweiten Eingangskanal des bidirektionalen Aufwärtswandlers verbunden ist, und einer unidirektionalen Stromleitvorrichtung, insbesondere Diode, angeordnet, wobei die Diode geschaltet ist, um Strom von dem Hochenergiebatterie-Eingangskanal des Aufwärtswandlers zu dem Ultrakondensator zu leiten.

**[0009]** US 2006 / 0 127 704 A1 beschreibt ein Brennstoffzellensystem, das einen Superkondensator und eine Batterie verwendet, die elektrisch in Reihe miteinander und parallel zu einem Brennstoffzellenstapel an einer Leistungsbusleitung geschaltet sind. Ein Stromrichtermodul ist einerseits mit der Leistungsbusleitung und andererseits mit einem AC- oder DC-Fahrmotor elektrisch verbunden.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0010]** Gemäß einem Aspekt der Erfindung ist ein Antriebssystem veranschaulicht, das einen Elektroantrieb, ein erstes Energiespeichersystem, das mit dem Elektroantrieb über eine Gleichspannungsverbindung (DC-Verbindung) gekoppelt ist, und ein zweites Energiespeichersystem aufweist, das mit dem Elektroantrieb elektrisch gekoppelt ist. Das Antriebssystem weist ferner einen mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandler (Boost-Konverter) auf, der mit dem ersten Energiespeichersystem und mit dem zweiten Energiespeichersystem derart gekoppelt ist, dass das zweite Energiespeichersystem von der DC-Verbindung entkoppelt werden kann, wobei das zweite Energiespeichersystem wenigstens eine Leistungsbatterie aufweist, die in Reihe mit wenigstens einem Ultrakondensator gekoppelt ist. Das zweite Energiespeichersystem weist ferner wenigstens eine Energiebatterie und eine unidirektional leitende Vorrichtung auf, die derart eingerichtet ist, dass der mehrkanalige bidirektionale Aufwärtswandler Leistung und Energie aus der wenigstens einen Leistungsbatterie und ein niedrigeres Leistungsniveau aus der wenigstens einen Energiebatterie unter Verwendung von zwei Kanälen entnimmt.

**[0011]** Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Aufbau eines Steuersystems veranschaulicht, wobei das Verfahren ein Koppeln eines ersten Energiespeichersystems mit einem Elektroantrieb über eine Gleichspannungsverbindung (DC-Verbindung) und ein Anschließen eines Ultrakondensators in Reihe zu einer Batterie, um ein zweites Energiespeichersystem zu bilden, aufweist. Das Verfahren weist ferner ein Koppeln eines mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandlers (Boost-Konverters) mit jedem von dem ersten Energiespeichersystem und dem zweiten Energiespeichersystem, so dass das erste Energiespeichersystem von dem zweiten Energiespeichersystem entkoppelt ist, wobei der mehrkanalige bidirektionale Aufwärtswandler ferner mit dem Elektroantrieb über die DC-Verbindung gekoppelt ist.

**[0012]** Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung ist eine Energiespeicheranordnung für ein elektrisch betriebenes System veranschaulicht, wobei die Anordnung wenigstens einen Ultrakondensator, der in Reihe zu wenigstens einer Batterie gekoppelt ist, und einen mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandler (Boost-Konverter) aufweist, der mit dem wenigstens einen Ultrakondensator und der wenigstens einen Batterie gekoppelt ist, wobei der mehrkanalige bidirektionale Aufwärtswandler konfiguriert ist, um eine Eingangs- und eine Ausgangsspannung von dem wenigstens einen Ultrakondensator und der wenigstens einen Batterie dynamisch zu steuern.

**[0013]** Verschiedene weitere Merkmale und Vorteile werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung und den Zeichnungen offensichtlich.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0014]** Die Zeichnungen veranschaulichen bevorzugte Ausführungsformen, die momentan zur Ausführung der Erfindung vorgesehen sind.

**[0015]** In den Zeichnungen:

**Fig. 1** veranschaulicht schematisiert ein beispielhaftes Antriebssystem.

**Fig. 2** zeigt eine graphische Darstellung des Systems, das in Form des beispielhaften Antriebssystems während eines Betriebs veranschaulicht ist.

**Fig. 3** veranschaulicht schematisiert eine weitere Ausführungsform des beispielhaften Antriebssystems.

**Fig. 4** veranschaulicht schematisiert eine weitere Ausführungsform des beispielhaften Antriebssystems.

**Fig. 5** veranschaulicht schematisiert eine weitere Ausführungsform des beispielhaften Antriebssystems.

**Fig. 6** veranschaulicht schematisiert eine weitere Ausführungsform des beispielhaften Antriebssystems.

**Fig. 7** veranschaulicht schematisiert eine weitere Ausführungsform des beispielhaften Antriebssystems.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0016]** Ausführungsformen der Erfindung enthalten einen Elektroantrieb, ein erstes Energiespeichersystem, das mit dem Elektroantrieb über eine Gleichspannungsverbindung (DC-Verbindung) gekoppelt ist, ein zweites Energiespeichersystem, das mit dem Elektroantrieb derart gekoppelt ist, dass die von dem zweiten Energiespeichersystem ausgegebene Spannung von der DC-Verbindung unter Verwendung eines mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandlers entkoppelt ist, wobei das zweite Energiespeichersystem einen mit einer Batterie in Reihe angeschlossenen Ultrakondensator aufweist.

**[0017]** Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung weist ein Antriebssystem einen Elektroantrieb, ein erstes Energiespeichersystem, das mit dem Elektroantrieb über eine Gleichspannungsverbindung (DC-Verbindung) gekoppelt ist, und ein zweites Energiespeichersystem auf, das mit dem Elektroantrieb elektrisch gekoppelt ist. Das Antriebssystem weist ferner einen mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandler (Boost-Konverter) auf, der mit dem ersten Energiespeichersystem und mit dem zweiten Energiespeichersystem derart gekoppelt ist, dass das zweite Energiespeichersystem von der DC-Verbindung entkoppelt werden kann, wobei das zweite Energiespeichersystem wenigstens eine Batterie aufweist, die in Reihe mit wenigstens einem Ultrakondensator gekoppelt ist.

**[0018]** Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung weist ein Verfahren zum Aufbau eines Steuersystems ein Koppeln eines ersten Energiespeichersystems mit einem Elektroantrieb über eine Gleichspannungsverbindung (DC-Verbindung) und einen Anschluss eines Ultrakondensators in Reihe mit einer Batterie auf, um ein zweites Energiespeichersystem zu schaffen. Das Verfahren weist ferner ein Koppeln eines mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandlers (Boost-Konverters) mit sowohl dem ersten Energiespeichersystem als auch dem zweiten Energiespeichersystem in einer derartigen Weise auf, dass das erste Energiespeichersystem von dem zweiten Energiespeichersystem entkoppelt ist, wobei der mehrkanalige bidirektionale Aufwärtswandler ferner durch die DC-Verbindung mit dem Elektroantrieb gekoppelt ist.

**[0019]** Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung weist eine Energiespeicheranordnung für ein elekt-

risch angetriebenes System wenigstens einen Ultrakondensator, der in Reihe mit wenigstens einer Batterie gekoppelt ist, und einen mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandler (Boost-Konverter) auf, der mit dem wenigstens einen Ultrakondensator und der wenigstens einen Batterie gekoppelt ist, wobei der mehrkanalige bidirektionale Aufwärtswandler konfiguriert ist, um eine Eingangs- und eine Ausgangsspannung von dem wenigstens einen Ultrakondensator und der wenigstens einen Batterie dynamisch zu steuern.

