



(10) **DE 10 2008 046 301 B4** 2014.10.30

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2008 046 301.9**
(22) Anmeldetag: **09.09.2008**
(43) Offenlegungstag: **30.04.2009**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **30.10.2014**

(51) Int Cl.: **H02M 7/48 (2007.01)**

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:
11/853,894 12.09.2007 US

(73) Patentinhaber:
GM Global Technology Operations LLC (n. d. Ges. d. Staates Delaware), Detroit, Mich., US

(74) Vertreter:
Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336 München, DE

(72) Erfinder:
Kajouke, Lateef A., San Pedro, Calif., US;
Welchko, Brian A., Torrance, Calif., US

(56) Ermittelter Stand der Technik:
US 2005 / 0 174 076 A1

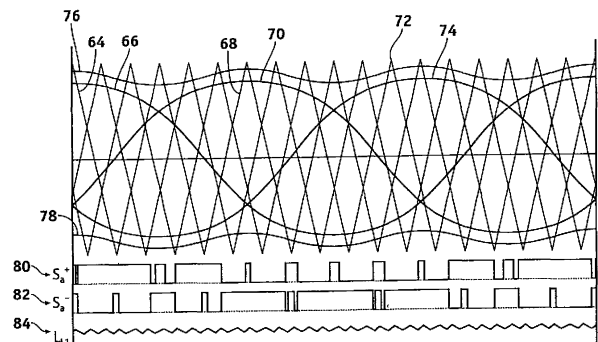
Gajanayake, C.J.; Teodorescu, R.; Blaabjerg, F.; Vilathgamuwa, D.M.; Loh, P.C. Four-leg parallel Z-source inverter based DG systems to enhance the grid performance under unbalanced conditions Power Electronics and Applications, 2007 European Conference on Publication Year: 2007 , Page(s): 1 - 10

Miaosen Shen; Jin Wang; Joseph, A.; Fang Zheng Peng; Tolbert, L.M.; Adams, D.J. Constant boost control of the Z-source inverter to minimize current ripple and voltage stress Industry Applications, IEEE Transactions on Volume: 42 , Issue: 3 Publication Year: 2006 , Page(s): 770 - 778

(54) Bezeichnung: **Verfahren und System zum Umwandeln von DC-Leistung in AC-Leistung**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Umwandeln von Gleichstrom-Leistung (DC-Leistung) in Wechselstrom-Leistung (AC-Leistung) durch einen Impedanzwechselrichter (24), das umfasst, dass:

in einer ersten Phase (a) AC-Leistung auf der Grundlage eines ersten Trägersignals (64) bereitgestellt wird; und in einer zweiten Phase (b) AC-Leistung auf der Grundlage eines zweiten Trägersignals (68), das zum ersten Trägersignal (64) phasenverschoben ist, bereitgestellt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Phase (a) und die zweite Phase (b) außerdem auf der Grundlage eines hohen Durchschuss-Modulationssignals (76) und eines niedrigen Durchschuss-Modulationssignals (78) unter Verwendung des Impedanzwechselrichters (24) erzeugt werden.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein Wechselrichter, und sie betrifft insbesondere Verfahren und Systeme zum Umwandeln von DC-Leistung in AC-Leistung.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] In den letzten Jahren haben technologische Fortschritte sowie sich immer weiter entwickelnde Vorlieben bezüglich des Stils zu wesentlichen Veränderungen bei der Konstruktion von Kraftfahrzeugen geführt. Eine der Veränderungen betrifft die Komplexität der elektrischen und der Antriebssysteme in Kraftfahrzeugen, insbesondere in Fahrzeugen mit alternativem Kraftstoff, wie etwa Hybrid-, Elektro- und Brennstoffzellenfahrzeugen. Derartige Fahrzeuge mit alternativem Kraftstoff verwenden typischerweise einen Elektromotor, möglicherweise in Kombination mit einem weiteren Aktuator, um die Räder anzutreiben.

[0003] Viele der elektrischen Komponenten, welche die Elektromotoren umfassen, die in derartigen Fahrzeugen verwendet werden, empfangen elektrische Leistung von Wechselstrom-Leistungsversorgungen (AC-Leistungsversorgungen). Die bei derartigen Anwendungen verwendeten Leistungsquellen (d. h. Batterien) liefern jedoch nur Gleichstromleistung (DC-Leistung). Zum Umwandeln der DC-Leistung in AC-Leistung werden daher Einrichtungen verwendet, die als Gleichrichter/Wechselrichter bekannt sind und im Folgenden nur noch als Wechselrichter bezeichnet werden, welche oft mehrere Schalter oder Transistoren verwenden, die mit verschiedenen Intervallen betrieben werden, um die DC-Leistung in AC-Leistung umzuwandeln.

[0004] In den letzten Jahren wurden Impedanzwechselrichter (Z-Source-Inverter) entwickelt, welche mehrere Vorteile gegenüber herkömmlichen Wechselrichtern aufweisen. Aufgrund der darin enthaltenen Impedanzquelle (die z. B. eine oder mehrere Induktivitäten umfasst) weisen Impedanzwechselrichter beispielsweise die Fähigkeit zur Erzeugung einer Ausgangsspannung auf, die größer oder kleiner als die Spannung der bereitgestellten DC-Leistung ist. Jedoch bewirken herkömmliche Verfahren, wie etwa eine Pulsweitenmodulation (PWM), die zum Steuern der Schalter in den Wechselrichtern verwendet werden, dass ein Restwelligkeitsstrom die Induktivitäten mit einer relativ niedrigen Frequenz durchquert. Als Folge müssen in derartigen Wechselrichtern sehr große und teure Induktivitäten verwendet werden, da die erforderliche Größe der Induktivitäten proportional zu der Frequenz des Restwelligkeitsstroms ist.

[0005] US 2005/0 174 076 A1 offenbart ein Verfahren zum Umwandeln von Gleichstrom-Leistung in Wechselstrom-Leistung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0006] In "Constant boost control of the Z-source inverter to minimize current ripple and voltage stress" von Miaosen Shen; Jin Wang; Joseph, A.; Fang Zheng Peng; Tolbert, L. M. und Adams, D. J., veröffentlicht 2006 in Industry Applications, IEEE Transactions, Vol. 42, Issue 3, Seite 770–778 sind zwei Verfahren zum Betreiben eines dreiphasigen Impedanzwechselrichters bzw. Z-Source-Inverters unter Verwendung einer gemeinsamen Trägerfrequenz für alle Phasen offenbart.

[0007] Gajanayake C. J. et al. offenbaren in "Four-leg parallel Z-source inverter based DG systems to enhance the grid Performance under unbalanced conditions", European Conference of Power Electronics and Applications, 2007, Seite 1–10 parallel geschaltete Impedanzwechselrichter mit 4 Schenkeln, die durch ein Trägersignal pro Wechselrichter, ein Modulationssignal pro Phase und zwei Durchschusssignale moduliert werden.

[0008] Entsprechend ist es wünschenswert, ein Verfahren und System zum Umwandeln von DC-Leistung in AC-Leistung bereitzustellen, das die Verwendung kleinerer und weniger teurer Induktivitäten ermöglicht. Darüber hinaus werden weitere wünschenswerte Merkmale und Eigenschaften der vorliegenden Erfindung aus der nachfolgenden genauen Beschreibung und den beigefügten Ansprüchen in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen und dem voranstehenden technischen Gebiet und Hintergrund offenbar werden.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0009] Bei einer Ausführungsform wird ein Verfahren zum Umwandeln von Gleichstromleistung (DC-Leistung) in Wechselstrom-Leistung (AC-Leistung) durch einen Impedanzwechselrichter bereitgestellt. Eine erste Phase wird auf der Grundlage eines ersten Trägersignals erzeugt. Eine zweite Phase wird auf der Grundlage eines zweiten Trägersignals erzeugt, das zum ersten Trägersignal phasenverschoben ist. Die erste Phase der AC-Leistung und die zweite Phase der AC-Leistung werden außerdem auf der Grundlage eines hohen Durchschuss-Modulationssignals und eines niedrigen Durchschuss-Modulationssignals unter Verwendung des Impedanzwechselrichters erzeugt.