**[0020]** **Fig. 1** veranschaulicht ein Fahrzeugantriebssystem 100 gemäß einer beispielhaften Ausführungsform. Das Fahrzeugantriebssystem 100 enthält zum Teil eine Energiebatterie 110, einen Ultrakondensator 120 und einen mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandler (Boost-Konverter) 130. Der Ultrakondensator 120, wie er hierin verwendet wird, repräsentiert einen Kondensator, der mehrere Kondensatorzellen aufweist, die in einer Reihenanordnung miteinander verbunden sind, wobei die Kondensatorzellen jeweils eine Kapazität aufweisen, die größer ist als 500 Farad. Der Ausdruck Energiebatterie, wie er hierin verwendet wird, beschreibt eine Batterie mit hoher spezifischer Energie oder eine Batterie mit hoher Energiedichte, von der erwiesen ist, dass sie eine Energiedichte in der Größenordnung von 100 Wh/kg oder mehr erreicht (wie z.B. eine Lithium-Ionen-, Natrium-Halogenmetall-, Natrium-Nickelchlorid-, Natrium-Schwefel- oder Zink-Luft-Batterie). Die Energiebatterie 110 und der Ultrakondensator 120 sind in Reihe zueinander auf der Niederspannungsseite des mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandlers 130 angeschlossen, wobei der negative Anschluss der Energiebatterie 110 mit einem Bus 112 gekoppelt ist, der auch als eine negative Gleichspannungsverbindung oder DC-Verbindung bezeichnet wird, während der positive Anschluss der elektrischen Reihenverbindung zwischen der Energiebatterie 110 und dem Ultrakondensator 120 mit einem Bus 114 gekoppelt ist, der eine der positiven DC-Verbindungen auf der Niederspannungsseite des mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandlers 130 darstellt. Zusätzlich kann eine Vorladeschaltung 116 von der Energiebatterie 110 zu einer zweiten positiven DC-Verbindung 113 ebenfalls auf der Niederspannungsseite des mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandlers 130 angeschlossen sein. Die Busse 112, 113 und 114 sind ferner mit dem mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandler 130 gekoppelt.

**[0021]** Das System 100 enthält ferner einen zweiten Ultrakondensator 140 auf der Hochspannungsseite des mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandlers 130 gemeinsam mit einem DC-AC-Inverter oder Wechselrichter 150 und einem Wechselstrommotor (AC-Motor) 160. Der Wechselstrom-Fahrtrieb (AC-Fahrtrieb), wie er in **Fig. 1** in Form des DC-

AC-Inverters 150 und des Wechselstrommotors 160 veranschaulicht ist, könnte alternativ durch einen (nicht veranschaulichten) Gleichstrom-Fahrtrieb ersetzt werden, indem der Inverter 150 durch einen Gleichstrom-Chopper und der Wechselstrommotor 160 durch einen Gleichstrommotor ersetzt werden. Der Ultrakondensator 140 ist parallel zu dem mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandler 130 über eine positive Gleichspannungsverbindung 142 und eine negative Gleichspannungsverbindung 144 angekoppelt. Der DC-AC-Inverter 150 ist ebenfalls mit dem positiven DC-Anschluss 142 und dem negativen DC-Anschluss 144 gekoppelt, durch die der DC-AC-Inverter 150 eine Gleichspannung empfängt und anschließend einen Wechselstrom an den Wechselstrommotor 160 liefert. Das System 100 enthält ferner eine Fahrzeugsystemsteuerung (VSC, Vehicle Systems Control) 170, die konfiguriert ist, um das System 100 in verschiedenen Modi zu betreiben, die hier nachstehend erläutert sind.

**[0022]** Im Betrieb dient der mehrkanalige bidirektionale Aufwärtswandler 130 dazu, die Spannung zu verstärken bzw. anzuheben, die durch die Niederspannungsseite des Systems 100 zu der Hochspannungsseite des Systems 100 geliefert wird. Während der hochspannungsseitige Ultrakondensator 140 in der Lage ist, ausreichend Energie zu liefern, um den Wechselstrommotor 160 derart anzutreiben, dass das Fahrzeug bei einer verhältnismäßig geringen Geschwindigkeit betrieben und beschleunigt werden kann, kann in dem Fall, dass das System 100 einen Befehl von dem Fahrzeugführer über die VSC 170 empfängt, dass eine Erhöhung des positiven Drehmoments und somit eine Erhöhung der Fahrzeuggeschwindigkeit erwünscht ist, die Leistung, die dem AC-Motor 160 zugeführt wird, eventuell ergänzt werden müssen. In diesem Falle wird Energie von der Energiebatterie 110 und/oder dem Ultrakondensator 120 auf der Niederspannungsseite des mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandlers 130 dazu verwendet, die Spannung zu liefern, die für eine erhöhte Beschleunigung des Fahrzeugs erforderlich ist. In dem Falle, dass der Ultrakondensator 120 sich in einem relativ geringen Ladezustand oder bei geringer Spannung befindet, kann die Spannung der Energiebatterie 110 zu den hochspannungsseitigen DC-Verbindungen 142 und 144 über die Niederspannungsseite (Kanal „b“) des mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandlers 130 durch die positive DC-Verbindung 113 hindurch verstärkt werden. Die durch die Energiebatterie 110 und/oder den Ultrakondensator 120 über die positive DC-Verbindung 113 und 114 gelieferte Spannung wird mittels des mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandlers 130 um ein Verstärkungsverhältnis, das gewöhnlich größer ist als 2:1, „verstärkt“ oder erhöht. Auf diese Weise wird die zum Beschleunigen des Fahrzeugs benötigte Leistung über die DC-Verbin-

dungen 142 und 144 zu dem Wechselstrommotor 160 geliefert.

**[0023]** Bei den früheren Konfigurationen verschlechterte sich die Effizienz des mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandlers bei hoher Beschleunigung oder Verzögerung des Fahrzeugs. Das heißt, da eine Steigerung des Verhältnisses der Spannung, die zum ausreichenden Antreiben des Wechselstrommotors erforderlich war, im Vergleich zu der Spannung, die auf der Niederspannungsseite des bidirektionalen Aufwärtswandlers verfügbar war, erfuhr der mehrkanalige bidirektionale Aufwärtswandler aufgrund einer Erhöhung des elektrischen Stroms durch Komponenten des bidirektionalen Aufwärtswandlers einen erhöhten elektrischen Verlust, der zu Belastungen durch thermische Wechselbeanspruchung führte. Diese höheren Ströme verminderten die Effizienz des bidirektionalen Aufwärtswandlers, was eine angemessene thermische Konstruktion und Bauteile erforderte, um die Wärme aus diesen Verlusten in den Leistungselektronikkomponenten abzuleiten. Jedoch geht die beispielhafte Ausführungsform, wie sie in **Fig. 1** veranschaulicht ist, diese Probleme an, um die Effizienz des Systems 100 deutlich zu verbessern. Insbesondere sind die Energiebatterie 110 und der Ultrakondensator 120 in Reihe zueinander auf der Niederspannungsseite des bidirektionalen Aufwärtswandlers 130 derart angeschlossen, dass während eines normalen Betriebs des Systems 100 ein Teil der dem mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandler 130 zugeführten Leistung von dem Ultrakondensator 120 herührt, der in der Lage ist, während Fahrzeugbeschleunigungsvorgänge, die als regeneratives Bremsen bekannt sind, über den mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandler 130 einen Teil der Energie aufzunehmen und zu speichern. Während des regenerativen Bremsens steigt die Spannung des Ultrakondensators 120, und folglich ermöglicht die Summe der Spannungen des Ultrakondensators 120 und der Energiebatterie 110 einen höheren Spannungswert an der DC-Verbindung 114 im Vergleich zu einem herkömmlichen Antriebssystem mit lediglich einer Energiebatterie. Während der nächsten Fahrzeugbeschleunigung reduziert die höhere Spannung, die durch den Ultrakondensator 120 in Reihe mit der Energiebatterie 110 geliefert und an dem DC-Bus 114 dem mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandler 130 zugeführt wird, den Pegel des elektrischen Stroms, der durch die Leistungselektronikkomponenten des bidirektionalen Aufwärtswandlers 130 fließt. Dieser reduzierte elektrische Strom verringert den elektrischen Verlust und die thermischen Wechselbeanspruchungen, die den elektrischen Komponenten auferlegt werden, wodurch der Gesamtwirkungsgrad des mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandlers 130 vergrößert wird. Da der elektrische Verlust in dem mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandler

wandler 130 aufgrund des reduzierten Strompegels verringert wird, wird die Notwendigkeit eines schweren und teuren Kühlsystems in dem bidirektionalen Abwärtswandler 130 ebenfalls reduziert. Somit kann durch die Verwendung der Konfiguration, wie sie in **Fig. 1** dargelegt ist, die gesamte Größe, das gesamte Gewicht und die gesamte Komplexität des bidirektionalen Aufwärtswandlers 130 reduziert werden.

**[0024]** Ein weiterer Vorteil der Reihenkonfiguration zwischen der Energiebatterie 110 und dem Ultrakondensator 120 liegt in der Fähigkeit, die Nennspannung der Energiebatterie 110 zu reduzieren, was wiederum der Energiebatterie 110 ermöglicht, kleiner und hinsichtlich ihres Gewichts leichter als einige herkömmliche Energiebatterien zu sein. Da der Ultrakondensator 120 betrieben werden kann, um eine Hochspannungsausgabe an den mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandler 130 über den Bus 114 zu liefern, muss die Energiebatterie 110 für sich allein nicht eine hohe Ausgangsspannung an den bidirektionalen Aufwärtswandler 130 liefern. Vielmehr kann die Energiebatterie 110 Energie zu dem Ultrakondensator 120 in dem Fall liefern, dass die in dem Ultrakondensator 120 verfügbare Energie aufgebraucht ist. Ferner können die Energiebatterie 110 und der Ultrakondensator 120 beide Spannungsabgaben an den bidirektionalen Aufwärtswandler 130 in dem Fall liefern, dass von der VSC 170 ein Hochbeschleunigungsbefehl empfangen wird. Ferner ist die Energiebatterie 110 bei dieser Reihenkonfiguration in der Lage, einen hohen Ladezustand (SOC, State-of-Charge) aufrechtzuerhalten, was die Effizienz und Lebensdauer der Energiebatterie 110 verbessert.

**[0025]** Wenn durch die VSC 170 ein Befehl zur Verzögerung des Fahrzeugs empfangen wird, tritt das System 100 in einen regenerativen Bremsmodus ein. Dies bedeutet, dass während einer schnellen Verzögerung des Fahrzeugs der Wechselstrommotor 160 Energie erzeugt, die anschließend in die Energiespeichervorrichtungen des Systems 100, nämlich den Ultrakondensator 140, den Ultrakondensator 120 und die Energiebatterie 110, zurück übertragen wird. Die hohe Spannung, die durch das regenerative Bremsen erzeugt wird, wird durch den bidirektionalen Aufwärtswandler 130 an den Ultrakondensator 120 und/oder die Energiebatterie 110 übermittelt. Herkömmlich würde in einem System mit lediglich einer Energiebatterie, die durch einen bidirektionalen Aufwärtswandler angekoppelt ist, ein wesentlicher Teil der regenerativen Energie durch den höheren Strom in der Energiebatterie aufgenommen werden müssen. Somit würden sowohl in dem hohen Innenwiderstand der Energiebatterie als auch in dem bidirektionalen Aufwärtswandler aufgrund einer Beschränkung der Größe des Ladungsaufnahmevermögens und der Spannungsgrenzen der Energiespeichereinheiten hohe Verluste erlitten. Mit der

beispielhaften Konfiguration sind jedoch die Verluste sowohl in dem mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandler 130 als auch in der Energiebatterie 110 deutlich reduziert. Das heißt, die Reihenanordnung des Ultrakondensators 120 und der Energiebatterie 110 ermöglicht es, dass ein Großteil der regenerierten Energie in dem Ultrakondensator 120 aufgefangen wird, anstatt darauf angewiesen zu sein, dass lediglich die Energiebatterie 110 die regenerierte Energie aufnimmt. Im Gegensatz zu der Energiebatterie 110 ist der Ultrakondensator 120 in einem niedrigen Ladezustand (SOC) funktionsfähig und zur schnellen Aufnahme der elektrischen Ladung in der Lage. An sich ist der Ultrakondensator 120 in der Lage, einen Großteil der regenerativen Leistung von der mit hoher Spannung regenerierten Energie, die durch den Wechselstrommotor 160 während einer Fahrzeugverzögerung erzeugt wird, aufzunehmen, was einen geringen elektrischen Verlust und geringe thermische Wechselbeanspruchungen innerhalb des mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandlers 130 und der Energiebatterie 110 zur Folge hat, wodurch der Gesamtwirkungsgrad des Systems 100 verbessert wird.

**[0026]** Ein noch weiterer Vorteil der beispielhaften Ausführungsform nach **Fig. 1** liegt in der Fähigkeit, die Energieniveaus, die an die Energiespeichervorrichtungen und von diesen geliefert werden, dynamisch zu steuern. Der mehrkanalige bidirektionale Aufwärtswandler 130 ist funktionsfähig, um diese Energieniveaus auf der Basis der Fahrzeuggeschwindigkeit, des Ladezustands des Ultrakondensators, des Ladezustands der Energiebatterie, der Drehmomentanforderung des Wechselstromfahrantriebs und der Drehzahl des Wechselstromfahrantriebs adaptiv zu steuern. Beispielsweise ermöglicht eine derartige dynamische Steuerung dem mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandler 130, die durch den Ultrakondensator 120 und/oder die Energiebatterie 110 während einer Fahrzeugbeschleunigung gelieferte Energiemenge unabhängig zu steuern. Das heißt, nachdem ein Befehl zur hohen Beschleunigung von der VSC 170 empfangen wird, funktioniert der mehrkanalige bidirektionale Aufwärtswandler 130, um die von dem Ultrakondensator 120 und nötigenfalls von der Energiebatterie 110 gelieferte Leistungsmenge zu steuern, um den Wechselstrommotor 160 passend zu speisen. In gleicher Weise ist der bidirektionale Aufwärtswandler während einer Fahrzeugverzögerung wirksam, um die Menge der regenerierten Leistung und Energie, die dem Ultrakondensator 120 und/oder der Energiebatterie 110 zugeführt wird, zu steuern, um die gesamte Ladungsaufnahme des Systems auf ein Maximum zu steigern. Eine derartige dynamische Steuerung verbessert in großem Maße die Gesamteffizienz des Systems 100.

**[0027]** Indem nun auf **Fig. 2** Bezug genommen wird, veranschaulicht eine graphische Darstellung des Systems 100 einen normalen Betrieb des Systems 100, wobei die Spannung an der DC-Verbindung als Funktion der Motordrehzahl und des Motordrehmomentes veranschaulicht ist. Die Strichlinien 210 repräsentieren die beispielhaften Referenzwerte für die zugehörigen Energiespeicherkomponentenspannungen. Wie in dem Kurvenbild 202 veranschaulicht, lässt sich das volle Drehmoment des Antriebs für eine beispielhafte Konstruktion eines Wechselstrommotors durch Erhöhung der Referenzspannung von irgendeinem vorbestimmten minimalen Wert auf einen vorbestimmten maximalen Referenzwert bei einer Motordrehzahl von ungefähr 50% der Nenn-drehzahl erreichen. In dem Bereich von 50% bis 100% der Motornenn-drehzahl wird die Referenzspannung der DC-Verbindung im Wesentlichen konstant gehalten. Wie in dem Kurvenbild 208 veranschaulicht, steigt und fällt die Spannung des Ultrakondensators 140 (der als Ultrakondensator 2 bezeichnet ist) oberhalb und unterhalb der Referenzlinie, wenn von der Vorrichtung Energie entnommen oder zu dieser geliefert wird. Wenn sich die Spannung des Ultrakondensators 140, d.h. der Ladezustand, der Grenze nähert, wird zusätzliche Energie zu der Vorrichtung primär von dem Ultrakondensator 120 (der als Ultrakondensator 1 bezeichnet ist) geliefert, wie dies in dem Kurvenbild 206 veranschaulicht ist. Wenn der Ultrakondensator 120 nicht in der Lage ist, die gewünschte Energie zu liefern, wird die Energiebatterie 110 dazu verwendet, zusätzliche Energie bereitzustellen, wie dies in dem Kurvenbild 204 veranschaulicht ist. Beispielsweise lässt sich die Energiebatterie 110 während eines Betriebs beim Hinauffahren auf einem steilen Anstieg über einen längeren Zeitraum hinweg betreiben, um einen Großteil der Energie zu liefern, da die sowohl in dem Ultrakondensator 140 als auch in dem Ultrakondensator 120 gespeicherte Energie im Wesentlichen aufgebraucht sein kann.