[0010] Bei einer weiteren Ausführungsform wird ein Verfahren zum Betreiben eines mehrphasigen Motors durch einen Impedanzwechselrichter mit einem Paar von Schaltern für jede Phase des Motors bereitgestellt. Ein erstes Trägersignal wird erzeugt, ein

hohes Durchschuss-Modulationssignal und ein niedriges Durchschuss-Modulationssignal werden erzeugt, und ein erstes Modulationssignal wird erzeugt. Das erste Trägersignal und das erste Modulationssignal bestimmen zusammen mit dem hohen Durchschuss-Modulationssignal sowie dem niedrigen Durchschuss-Modulationssignal gemeinsam eine erste Wellenform. Ein erstes Paar der Schalter in dem Wechselrichter wird auf der Grundlage der ersten Wellenform betrieben. Ein zweites Trägersignal, das zum ersten Trägersignal phasenverschoben ist, wird erzeugt, und ein zweites Modulationssignal wird erzeugt. Das zweite Trägersignal und das zweite Modulationssignal bestimmen zusammen mit dem hohen Durchschuss-Modulationssignal sowie dem niedrigen Durchschuss-Modulationssignal gemeinsam eine zweite Wellenform. Ein zweites Paar der Schalter in dem Wechselrichter wird auf der Grundlage der zweiten Wellenform betrieben.

[0011] Bei einer weiteren Ausführungsform wird ein Kraftfahrzeugantriebssystem bereitgestellt. Das Kraftfahrzeugantriebssystem umfasst eine Gleichstrom-Leistungsversorgung (DC-Leistungsversorgung), einen Elektromotor, einen Impedanzwechselrichter und einen Prozessor. Die DC-Leistungsversorgung ist mit dem Elektromotor gekoppelt. Der Wechselrichter umfasst erste und zweite Paare von Schaltern und ist mit dem Elektromotor und der DC-Leistungsversorgung gekoppelt, um DC-Leistung von der DC-Leistungsversorgung zu empfangen und Wechselstrom-Leistung (AC-Leistung) an den Elektromotor zu liefern. Der Prozessor steht in wirksamer Verbindung mit dem Elektromotor, der DC-Leistungsversorgung und dem Wechselrichter. Der Prozessor ist ausgestaltet, um ein erstes Trägersignal zu erzeugen, ein hohes Durchschuss-Modulationssignal und ein niedriges Durchschuss-Modulationssignal zu erzeugen, das erste Paar von Schaltern in dem Wechselrichter auf der Grundlage des ersten Trägersignals sowie des hohen Durchschuss-Modulationssignals und des niedrigen Durchschuss-Modulationssignals zu betreiben, ein zweites Trägersignal, das zum ersten Trägersignal phasenverschoben ist, zu erzeugen, und das zweite Paar von Schaltern in dem Wechselrichter auf der Grundlage des zweiten Trägersignals sowie des hohen Durchschuss-Modulationssignals und des niedrigen Durchschuss-Modulationssignals zu betreiben.

BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0012] Die vorliegende Erfindung wird nachstehend in Verbindung mit den folgenden Zeichnungsfiguren beschrieben, in denen gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente bezeichnen, und

[0013] Fig. 1 eine schematische Ansicht eines beispielhaften Kraftfahrzeugs gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;

[0014] Fig. 2 ein Blockdiagramm eines Wechselrichtersystems in dem Kraftfahrzeug von Fig. 1 ist;

[0015] Fig. 3 eine schematische Ansicht eines Wechselrichters in dem Kraftfahrzeug von Fig. 1 ist;

[0016] Fig. 4 eine graphische Veranschaulichung erster, zweiter und dritter Sätze von Träger- und Modulationssignalen zusammen mit Durchschuss-Modulationssignalen und zugehörigen Wellenformen ist, welche von dem Wechselrichtersystem von Fig. 2 erzeugt werden, um den Wechselrichter von Fig. 3 zu steuern;

[0017] Fig. 5 eine graphische Veranschaulichung des ersten Satzes von Träger- und Modulationssignalen und der zugehörigen Wellenformen von Fig. 4 ist;

[0018] Fig. 6 eine graphische Veranschaulichung des zweiten Satzes von Träger- und Modulationssignalen von Fig. 4 zusammen mit zugehörigen Wellenformen ist; und

[0019] Fig. 7 eine graphische Veranschaulichung des dritten Satzes von Träger- und Modulationssignalen von Fig. 4 zusammen mit zugehörigen Wellenformen ist.

BESCHREIBUNG EINER BEISPIELHAFTEN AUSFÜHRUNGSFORM

[0020] Die folgende genaue Beschreibung ist rein beispielhafter Natur und ist nicht dazu gedacht, die Erfindung oder die Anwendung und Verwendungen der Erfindung zu beschränken. Darüber hinaus besteht nicht die Absicht, durch irgendeine explizite oder implizite Theorie gebunden zu sein, die in dem voranstehenden technischen Gebiet, dem Hintergrund, der Kurzzusammenfassung oder der folgenden genauen Beschreibung dargestellt ist.

[0021] Die folgende Beschreibung bezieht sich auf Elemente oder Merkmale, die miteinander "verbunden/geschaltet" oder "gekoppelt" sind. Bei der Verwendung hierin bedeutet "verbunden/geschaltet", sofern es nicht ausdrücklich anderweitig angegeben ist, dass ein Element/Merkmal mit einem weiteren Element/Merkmal direkt verbunden ist (oder direkt damit kommuniziert), und zwar nicht notwendigerweise mechanisch. Gleichermaßen bedeutet "gekoppelt", sofern es nicht ausdrücklich anderweitig angegeben ist, dass ein Element/Merkmal mit einem weiteren Element/Merkmal direkt oder indirekt verbunden ist (oder direkt oder indirekt damit kommuniziert), und zwar nicht notwendigerweise mechanisch. Es sollte jedoch verstanden sein, dass, obwohl zwei Elemente nachstehend bei einer Ausführungsform als "verbunden" beschrieben sein können, ähnliche Elemente bei alternativen Ausführungsformen "gekoppelt" sein

können und umgekehrt. Obwohl die hierin gezeigten schematischen Zeichnungen beispielhafte Anordnungen von Elementen darstellen, können daher zusätzliche dazwischenkommende Elemente, Einrichtungen, Merkmale oder Komponenten bei einer tatsächlichen Ausführungsform vorhanden sein. Es sollte auch verstanden sein, dass **Fig. 1–Fig. 7** rein veranschaulichend sind und möglicherweise nicht maßstabsgetreu gezeichnet sind.

[0022] **Fig. 1 bis Fig. 7** veranschaulichen ein Verfahren und System zum Umwandeln von Gleichstrom-Leistung (DC-Leistung) in Wechselstrom-Leistung (AC-Leistung). Eine erste Phase der AC-Leistung wird auf der Grundlage eines ersten Trägersignals erzeugt. Eine zweite Phase der AC-Leistung wird auf der Grundlage eines zweiten Trägersignals erzeugt. Bei einer Ausführungsform umfasst das Erzeugen der ersten Phase, dass ein erster Satz von Schaltern in einem Wechselrichter auf der Grundlage des ersten Trägersignals betrieben wird, und das Erzeugen der zweiten Phase umfasst, dass ein zweiter Satz von Schaltern in dem Wechselrichter auf der Grundlage des zweiten Trägersignals betrieben wird.

[0023] **Fig. 1** veranschaulicht ein Fahrzeug **10** oder "Kraftfahrzeug" gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Das Kraftfahrzeug **10** umfasst ein Chassis **12**, eine Karosserie **14**, vier Räder **16** und ein elektronisches Steuerungssystem (oder eine elektronische Steuerungseinheit (ECU)) **18**. Die Karosserie **14** ist auf dem Chassis **12** angeordnet und umhüllt im Wesentlichen die anderen Komponenten des Kraftfahrzeugs **10**.

[0024] Die Karosserie **14** und das Chassis **12** können gemeinsam einen Rahmen bilden. Die Räder **16** sind in der Nähe einer jeweiligen Ecke der Karosserie **14** mit dem Chassis **12** jeweils drehbar gekoppelt.

[0025] Das Kraftfahrzeug **10** kann ein beliebiger einer Anzahl verschiedener Typen von Kraftfahrzeugen sein, wie z. B. eine Limousine, ein Kombi, ein Lastwagen oder ein Sportnutzfahrzeug (SUV), und kann ein Zweiradantrieb (2WD), (d. h. Heckantrieb oder Frontantrieb), ein Vierradantrieb (4WD) oder ein Allradantrieb (AWD) sein. Das Fahrzeug **10** kann auch einen beliebigen oder eine Kombination aus einer Anzahl verschiedener Typen von Maschinen (oder Aktuatoren) enthalten, wie z. B. eine benzin- oder diesel-gespeiste Brennkraftmaschine, die Maschine eines "Fahrzeugs mit flexiblem Kraftstoff" (FFV, FFV von flex fuel vehicle) (d. h., die eine Mischung aus Benzin und Alkohol verwendet), eine mit einem gasförmigen Gemisch (z. B. Wasserstoff und/oder Erdgas) gespeiste Maschine, oder eine Brennstoffzelle, eine hybride Brennkraft/Elektromotormaschine und einen Elektromotor.