**[0028]** **Fig. 3** zeigt eine weitere Ausführungsform der Erfindung. Das System 300, wie es in **Fig. 3** veranschaulicht ist, ist dem in **Fig. 1** veranschaulichten System 100 im Wesentlichen ähnlich, so dass folglich Bezugszeichen, die zum Bezeichnen von Komponenten in **Fig. 1** verwendet werden, auch verwendet werden, um ähnliche Komponenten in **Fig. 3** zu bezeichnen. Wie veranschaulicht, enthält das System 300 die Komponenten des Systems 100, wobei eine Hilfsantriebseinheit auf der Niederspannungsseite des mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandlers 130 hinzugefügt ist. Die Hilfsantriebseinheit weist eine Wärmekraftmaschine 310, einen Alternator bzw. Wechselstromgenerator 320 und einen Gleichrichter 330 auf. Der Ausgang des Gleichrichters 330 ist mit den Bussen 112 und 114 derart gekoppelt, dass durch die Wärmekraftmaschine 310 und den Wechselstromgenerator 320 erzeugte Ener-

gie bedarfsweise die durch den Ultrakondensator 120 und/oder die Energiebatterie 110 gelieferte Energie ergänzt. Die in dem System 300 veranschaulichte hybridelektrische Konfiguration ermöglicht es, dass ausreichend Energie zu dem Wechselstrommotor 160 selbst in den Fällen geliefert wird, in denen das Ladungs- und Spannungsniveau des Ultrakondensators 120 und der Energiebatterie 110 deutlich aufgebraucht sind. Ferner ist die Hilfsantriebseinheit auch in der Lage, Energie zum Aufladen des Ultrakondensators 120 und/oder der Energiebatterie 110 je nach dem Ladezustand dieser Energiespeichervorrichtungen zu liefern.

**[0029]** Eine weitere Ausführungsform der Erfindung ist in **Fig. 4** veranschaulicht. Ähnlich wie die Systeme 100 und 300, die jeweils in **Fig. 1** bzw. 3 veranschaulicht sind, stellt das System 400 einen Ultrakondensator 420 bereit, der in Reihe zu einer Energiebatterie 410 angeschlossen ist, wobei sowohl der Ultrakondensator 420 als auch die Energiebatterie 410 über Busse 412, 413 und 414 mit einem mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandler 430 gekoppelt sind. Auf der Hochspannungsseite des mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandlers 430 ist ein weiterer Ultrakondensator 440 parallel zu dem mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandler 430 und einem (nicht veranschaulichten) Motor über eine DC-Verbindung 442 und eine DC-Verbindung 444 angeschlossen. Zusätzlich ist eine Hilfsantriebsquelle mit den Bussen 414 und 412 auf der Niederspannungsseite des mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandlers 430 gekoppelt. Wie bei dem System 300 weist die Hilfsantriebsquelle eine Wärmekraftmaschine 415, einen Alternator bzw. Wechselstromgenerator 417 und einen Gleichrichter 419 auf. Der Ausgang des Gleichrichters 419 ist mit den Bussen 412 und 414 derart gekoppelt, dass durch die Wärmekraftmaschine 415 und den Alternator 417 erzeugte Energie erforderlichenfalls die durch den Ultrakondensator 420 und/oder die Energiebatterie 410 gelieferte Energie ergänzt. Das System 400 weist ferner einen zusätzlichen Ultrakondensator 425 auf. Der Ultrakondensator 425 dient dazu, eine noch weitere Energiequelle in dem Falle bereitzustellen, dass die Energieanforderung zum Betreiben des Motors größer ist als diejenige, die der Ultrakondensator 420, die Energiebatterie 410 und die Hilfsantriebsquelle bereitstellen können. Der Ultrakondensator 425 ist auch funktionsfähig, um während regenerativer Bremsereignisse Energie aufzunehmen, was die Gesamteffizienz des Systems 400 erhöht. Falls der Fahrzeugführer fortfährt, zusätzliche Leistung zum Betreiben des Fahrzeugs anzufordern, beispielsweise beim Bergauffahren entlang einer langen Steigung, wodurch der Ladezustand (SOC) des Ultrakondensators 425 bis auf irgendeinen vorbestimmten minimalen Wert erschöpft wird, so dass die Spannung des Ultrakondensators 425 unterhalb der Spannung der Energiebatterie 410

liegt, leitet ferner eine unidirektional leitende Vorrichtung 427, wie beispielsweise eine Diode, Strom derart, dass der bidirektionale Aufwärtswandler 430 Leistung und Energie primär aus der Energiebatterie 410 unter Verwendung von zwei Kanälen des mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandlers 430 entnimmt, wodurch in etwa doppelt so viel Nennleistung im Vergleich zu einem einzelnen Kanal des bidirektionalen Aufwärtswandlers 430 ermöglicht wird. Eine derartige Konfiguration dient dazu, eine Erhöhung der Betriebsgeschwindigkeit des Fahrzeugs zu unterstützen, insbesondere wenn die gespeicherte Energie des Ultrakondensators erschöpft ist oder in der Nähe einer vorbestimmten Spannungsgrenze liegt.

**[0030]** Fig. 5 veranschaulicht eine noch weitere Ausführungsform der Erfindung. Anders als das System 400, das in Fig. 4 veranschaulicht ist, stellt das System 500 einen Ultrakondensator 520 bereit, der in Reihe zu einer Leistungsbatterie 510 angeschlossen ist. Der Ausdruck Leistungsbatterie, wie er hierin verwendet wird, beschreibt eine Batterie, die eine hohe Leistungsdichte (z.B. in der Größenordnung von 300 W/kg oder mehr, wie beispielsweise eine Nickel-Cadmium-Batterie, Nickel-Metallhydrid-Batterie oder Lithium-Ionen-Batterie), jedoch eine verhältnismäßig geringe Energiedichte aufweist. Leistungsbatterien lassen sich jedoch leichter elektrisch wiederaufladen als Energiebatterien, und somit haben Leistungsbatterien ein größeres Vermögen zur Wiederaufnahme von Energie, die während regenerativer Bremsereignisse bei hoher Leistung erzeugt wird. Sowohl der Ultrakondensator 520 als auch die Leistungsbatterie 510 sind über Busse 514, 513 und 512 mit einem mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandler 530 elektrisch gekoppelt. Auf der Hochspannungsseite des mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandlers 530 ist ein weiterer Ultrakondensator 540 parallel zu dem mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandler 530 und einem (nicht veranschaulichten) Motor über eine DC-Verbindung 542 und eine DC-Verbindung 544 angekoppelt. Wie bei dem System 400 weist das System 500 ebenfalls eine Hilfsantriebsquelle auf, die mit den Bussen 514 und 512 auf der Niederspannungsseite des mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandlers 530 gekoppelt ist. Wie bei den Systemen 300 und 400 weist die Hilfsantriebsquelle eine Wärmekraftmaschine 515, einen Alternator 517 und einen Gleichrichter 519 auf. Der Ausgang des Gleichrichters 519 ist mit den Bussen 512 und 514 gekoppelt, so dass durch die Wärmekraftmaschine 515 und den Alternator 517 erzeugte Energie erforderlichenfalls die durch den Ultrakondensator 520 und/oder die Leistungsbatterie 510 gelieferte Energie ergänzt. Das System 500 weist ferner eine Energiebatterie 525 auf. Die Energiebatterie 525 dient wie der in Fig. 4 veranschaulichte Ultrakondensator 425 dazu, in dem Falle, dass die Energieanforderung zum