[0026] Bei der in **Fig. 1** veranschaulichten beispielhaften Ausführungsform ist das Kraftfahrzeug **10** ein Hybridfahrzeug und umfasst ferner eine Aktuatoranordnung (oder einen Antriebsstrang) **20**, eine Batterie **22**, einen Wechselrichter (oder Inverter) **24** und einen Radiator **26**. Die Aktuatoranordnung **20** umfasst eine Brennkraftmaschine **28** und ein Elektromotor/Generator(oder Motor)-System (oder -Anordnung) **30**. Bei einer Ausführungsform umfasst das Elektromotorsystem **30** einen oder mehrere sinusförmig gewickelte, dreiphasige Wechselstrom-Motoren/Generatoren (AC-Motoren/Generatoren) (oder Motoren) (z. B. Permanentmagnet oder Induktion), wie sie häufig bei Kraftfahrzeugen verwendet werden (z. B. Fahrtriebssteuerungssysteme und dergleichen). Wie der Fachmann feststellt, umfasst jeder der Elektromotoren eine Statoranordnung (welche leitfähige Spulen umfasst), eine Rotoranordnung (welche einen ferromagnetischen Kern umfasst) und ein Kühlfluid (d. h. ein Kühlmittel). Die Statoranordnung und/oder die Rotoranordnung in den Elektromotoren kann mehrere (z. B. sechzehn) elektromagnetische Pole umfassen, wie allgemein verstanden wird.

[0027] Immer noch mit Bezug auf **Fig. 1** und wie nachstehend genauer beschrieben wird, sind die Brennkraftmaschine **28** und das Elektromotorsystem **30** derart zusammengebaut, dass beide mit wenigstens einigen der Räder **16** durch eine oder mehrere Antriebswellen **32** mechanisch gekoppelt sind. Der Radiator **26** ist mit dem Rahmen an einem äußeren Abschnitt davon verbunden und umfasst, obwohl es nicht im Detail veranschaulicht ist, mehrere Kühlkanäle dort hindurch, welche ein Kühlfluid (d. h. ein Kühlmittel) enthalten, wie etwa Wasser und/oder Ethylenglykol (d. h. "Frostschutz"), und ist mit der Maschine **28** und dem Wechselrichter **24** gekoppelt. Wieder mit Bezug auf **Fig. 1** empfängt bei der dargestellten Ausführungsform der Wechselrichter **24** ein Kühlmittel und teilt dieses mit dem Elektromotor **30**. Der Radiator **26** kann auf ähnliche Weise mit dem Wechselrichter **24** und/oder dem Elektromotor **30** verbunden sein.

[0028] Das elektronische Steuerungssystem **18** steht in wirksamer Verbindung mit der Aktuatoranordnung **20**, der Batterie **22** und dem Wechselrichter **24**. Obwohl es nicht im Detail gezeigt ist, umfasst das elektronische Steuerungssystem **18** verschiedene Sensoren und Kraftfahrzeugsteuerungsmodul oder elektronische Steuerungseinheiten (ECUs), wie etwa ein Wechselrichtersteuerungsmodul und einen Fahrzeugcontroller, und mindestens einen Prozessor und/oder einen Speicher, welcher darin (oder in einem anderen computerlesbaren Medium) gespeicherte Anweisungen umfasst, um die Prozesse und Verfahren wie nachstehend beschrieben auszuführen.

[0029] Mit Bezug auf **Fig. 2** ist ein Spannungszwischenkreisumrichtersystem (oder Elektroantriebsystem) **34** gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigt. Das Spannungszwischenkreisumrichtersystem **34** umfasst einen Controller **36**, den mit einem Ausgang des Controllers **36** gekoppelten Wechselrichter **24**, den mit einem ersten Ausgang des Wechselrichters **24** gekoppelten Motor **30** und einen Modulator **38**, der einen Eingang aufweist, der mit einem zweiten Ausgang des Wechselrichters **24** gekoppelt ist, und der einen Ausgang aufweist, der mit einem Eingang des Controllers **36** gekoppelt ist. Der Controller **36** und der Modulator **38** können mit dem in **Fig. 1** gezeigten elektronischen Steuerungssystem **18** zusammengebaut sein.

[0030] **Fig. 3** veranschaulicht den Wechselrichter **24** von **Fig. 1** und **Fig. 2** genauer. Der Wechselrichter **24** umfasst eine dreiphasige Schaltung, die mit dem Motor **30** gekoppelt ist. Insbesondere umfasst der Wechselrichter **24** ein Schaltnetzwerk mit einem ersten Eingang, der mit einer Spannungsquelle V_{dc} (z. B. der Batterie **22**) gekoppelt ist, und einem Ausgang, der mit dem Motor **30** gekoppelt ist. Obwohl eine einzige Spannungsquelle gezeigt ist, kann eine verteilte Gleichstromverbindung (DC-Verbindung) mit zwei seriellen Quellen verwendet werden.

[0031] Das Schaltnetzwerk umfasst drei Paare (a, b und c) serieller Schalter mit antiparallelen Dioden (d. h. antiparallel zu jedem Schalter), welche jeder der Phasen entsprechen. Jedes der Paare serieller Schalter umfasst einen ersten Schalter oder Transistor (d. h. einen "hohen" Schalter) **40**, **42** und **44** mit einem ersten Anschluss, der mit einer positiven Elektrode der Spannungsquelle **22** gekoppelt ist, und einen zweiten Schalter (d. h. einen "niedrigen" Schalter) **46**, **48** und **50** mit einem zweiten Anschluss, der mit einer negativen Elektrode der Spannungsquelle **22** gekoppelt ist, und mit einem ersten Anschluss, der mit einem zweiten Anschluss des jeweiligen ersten Schalters **40**, **42** und **44** gekoppelt ist.

[0032] Bei einer Ausführungsform ist der Wechselrichter **24** ein Impedanzwechselrichter (Z-Source-Inverter), wie allgemein verstanden wird, und umfasst eine Impedanzquelle **52**, die zwischen die Batterie **22** und das erste, zweite und dritte Paar von Schaltern gekoppelt ist, welche eine induktive Komponente (oder mindestens eine Induktivität) und eine kapazitive Komponente (oder mindestens einen Kondensator) umfasst. Bei der dargestellten Ausführungsform umfasst die induktive Komponente eine aufgeteilte Induktivität mit einem ersten induktiven Abschnitt **54** und einem zweiten induktiven Abschnitt **56**, die jeweils eine erste und zweite Seite aufweisen. Der erste induktive Abschnitt **54** ist zwischen die ersten Schalter **40**, **42** und **44** und die positive Elektrode der Batterie **22** geschaltet. Der zweite induktive Ab-

schnitt **56** ist zwischen die zweiten Schalter **46**, **48** und **50** und den negativen Anschluss der Batterie **22** geschaltet.

[0033] Die kapazitive Komponente umfasst einen ersten Kondensator **58** und einen zweiten Kondensator **60**, die mit dem ersten und zweiten induktiven Abschnitt **54** und **56** in einer "X"-Konfiguration verbunden sind. Das heißt, dass der erste Kondensator **58** einen ersten Anschluss, der mit der ersten Seite des ersten induktiven Abschnitts **54** verbunden ist, und einen zweiten Anschluss aufweist, der mit der zweiten Seite des zweiten induktiven Abschnitts **56** verbunden ist. Der zweite Kondensator **60** weist einen ersten Anschluss, der mit der zweiten Seite des ersten induktiven Abschnitts **54** verbunden ist, und einen zweiten Anschluss auf, der mit der ersten Seite des zweiten induktiven Abschnitts **56** verbunden ist. Bei der dargestellten Ausführungsform umfasst der Wechselrichter **24** auch einen zusätzlichen Schalter **62**, welcher den Schaltern **40–50** ähneln kann, und verwendet wird, um zu ermöglichen, dass an einer Wechselrichterseite des DC-Busses eine höhere Spannung aufrechterhalten wird.

[0034] In Übereinstimmung mit Aspekten dieser speziellen Erfindung und noch mit Bezug auf **Fig. 1** wird das Fahrzeug **10** im Betrieb betrieben, indem Leistung an die Räder **16** von der Brennkraftmaschine **28** und der Elektromotoranordnung **30** abwechselnd und/oder von der Brennkraftmaschine **28** und der Elektromotoranordnung **30** gleichzeitig geliefert wird. Um die Elektromotoranordnung **30** mit Leistung zu versorgen, wird DC-Leistung von der Batterie **22** an den Wechselrichter **24** geliefert, welcher die DC-Leistung in AC-Leistung umwandelt, bevor die Leistung an den Elektromotor **30** gesandt wird. Wie der Fachmann feststellt, wird die Umwandlung von DC-Leistung in AC-Leistung im Wesentlichen durch ein Betreiben (d. h. wiederholtes Schalten) der Schalter **40–50** in dem Wechselrichter **24** mit einer "Schaltfrequenz", wie z. B. 12 Kilohertz (kHz), ausgeführt.

[0035] Wieder mit Bezug auf **Fig. 2** erzeugt der Controller **36** allgemein Pulsweitenmodulationssignale (PWM-Signale) zur Steuerung der Schaltaktion des Wechselrichters **24**. Bei einer bevorzugten Ausführungsform erzeugt der Controller **36** vorzugsweise stetige PWM-Signale (CPWM-Signale), bei denen jeder obere und untere Schalter während eines Abschnitts jedes Schaltzyklus des Wechselrichters **24** leitet. Der Wechselrichter **24** wandelt dann die PWM-Signale in eine modulierte Spannungswellenform um, um den Motor **30** zu betreiben.

[0036] **Fig. 4** veranschaulicht in graphischer Form die PWM-Signale, die von dem Controller **36** (und/oder dem Modulator **38**) gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung für den Betrieb der Schalter **40–50** erzeugt werden. Wie gezeigt ist, wer-

den drei separate Trägersignale und drei separate Modulationssignale erzeugt, jedes für ein jeweiliges Paar der Schalter (a, b und c), die in **Fig. 3** gezeigt sind. Insbesondere erzeugt der Controller **36** (und/oder der Modulator **38**) ein erstes Trägersignal **64**, ein erstes Modulationssignal **66**, ein zweites Trägersignal **68**, ein zweites Modulationssignal **70**, ein drittes Trägersignal **72** und ein drittes Modulationssignal **74**. Erfindungsgemäß erzeugt der Controller **36** auch ein hohes Durchschuss-Modulationssignal **76** und niedriges Durchschuss-Modulationssignal **78**.

[0037] Wie nachstehend genauer beschrieben wird, kann jeder Satz aus einem Trägersignal und einem Modulationssignal zusammen mit den Durchschuss-Modulationssignalen **76** und **78** kombiniert werden, um eine "hohe" Wellenform **80** und eine "niedrige" Wellenform **82** zu erzeugen. Es wird angemerkt, dass die Wellenformen **80** und **82**, die in **Fig. 4** gezeigt sind, dem ersten Trägersignal **64** und dem ersten Modulationssignal **66** entsprechen. Wie der Fachmann feststellt, erhöhen die drei separaten Sätze aus Trägersignalen und Modulationssignalen die Frequenz des Restwelligkeitsstroms, der durch die induktive Komponente in dem Wechselrichter **24** fließt, wie durch den Restwelligkeitsstrom **84** angezeigt ist, der auch in **Fig. 4** dargestellt ist.

[0038] Der Klarheit halber veranschaulichen **Fig. 5**, **Fig. 6** und **Fig. 7** auf graphische Weise jeweils nur einen Satz der Träger- und Modulationssignale zusätzlich zu den Durchschuss-Modulationssignalen **76** und **78** zusammen mit den zugehörigen Wellenformen. **Fig. 5** zeigt das erste Trägersignal **64** und das erste Modulationssignal **66**. Wie aus **Fig. 5** ersichtlich ist, befindet sich die hohe Wellenform **80** in einem "hohen" oder "eingeschalteten" Zustand, wenn das erste Modulationssignal **66** eine Amplitude aufweist, die größer als das erste Trägersignal **64** ist, und/oder immer dann, wenn das erste Trägersignal **64** über die Durchschuss-Trägersignale **76** und **78** hinausreicht. Die in **Fig. 5** gezeigte hohe Wellenform **80** wird verwendet, um den ersten oder hohen Schalter **40** in dem ersten Paar (a) von Schaltern in dem Wechselrichter **24** zu steuern. Die niedrige Wellenform **82** befindet sich in einem hohen oder eingeschalteten Zustand, wenn das erste Modulationssignal **66** eine Amplitude aufweist, die kleiner als das erste Trägersignal **64** ist und/oder immer dann, wenn das erste Trägersignal **64** über die Durchschuss-Trägersignale **76** und **78** hinausreicht. Die in **Fig. 5** gezeigte niedrige Wellenform **82** wird verwendet, um den zweiten oder niedrigen Schalter **46** in dem ersten Paar (a) von Schaltern in dem Wechselrichter **24** zu steuern.

[0039] **Fig. 6** zeigt das zweite Trägersignal **68** und das zweite Modulationssignal **70**. Auf eine Weise, die der voranstehend beschriebenen ähnelt, werden aus dem zweiten Trägersignal **68** und dem zweiten Modulationssignal **70** zusammen mit den Durch-

schuss-Trägersignalen **76** und **78** eine hohe Wellenform **86** und eine niedrige Wellenform **88** gebildet. Die in **Fig. 6** gezeigte hohe Wellenform **86** wird verwendet, um den ersten Schalter **42** in dem zweiten Paar (b) von Schaltern in dem Wechselrichter **24** zu steuern, und die in **Fig. 6** gezeigte niedrige Wellenform **88** wird verwendet, um den zweiten Schalter **48** in dem zweiten Paar (b) von Schaltern in dem Wechselrichter **24** zu steuern.

[0040] **Fig. 7** zeigt das dritte Trägersignal **72** und das dritte Modulationssignal **74**. Auf eine Weise, die der voranstehend beschriebenen ähnelt, werden aus dem dritten Trägersignal **72** und dem dritten Modulationssignal **74** gemeinsam mit den Durchschuss-Trägersignalen **76** und **78** eine hohe Wellenform **90** und eine niedrige Wellenform **92** gebildet. Die in **Fig. 7** gezeigte hohe Wellenform **90** wird verwendet, um den ersten Schalter **44** in dem dritten Paar (c) von Schaltern in dem Wechselrichter **24** zu steuern, und die in **Fig. 7** gezeigte niedrige Wellenform **92** wird verwendet, um den zweiten Schalter **50** in dem dritten Paar (c) von Schaltern in dem Wechselrichter **24** zu steuern.

[0041] Wie allgemein verstanden wird, bestimmen die Wellenformen **80**, **82**, **86**, **88**, **90** und **92** sowie der entsprechende Betrieb der Schalter die Ausgangsspannungen der verschiedenen Schenkel des Wechselrichters **24** und somit die Spannungen, die an die Wicklungen in dem Motor **30** angelegt werden. Der Betrieb jedes Paares von Schaltern (a, b und c) erzeugt daher eine jeweilige Phase der AC-Leistung, die an den Motor **30** gesandt wird.

[0042] Ein Vorteil des voranstehend beschriebenen Verfahrens und Systems besteht darin, dass die Frequenz des Restwelligkeitsstroms in der induktiven Komponente in dem Wechselrichter aufgrund der separaten und überlappten Trägersignale, die verwendet werden, um jedes Paar von Schaltern (oder jede Phase des Motors) zu betreiben, erhöht wird. Bei einer Ausführungsform, die einen dreiphasigen Motor verwendet, wird die Frequenz des Restwelligkeitsstroms im Vergleich zu einer Verwendung eines einzigen Trägersignals für alle drei Phasen (24 kHz oder das zweifache der Trägerfrequenz von 12 kHz) verdreifacht (z. B. auf 72 kHz). Daher kann die Größe der induktiven Komponente in dem Wechselrichter verringert werden (z. B. auf 1/3 der benötigten Größe, wenn ein einziges Trägersignal verwendet wird).