Antreiben des Motors diejenige übersteigt, die der Ultrakondensator 520, die Leistungsbatterie 510 und die Hilfsantriebsquelle liefern können, eine noch weitere Energiequelle bereitzustellen. Die Energiebatterie 525 ist ebenfalls funktionsfähig, um Energie während regenerativer Bremsereignisse aufzunehmen, was zu dem Gesamtwirkungsgrad des Systems 400 beiträgt. Ferner ist in dem Fall, dass ein Fahrzeugführer weiterhin zusätzliche Leistung zum Betreiben des Fahrzeugs anfordert, beispielsweise beim Bergauffahren an einer langen Steigung, wodurch der Ladezustand (SOC) der Energiebatterie 525 bis auf einen vorbestimmten minimalen Wert aufgebraucht wird, so dass die Spannung der Energiebatterie 525 unterhalb der Spannung der Leistungsbatterie 510 liegt, eine unidirektional leitende Vorrichtung 527, wie beispielsweise eine Diode, derart leitend, dass der bidirektionale Aufwärtswandler 530 in erster Linie aus der Leistungsbatterie 510 und dem niedrigeren Leistungsniveau von der Energiebatterie 525 unter Verwendung von zwei Kanälen des mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandlers Leistung und Energie entnimmt, wodurch ungefähr die doppelte Nennleistung im Vergleich zu einem einzelnen Kanal des mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandlers 530 ermöglicht wird. Das durch die Energiebatterie 525 entnommene niedrigere Leistungsniveau ist auf den inhärent höheren inneren Widerstand der Energiebatterie 525 im Vergleich zu der Leistungsbatterie 510 zurückzuführen.

**[0031]** Indem nun auf Fig. 6 Bezug genommen wird, ist dort eine weitere Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht. Das System 600, wie es in Fig. 6 veranschaulicht ist, ist dem in Fig. 4 veranschaulichten System 400 im Wesentlichen ähnlich, so dass folglich Bezugszeichen, die zum Bezeichnen von Komponenten in Fig. 4 verwendet werden, auch dazu verwendet werden, ähnliche Komponenten in Fig. 6 zu bezeichnen. Insbesondere ergibt das System 600 eine identische Konfiguration auf der Niederspannungsseite des mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandlers 430, wie diejenige, die in dem System 400 veranschaulicht ist. Das System 600 weist jedoch auf der Hochspannungsseite des mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandlers 430 eine Leistungsbatterie 640 auf. Wie in Fig. 6 veranschaulicht, ist die Leistungsbatterie 640 parallel zu dem mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandler 430 und einem (nicht veranschaulichten) Motor über eine DC-Verbindung 442 und eine DC-Verbindung 444 angeschlossen. Wie vorstehend im Zusammenhang mit dem System 500 erläutert, ist eine Leistungsbatterie eine Batterie mit einer verhältnismäßig hohen Leistungsdichte (z.B. in der Größenordnung von 300 W/kg oder mehr), jedoch einer relativ geringen Energiedichte. Von Leistungsbatterien ist es erneut bekannt, dass sie leichter, bei höheren Geschwindigkeiten als Energiebatterien elektrisch wiederauflad-

bar sind, was hauptsächlich bei regenerativen Bremsereignissen als Vorteil angesehen wird. Die Leistungsbatterie 614 ist auf der Hochspannungsseite des mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandlers 430 platziert, so dass dem Motor eine Leistungsdichte, die zur Erzielung einer Fahrzeugbeschleunigung ausreicht, ohne eine unmittelbare Notwendigkeit einer wesentlichen Energieergänzung von den Energiespeichervorrichtungen auf der Niederspannungsseite des mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandlers 430 zugeführt werden kann. Erneut gilt, dass, während die Leistungsbatterie 640 in der Lage ist, eine ausreichende Energiemenge zur Beschleunigung des Fahrzeugs zu liefern, Leistungsbatterien begrenzte Energiedichten haben, was bedeutet, dass der Ladezustand (SOC) der Leistungsbatterie während Beschleunigungsereignisse schneller aufgebraucht wird. Jedoch als eine ergänzende Leistungsversorgung sowohl zur Lieferung von Energie als auch zur Wiederaufnahme von Energie bei regenerativen Bremsereignissen verbessert die Leistungsbatterie 640 effektiv die Gesamteffizienz des Systems 600, insbesondere für Fahrzeuganwendungen und dynamische Lasten, die eine hohe gepulste Leistung erfordern, oder Elektroantriebe, die ein hohes Ausgangsdrehmoment bei relativ hoher Motordrehzahl mit hoher Wiederholfrequenz erfordern, d.h. Antriebe für Massenbeförderungsanwendungen, bei denen die Beschleunigungs- und regenerativen Bremsereignisse bei relativ hohen Motordrehzahlen auftreten.

**[0032]** Fig. 7 veranschaulicht schematisiert eine noch weitere Ausführungsform der Erfindung. Die Ausführungsform nach Fig. 7 ist mit der Ausnahme der Hilfsantriebseinheit im Wesentlichen die gleiche wie diejenige, die in Fig. 4 veranschaulicht ist. Das heißt, die Hilfsantriebseinheit des Systems 700 enthält nicht nur eine Wärmekraftmaschine 415, einen Alternator bzw. Wechselstromgenerator 417 und einen Gleichrichter 419, sondern auch ein elektrisches Einstecksystem, das einen Wechselstromanschluss bzw. -stecker 715, einen Erdfehlerstromschutzschalter (GFI-Schutzschalter) 717, einen Trenntransformator 719 und einen Gleichrichter 721 aufweist. Wenn sich das durch das System 700 angetriebene Fahrzeug außer Betrieb befindet, kann der AC-Stecker 715 mit einer externen elektrischen Stromquelle (d.h. dem Versorgungsnetz) gekoppelt werden, um Energie über den Gleichrichter 721 zu den Energiespeichervorrichtungen auf der Niederspannungsseite des bidirektionalen Aufwärtswandlers 430 zu liefern. Erneut enthalten diese Energiespeichervorrichtungen den Ultrakondensator 420, den Ultrakondensator 425 und die Energiebatterie 410 auf der Niederspannungsseite des mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandlers 430 zuzüglich des Ultrakondensators 440 auf der Hochspannungsseite des bidirektionalen Aufwärtswandlers 430. Demgemäß ist das in Fig. 7 veranschaulichte Sys-

tem 700 nicht nur zur Energieregeneration über die Wärmekraftmaschine 415 in der Lage, während es sich im Betrieb befindet, sondern es kann auch wiederaufgeladen werden, wenn sich das Fahrzeug nicht im Verkehr befindet. Alternativ kann das in Fig. 7 veranschaulichte Hilfsantriebseinheitssystem auch ohne den Einsatz der Wärmekraftmaschine 415, des Alternators 417 oder des Gleichrichters 419 konfiguriert sein. An sich kann eine Hilfsantriebseinheit, die lediglich das elektrische Einstecksystem aufweist, eine kostengünstige Lösung zur Energieregeneration in den Energiespeichervorrichtungen auf der Niederspannungsseite des bidirektionalen Aufwärtswandlers 430 ergeben.

**[0033]** Während die Erfindung in Einzelheiten in Verbindung mit lediglich einer begrenzten Anzahl von Ausführungsformen beschrieben worden ist, sollte es ohne weiteres verständlich sein, dass die Erfindung nicht auf derartige offenbarte Ausführungsformen beschränkt ist. Vielmehr kann die Erfindung modifiziert werden, um jede beliebige Anzahl von Veränderungen, Modifikationen, Substitutionen oder äquivalenten Anordnungen, die hier vorstehend nicht beschrieben sind, die jedoch dem Rahmen und Schutzzumfang der Erfindung entsprechen, zu enthalten. Außerdem sollte es verständlich sein, dass, während verschiedene Ausführungsformen der Erfindung beschrieben worden sind, Aspekte der Erfindung lediglich einige der beschriebenen Ausführungsformen enthalten können. Demgemäß ist die Erfindung nicht als durch die vorstehende Beschreibung beschränkt anzusehen, sondern sie ist lediglich durch den Schutzzumfang der beigefügten Ansprüche beschränkt.