[0043] Andere Ausführungsformen können das voranstehend beschriebene Verfahren und System bei Implementierungen verwenden, die sich nicht in Kraftfahrzeugen befinden, wie etwa Wasserfahrzeugen und Flugzeugen. Der Elektromotor und der Wechselrichter können andere Phasenzahlen aufweisen, wie etwa zwei oder vier. Es können andere Formen von Leistungsquellen verwendet werden, wie

etwa Stromquellen und Lasten, welche Diodengleichrichter, Thyristorwandler, Brennstoffzellen, Induktivitäten, Kondensatoren und/oder eine beliebige Kombination daraus umfassen.

[0044] Obwohl mindestens eine beispielhafte Ausführungsform in der voranstehenden genauen Beschreibung dargestellt wurde, ist festzustellen, dass eine große Anzahl an Variationen existiert. Es ist auch festzustellen, dass die beispielhafte Ausführungsform oder die beispielhaften Ausführungsformen nur Beispiele sind, und nicht dazu gedacht sind, den Schutzzumfang, die Anwendbarkeit oder die Ausgestaltung der Erfindung in irgendeiner Weise zu beschränken. Stattdessen wird die voranstehende genaue Beschreibung Fachleuten eine brauchbare Anleitung zur Implementierung der beispielhaften Ausführungsform oder der beispielhaften Ausführungsformen bereitstellen. Es sollte verstanden sein, dass in der Funktion und Anordnung von Elementen verschiedene Änderungen durchgeführt werden können, ohne von dem Schutzzumfang der Erfindung abzuweichen, wie er in den beigefügten Ansprüchen und deren juristischen Äquivalenten offengelegt ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Umwandeln von Gleichstrom-Leistung (DC-Leistung) in Wechselstrom-Leistung (AC-Leistung) durch einen Impedanzwechselrichter (24), das umfasst, dass:
 - in einer ersten Phase (a) AC-Leistung auf der Grundlage eines erstes Trägersignals (64) bereitgestellt wird; und
 - in einer zweiten Phase (b) AC-Leistung auf der Grundlage eines zweiten Trägersignals (68), das zum ersten Trägersignal (64) phasenverschoben ist, bereitgestellt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Phase (a) und die zweite Phase (b) außerdem auf der Grundlage eines hohen Durchschuss-Modulationssignals (76) und eines niedrigen Durchschuss-Modulationssignals (78) unter Verwendung des Impedanzwechselrichters (24) erzeugt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Erzeugen der ersten Phase (a) umfasst, dass ein erster Satz von Schaltern (40, 46) in dem Impedanzwechselrichter (24) auf der Grundlage des ersten Trägersignals (64) und des hohen Durchschuss-Modulationssignals (76) sowie des niedrigen Durchschuss-Modulationssignals (78) betrieben wird, und das Erzeugen der zweiten Phase (b) umfasst, dass ein zweiter Satz von Schaltern (42, 48) in dem Wechselrichter (24) auf der Grundlage des zweiten Trägersignals (68) und des hohen Durchschuss-Modulationssignals (76) sowie des niedrigen Durchschuss-Modulationssignals (78) betrieben wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, das ferner umfasst, dass:
 - das erste (64) und zweite Trägersignal (68) erzeugt werden;
 - ein erstes Modulationssignal (66) erzeugt wird, und wobei der Betrieb des ersten Satzes von Schaltern (40, 46) ferner auf dem ersten Modulationssignal (66) basiert; und
 - ein zweites Modulationssignal (70) erzeugt wird, und wobei der Betrieb des zweiten Satzes von Schaltern (42, 48) ferner auf dem zweiten Modulationssignal (70) basiert.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei das erste Trägersignal (64) und das erste Modulationssignal (66) und das hohe Durchschuss-Modulationssignal (76) sowie das niedrige Durchschuss-Modulationssignal (78) gemeinsam eine erste Wellenform (80, 82) bestimmen, und wobei der Betrieb des ersten Satzes von Schaltern (40, 46) ferner auf der ersten Wellenform (80, 82) basiert.
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei das zweite Trägersignal (68) und das zweite Modulationssignal (70) und das hohe Durchschuss-Modulationssignal (76) sowie das niedrige Durchschuss-Modulationssignal (78) gemeinsam eine zweite Wellenform (86, 88) bestimmen, und wobei der Betrieb des zweiten Satzes von Schaltern (42, 48) ferner auf der zweiten Wellenform (86, 88) basiert.
6. Verfahren nach Anspruch 5, das ferner umfasst, dass:
 - ein drittes Trägersignal (72) erzeugt wird; und
 - eine dritte Phase (c) auf der Grundlage des dritten Trägersignals (72) und des hohen Durchschuss-Modulationssignals (76) sowie des niedrigen Durchschuss-Modulationssignals (78) erzeugt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei das Erzeugen der dritten Phase (c) umfasst, dass ein dritter Satz von Schaltern (44, 50) in dem Impedanzwechselrichter (24) auf der Grundlage des dritten Trägersignals (72) und des hohen Durchschuss-Modulationssignals (76) sowie des niedrigen Durchschuss-Modulationssignals (78) betrieben wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, das ferner umfasst, dass ein drittes Modulationssignal (74) erzeugt wird, wobei das dritte Trägersignal (72) und das dritte Modulationssignal (74) zusammen mit dem hohen Durchschuss-Modulationssignal (76) sowie dem niedrigen Durchschuss-Modulationssignal (78) gemeinsam eine dritte Wellenform (90, 92) bestimmen, und wobei der Betrieb des dritten Satzes von Schaltern (44, 50) ferner auf der dritten Wellenform (90, 92) basiert.
9. Verfahren zum Betreiben eines mehrphasigen Motors (30) durch einen Impedanzwechselrichter

ter (24) mit einem Paar von Schaltern (40, 46; 42, 48; 44, 50) für jede Phase (a, b, c) des Motors (30), wobei das Verfahren umfasst, dass:

ein erstes Trägersignal (64) erzeugt wird;
 ein hohes Durchschuss-Modulationssignal (76) und ein niedriges Durchschuss-Modulationssignal (78) erzeugt werden;
 ein erstes Modulationssignal (66) erzeugt wird, wobei das erste Trägersignal (64) und das erste Modulationssignal (66) zusammen mit dem hohen Durchschuss-Modulationssignal (76) sowie dem niedrigen Durchschuss-Modulationssignal (78) gemeinsam eine erste Wellenform (80, 82) bestimmen;
 ein erstes Paar (40, 46) der Schalter in dem Wechselrichter (24) auf der Grundlage der ersten Wellenform (80, 82) betrieben wird;
 ein zweites Trägersignal (68) erzeugt wird, das zum ersten Trägersignal (64) phasenverschoben ist;
 ein zweites Modulationssignal (70) erzeugt wird, wobei das zweite Trägersignal (68) und das zweite Modulationssignal (70) zusammen mit dem hohen Durchschuss-Modulationssignal (76) sowie dem niedrigen Durchschuss-Modulationssignal (78) gemeinsam eine zweite Wellenform (86, 88) bestimmen; und
 ein zweites Paar (42, 48) der Schalter in dem Wechselrichter (24) auf der Grundlage der zweiten Wellenform (86, 88) betrieben wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, das ferner umfasst, dass:

ein drittes Trägersignal (72) erzeugt wird;
 ein drittes Modulationssignal (74) erzeugt wird, wobei das dritte Trägersignal (72) und das dritte Modulationssignal (74) zusammen mit dem hohen Durchschuss-Modulationssignal (76) sowie dem niedrigen Durchschuss-Modulationssignal (78) gemeinsam eine dritte Wellenform (90, 92) bestimmen; und
 das dritte Paar (44, 50) der Schalter in dem Wechselrichter (24) auf der Grundlage der dritten Wellenform (90, 92) betrieben wird.

11. Kraftfahrzeugantriebssystem, das umfasst:

einen Elektromotor (30);
 eine mit dem Elektromotor (30) gekoppelte Gleichstrom-Leistungsversorgung (DC-Leistungsversorgung) (22);
 einen Impedanzwechselrichter (24), der erste (40, 46) und zweite (42, 48) Paare von Schaltern umfasst und mit dem Elektromotor (30) und der DC-Leistungsversorgung (22) gekoppelt ist, um DC-Leistung von der DC-Leistungsversorgung (22) zu empfangen und Wechselstromleistung (AC-Leistung) an den Elektromotor (30) zu liefern; und
 einen Prozessor (36) in wirksamer Verbindung mit dem Elektromotor (30), der DC-Leistungsversorgung (22) und dem Wechselrichter (24), wobei der Prozessor (36) ausgestaltet ist, um:
 ein erstes Trägersignal (64) zu erzeugen;

ein hohes Durchschuss-Modulationssignal (76) und ein niedriges Durchschuss-Modulationssignal (78) zu erzeugen;

das erste Paar von Schaltern (40, 46) in dem Wechselrichter (24) auf der Grundlage des ersten Trägersignals (64) sowie des hohen Durchschuss-Modulationssignals (76) und des niedrigen Durchschuss-Modulationssignals (78) zu betreiben;
 ein zweites Trägersignal (68) zu erzeugen, das zum ersten Trägersignal (64) phasenverschoben ist; und
 das zweite Paar von Schaltern (42, 48) in dem Wechselrichter (24) auf der Grundlage des zweiten Trägersignals (68) sowie des hohen Durchschuss-Modulationssignals (76) und des niedrigen Durchschuss-Modulationssignals (78) zu betreiben.

12. Kraftfahrzeugantriebssystem nach Anspruch 11, wobei der Prozessor (36) ferner ausgestaltet ist, um:

ein erstes Modulationssignal (66) zu erzeugen, wobei das erste Trägersignal (64) und das erste Modulationssignal (66) zusammen mit dem hohen Durchschuss-Modulationssignal (76) sowie dem niedrigen Durchschuss-Modulationssignal (78) gemeinsam eine erste Wellenform (80, 82) bestimmen und der Betrieb des ersten Paares von Schaltern (40, 46) ferner auf der ersten Wellenform (80, 82) basiert; und
 ein zweites Modulationssignal (70) zu erzeugen, wobei das zweite Trägersignal (68) und das zweite Modulationssignal (70) zusammen mit dem hohen Durchschuss-Modulationssignal (76) sowie dem niedrigen Durchschuss-Modulationssignal (78) gemeinsam eine zweite Wellenform (86, 88) bestimmen und der Betrieb des zweiten Paares von Schaltern (42, 48) ferner auf der zweiten Wellenform (86, 88) basiert.

13. Kraftfahrzeugantriebssystem nach Anspruch 12, wobei der Elektromotor (30) ein mehrphasiger Elektromotor (30) ist und wobei jedes der ersten (40, 46) und zweiten (42, 48) Paare von Schaltern in dem Wechselrichter (24) jeweiligen ersten und zweiten Phasen des Elektromotors (30) zugeordnet ist.

14. Kraftfahrzeugantriebssystem nach Anspruch 13, wobei der Elektromotor (30) ein dreiphasiger Elektromotor (30) ist und wobei der Wechselrichter (24) ferner ein drittes Paar von Schaltern (44, 50) umfasst, das einer dritten Phase des Elektromotors (30) zugeordnet ist.

15. Kraftfahrzeugantriebssystem nach Anspruch 14, wobei der Prozessor (36) ferner ausgestaltet ist, um:
 ein drittes Trägersignal (72) zu erzeugen; und
 das dritte Paar von Schaltern (44, 50) auf der Grundlage des dritten Trägersignals (72) sowie des hohen Durchschuss-Modulationssignals (76) und des niedrigen Durchschuss-Modulationssignals (78) zu betreiben.

16. Kraftfahrzeugantriebssystem nach Anspruch 15, wobei der Prozessor (36) ferner ausgestaltet ist, um ein drittes Modulationssignal (74) zu erzeugen, wobei das dritte Trägersignal (72) und das dritte Modulationssignal (74) zusammen mit dem hohen Durchschuss-Modulationssignal (76) sowie dem niedrigen Durchschuss-Modulationssignal (78) gemeinsam eine dritte Wellenform (90, 92) bestimmen und der Betrieb des dritten Paares von Schaltern (44, 50) ferner auf der dritten Wellenform (90, 92) basiert.

17. Kraftfahrzeugantriebssystem nach Anspruch 16, wobei der Wechselrichter (24) ferner eine Impedanzquelle (52) umfasst, die zwischen die DC-Leistungsquelle (22) und das erste (40, 46), zweite (42, 48) und dritte (44, 50) Paar von Schaltern geschaltet ist.

18. Kraftfahrzeugantriebssystem nach Anspruch 17, wobei die Impedanzquelle (52) mindestens eine Induktivität (54, 56) und mindestens einen Kondensator (58, 60) umfasst.

19. Kraftfahrzeugantriebssystem nach Anspruch 18, wobei die mindestens eine Induktivität (54, 56) eine geteilte Induktivität umfasst, die erste (54) und zweite (56) induktive Abschnitte mit ersten und zweiten Seiten aufweist, und der mindestens eine Kondensator (58, 60) erste (58) und zweite (60) Kondensatoren umfasst, wobei der erste Kondensator (58) einen ersten Anschluss, der mit der ersten Seite des ersten induktiven Abschnitts (54) verbunden ist, und einen zweiten Anschluss aufweist, der mit der zweiten Seite des zweiten induktiven Abschnitts (56) verbunden ist, und der zweite Kondensator (60) einen ersten Anschluss, der mit der zweiten Seite des ersten induktiven Abschnitts (54) verbunden ist, und einen zweiten Anschluss aufweist, der mit der ersten Seite des zweiten induktiven Abschnitts (56) verbunden ist.

20. Kraftfahrzeugantriebssystem nach Anspruch 19, wobei das erste (40, 46), zweite (42, 48) und dritte (44, 50) Paar von Schaltern mehrere Transistoren umfassen.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