**[0034]** Es ist ein Antriebssystem geschaffen, das einen Elektroantrieb 150, 160, ein erstes Energiespeichersystem 140, das mit dem Elektroantrieb 150, 160 über eine Gleichspannungs(DC)-Verbindung 142, 144 elektrisch gekoppelt ist, und ein zweites Energiespeichersystem 110, 120 enthält, das mit dem Elektroantrieb 150, 160 elektrisch gekoppelt ist. Das Antriebssystem enthält ferner einen mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandler 130, der mit dem ersten Energiespeichersystem 140 und mit dem zweiten Energiespeichersystem 110, 120 derart gekoppelt ist, dass das zweite Energiespeichersystem 110, 120 von der DC-Verbindung 142, 144 entkoppelt werden kann, wobei das zweite Energiespeichersystem 110, 120 wenigstens eine Batterie 110 aufweist, die mit wenigstens einem Ultrakondensator 120 in Reihe gekoppelt ist.

### Patentansprüche

1. Antriebssystem, das aufweist:  
einen Elektroantrieb (150, 160);  
ein erstes Energiespeichersystem (540), das mit dem Elektroantrieb über eine Gleichspannungs

(DC)-Verbindung (542, 544) elektrisch gekoppelt ist; ein zweites Energiespeichersystem (510, 520), das mit dem Elektroantrieb elektrisch gekoppelt ist; und einen mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandler (530), der mit dem ersten Energiespeichersystem (540) und mit dem zweiten Energiespeichersystem (510, 520) derart gekoppelt ist, dass das zweite Energiespeichersystem (510, 520) von der DC-Verbindung (542, 544) entkoppelt werden kann, wobei das zweite Energiespeichersystem (510, 520) wenigstens eine Leistungsbatterie (510) aufweist, die in Reihe mit wenigstens einem Ultrakondensator (520) gekoppelt ist, wobei das zweite Energiespeichersystem (510, 520) ferner wenigstens eine Energiebatterie (525) und eine unidirektional leitende Vorrichtung (527) aufweist, die derart eingerichtet ist, dass der mehrkanalige bidirektionale Aufwärtswandler (530) Leistung und Energie aus der wenigstens einen Leistungsbatterie (510) und ein niedrigeres Leistungsniveau aus der wenigstens einen Energiebatterie (525) unter Verwendung von zwei Kanälen (b, c) entnimmt.

2. Antriebssystem nach Anspruch 1, wobei der Elektroantrieb (150, 160) entweder ein Wechselstrom(AC)-Fahrtrieb oder ein Gleichstrom(DC)-Fahrtrieb ist.

3. Antriebssystem nach Anspruch 1, wobei das erste Energiespeichersystem (540) wenigstens entweder eine Leistungsbatterie (640) und/oder einen Ultrakondensator (540) aufweist und das erste Energiespeichersystem (540) mit dem mehrkanaligen bidirektionalen Aufwärtswandler (530) über die DC-Verbindung (542, 544) gekoppelt ist.

4. Antriebssystem nach Anspruch 3, wobei das erste Energiespeichersystem (540) die Leistungsbatterie (510) aufweist und konfiguriert ist, um eine regenerative Energie zu dem wenigstens einen Ultrakondensator (520) des zweiten Energiespeichersystems (510, 520) zu liefern.

5. Antriebssystem nach Anspruch 1, wobei der wenigstens eine Ultrakondensator (520) des zweiten Energiespeichersystems (510, 520) konfiguriert ist, um während regenerativer Bremsereignisse, die mit einer Fahrzeugverzögerung im Zusammenhang stehen, Energie aufzunehmen.

6. Antriebssystem nach Anspruch 5, wobei der mehrkanalige bidirektionale Aufwärtswandler (530) konfiguriert ist, um eine Energiemenge, die zu dem wenigstens einen Ultrakondensator (520) des zweiten Energiespeichersystems (510, 520) während der regenerativen Bremsereignisse übertragen wird, in Abhängigkeit von wenigstens einer Größe aus der Fahrzeuggeschwindigkeit, dem Ladezustand des wenigstens einen Ultrakondensators, dem Ladezustand der Batterie, der Elektroantrieb-Drehmoment-

anforderung und der Elektroantriebsdrehzahl zu steuern.

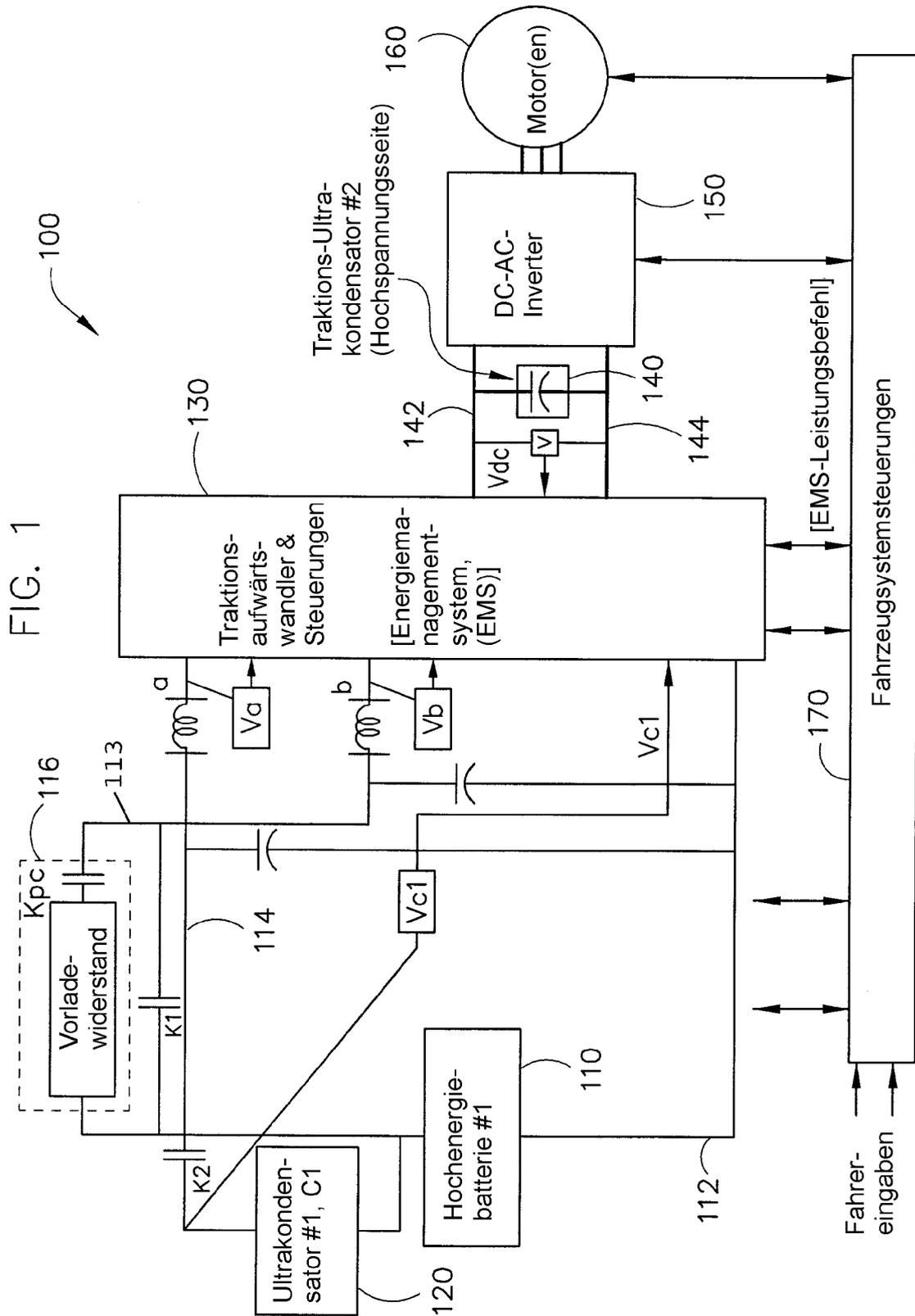
7. Antriebssystem nach Anspruch 1, das ferner eine Hilfsantriebseinheit aufweist, die mit dem zweiten Energiespeichersystem (510, 520) gekoppelt ist.