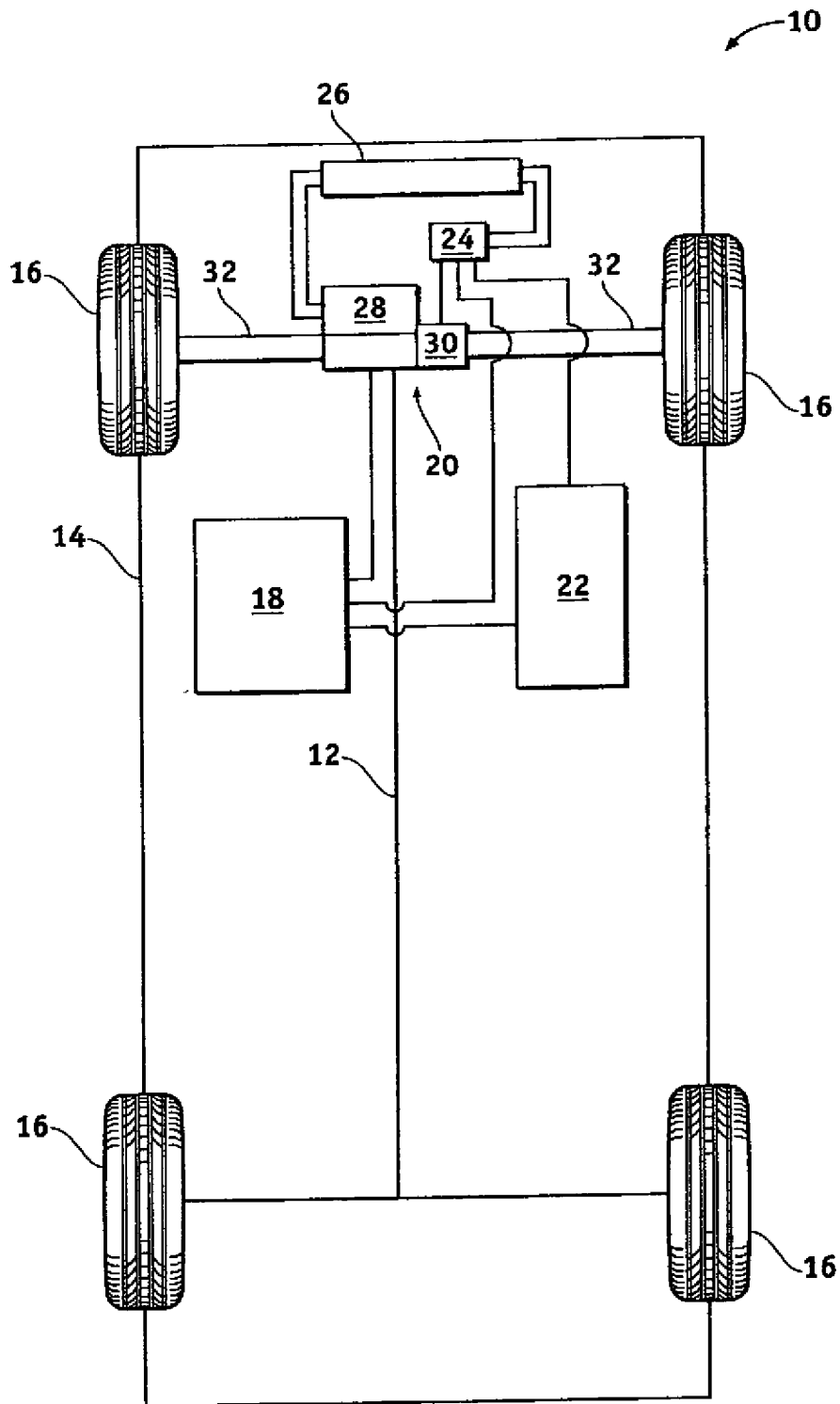


FIG. 1

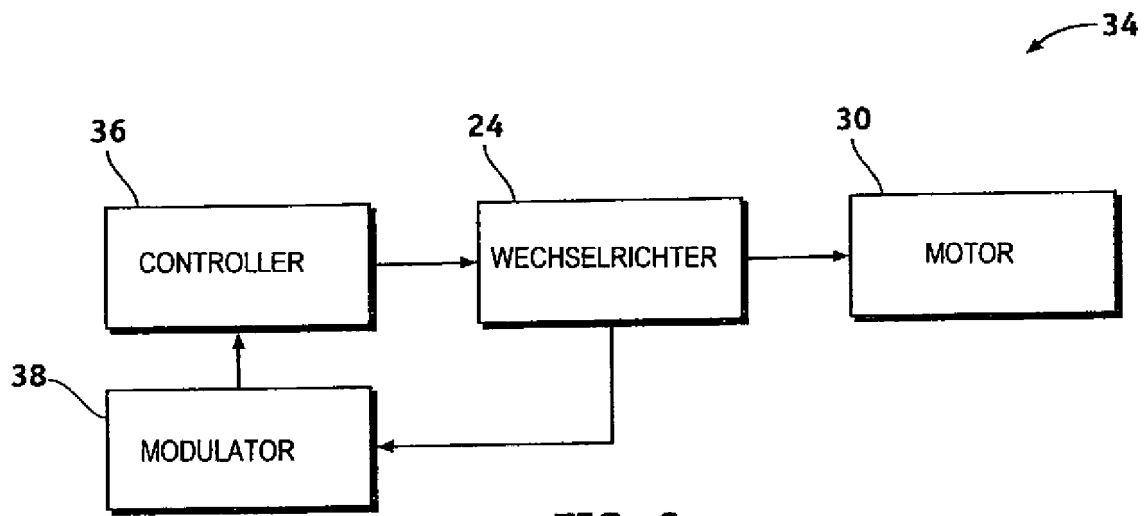


FIG. 2

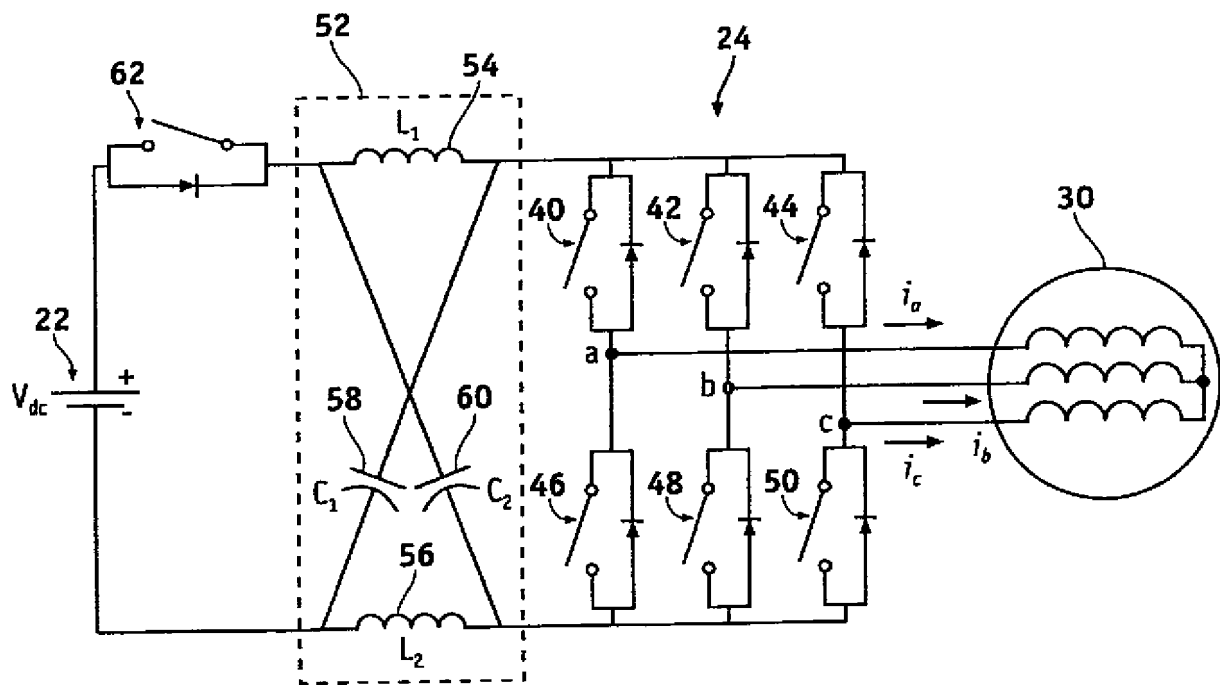


FIG. 3

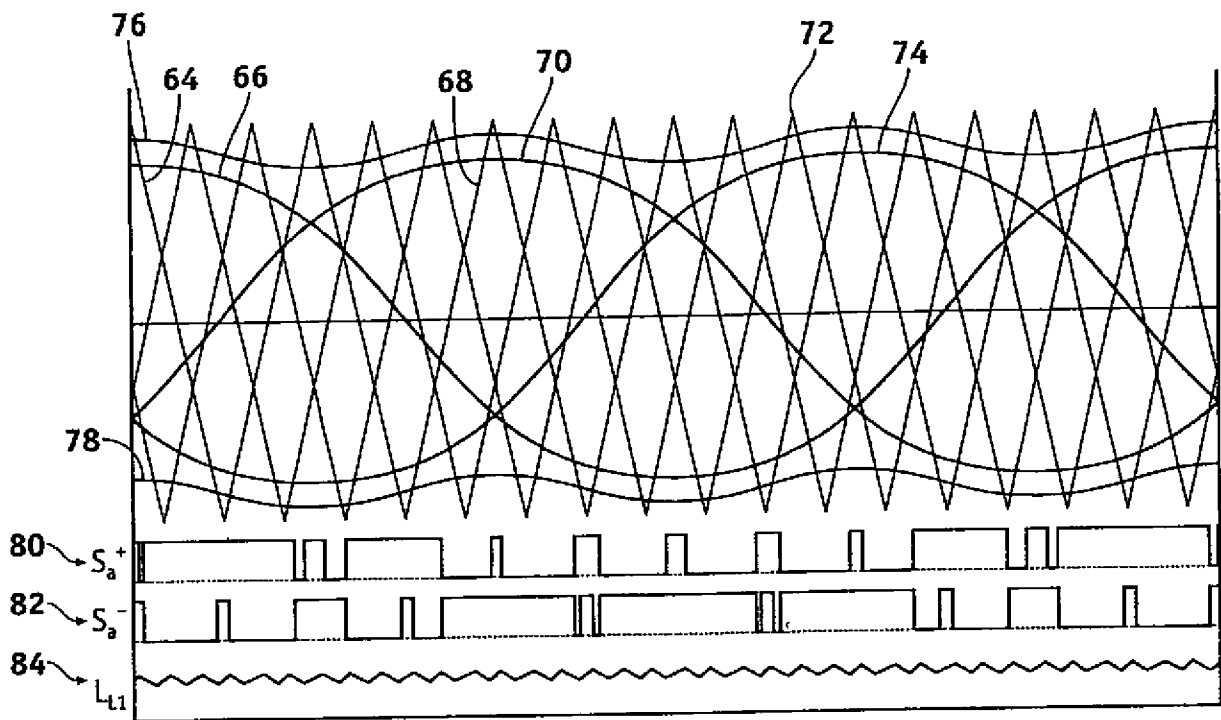