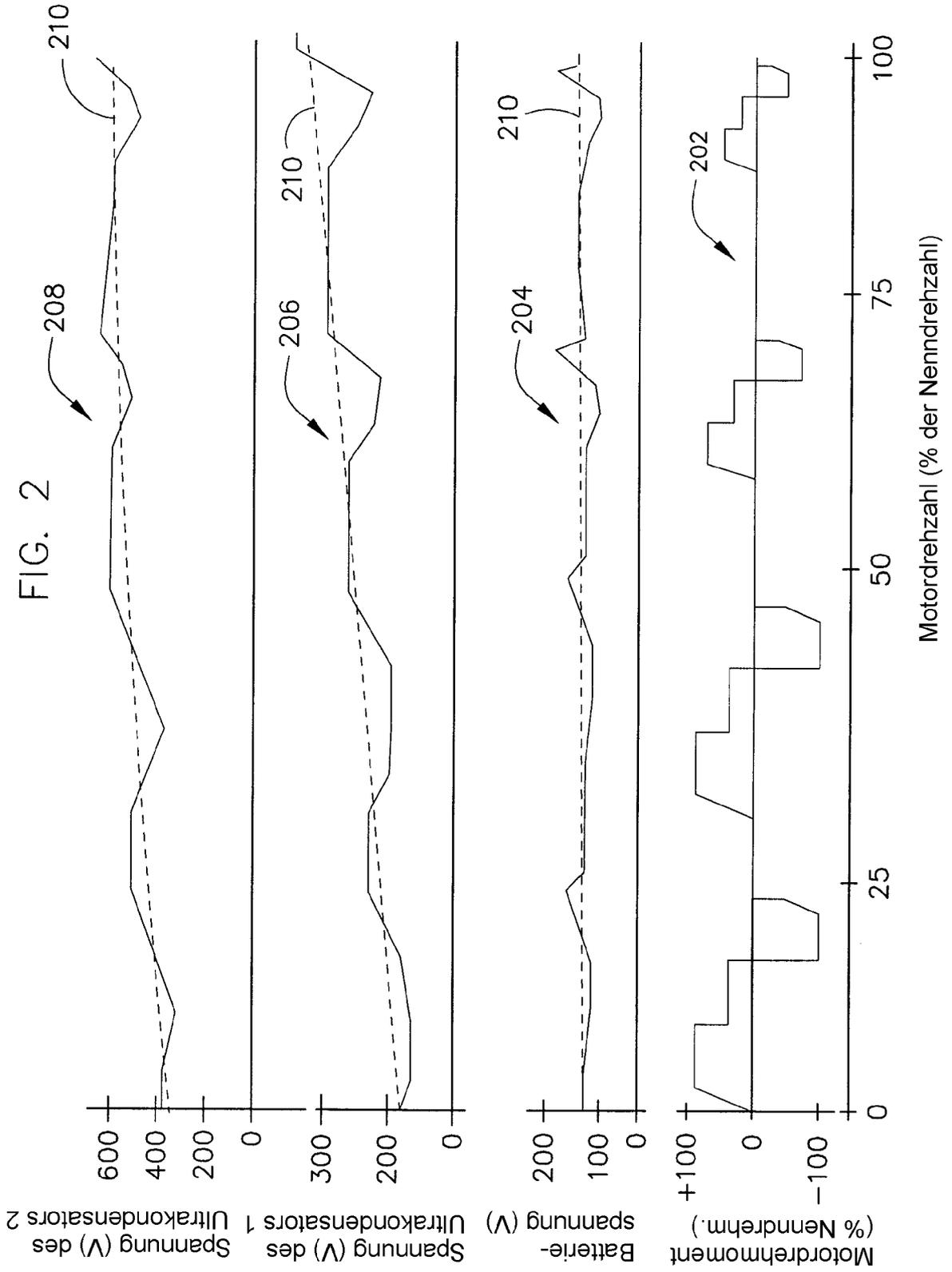
8. Antriebssystem nach Anspruch 7, wobei die Hilfsantriebseinheit eine Wärmekraftmaschine (515) aufweist.

9. Antriebssystem nach Anspruch 7, wobei die Hilfsantriebseinheit eine elektrische Einsteckschnittstelle (715) aufweist.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen





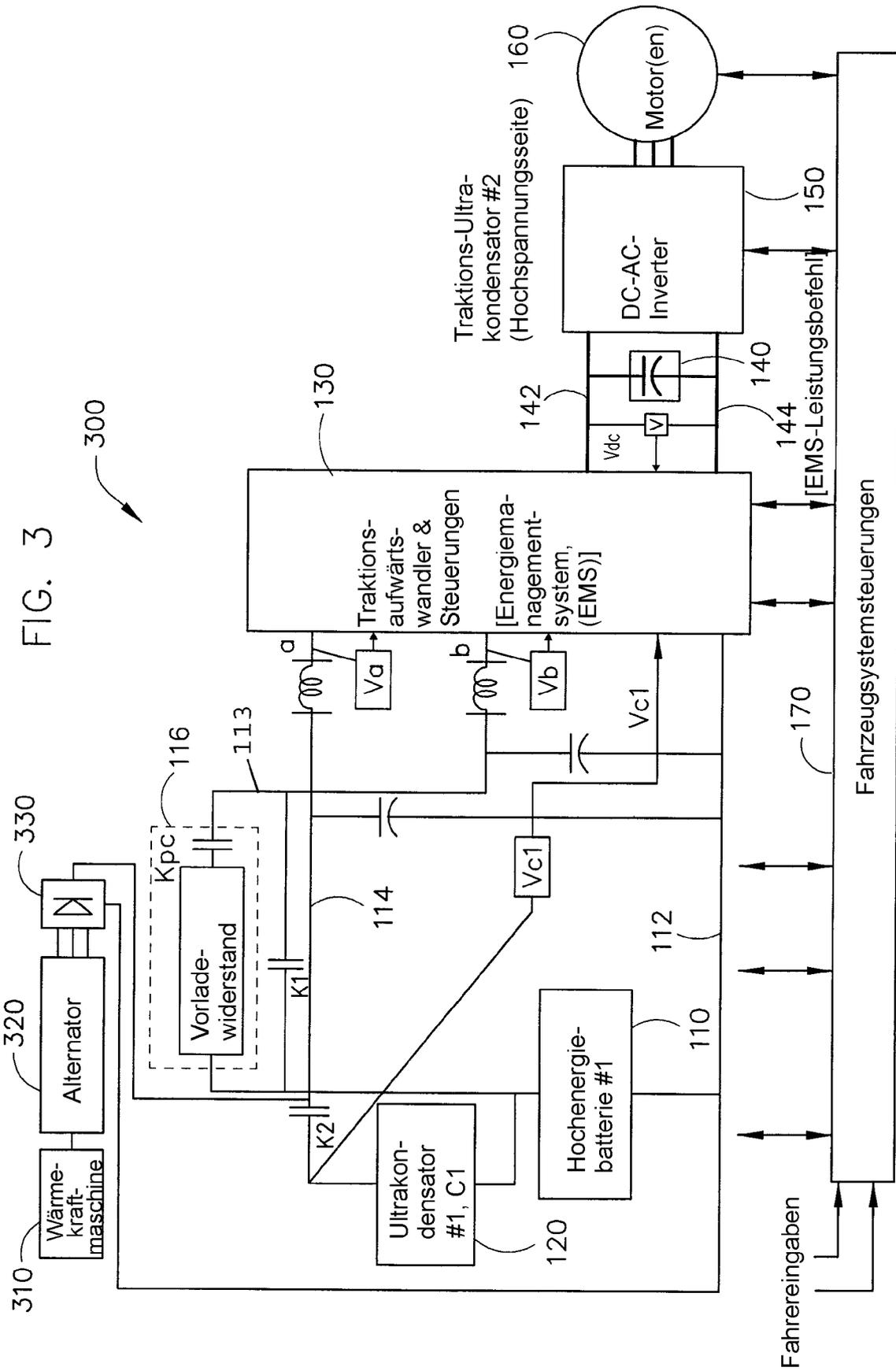


FIG. 4

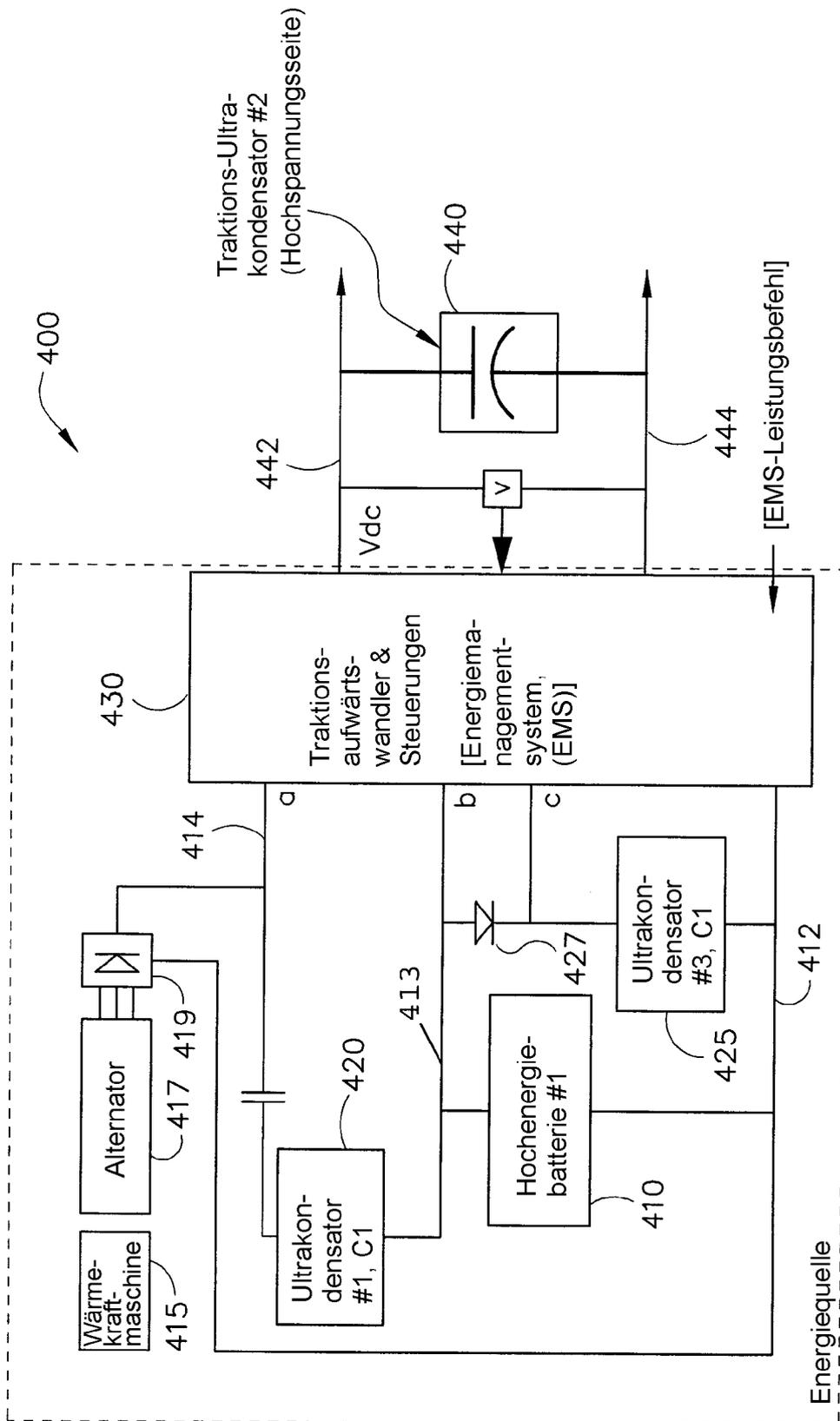


FIG. 5

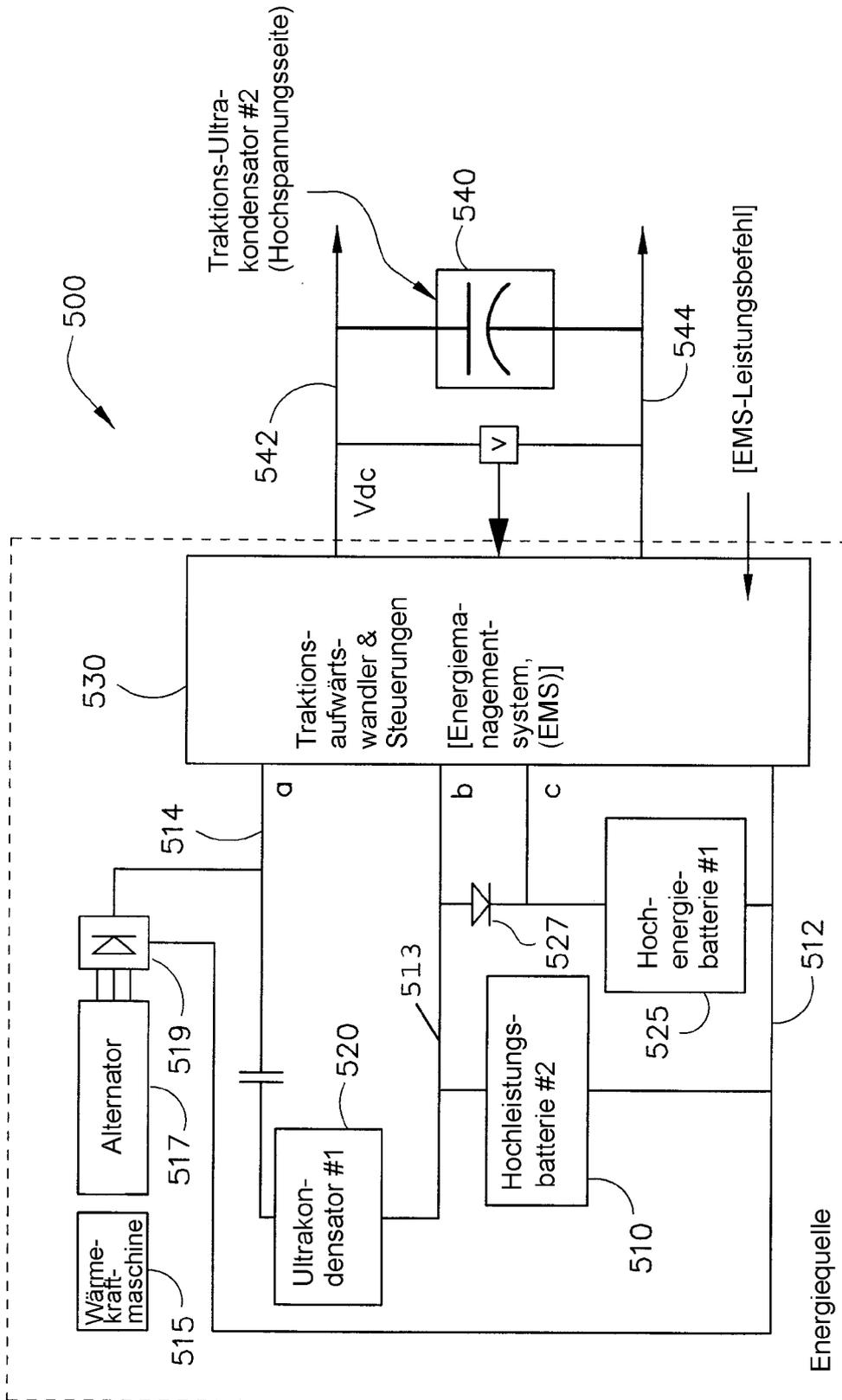


FIG. 6