FIG. 4

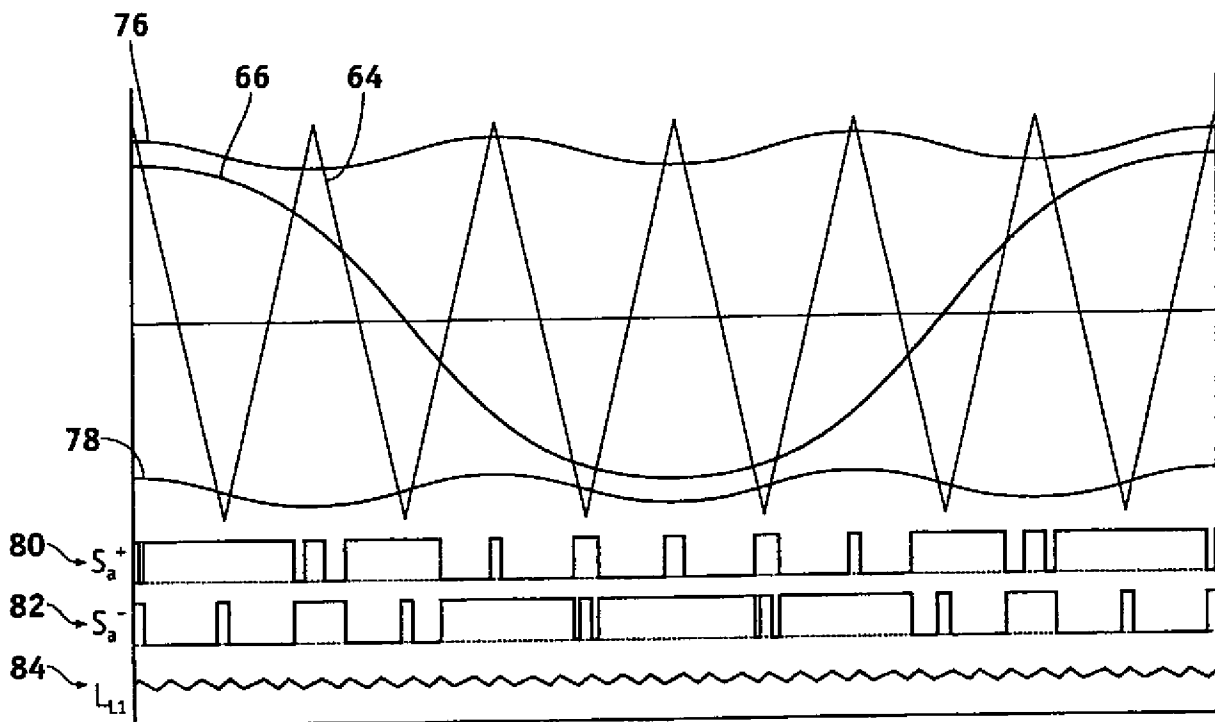


FIG. 5

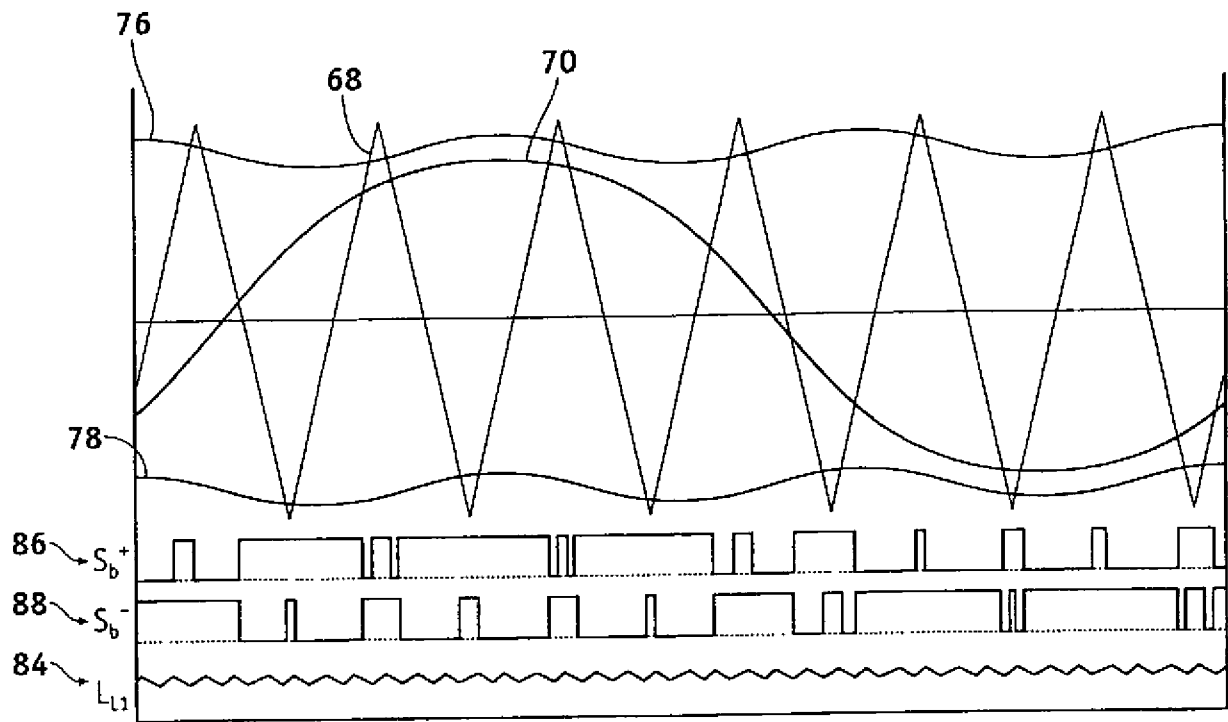


FIG. 6

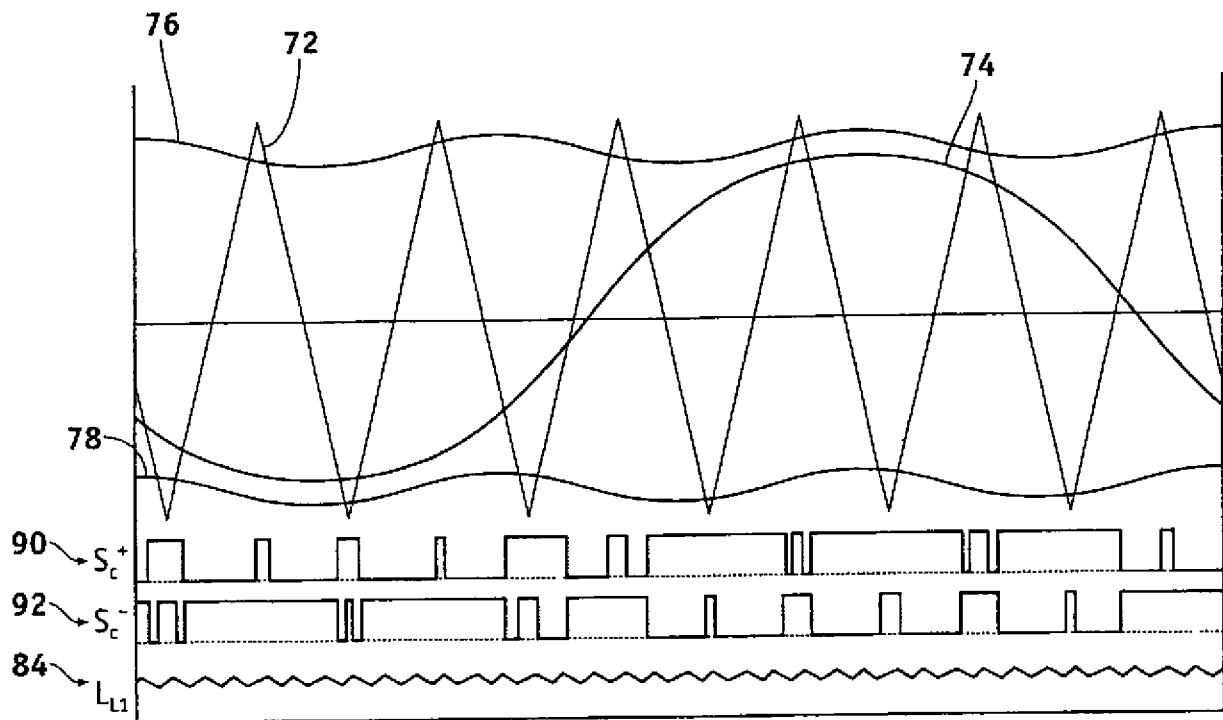


FIG. 7