



(10) **DE 10 2016 114 101 A1** 2017.02.09

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 114 101.1**

(22) Anmeldetag: **29.07.2016**

(43) Offenlegungstag: **09.02.2017**

(51) Int Cl.: **H02M 7/04 (2006.01)**

H02M 1/42 (2007.01)

H02M 3/156 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

14/818911 05.08.2015 US

(71) Anmelder:

**GM Global Technology Operations LLC, Detroit,
Mich., US**

(74) Vertreter:

**Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336
München, DE**

(72) Erfinder:

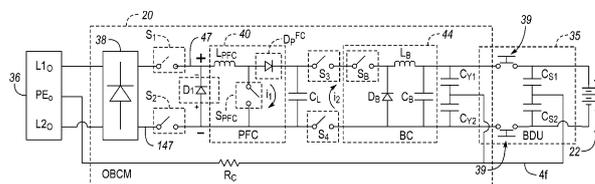
**Albanna, Ahmad, Dearborn Heights, Mich., US;
Arafat, Md Nayeem, Rancho Cucamonga, Calif.,
US; Ivan, William T., Shelby Township, Mich.,
US; Anwar, Mohammad N., Van Buren Township,
Mich., US; Teimorzadeh, Mehrdad, Troy, Mich., US**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **TRANSFORMATORLOSES STROMISOLIERTES BORDLADEGERÄT MIT FESTKÖRPER-SCHALTERSTEUERUNG**

(57) Zusammenfassung: Ein fahrzeugeigenes Lademodul (OBCM), beispielsweise für ein Fahrzeug, gekennzeichnet durch das Nicht-Vorhandensein eines Transformators, welches einen Wechselspannung-zu-Gleichspannung-Gleichrichter, einen DC-DC-Abwärtswandler, einen DC-DC-Aufwärtswandler, einen DC-Zwischenkondensator zwischen dem Abwärtswandler und dem Aufwärtswandler sowie Festkörper-Vorrichtungen umfasst. Die Vorrichtungen beinhalten eine Diode und einen ersten und einen zweiten Schalter mit entgegengesetzten geöffneten/ geschlossenen Schaltzuständen. Der erste und der zweite Schalter sind mit einem gemeinsamen Stromschiene der DC-Busspannung verbunden, der erste Schalter und die Diode sind zwischen dem Gleichrichter und dem Aufwärtswandler, und der zweite Schalter ist zwischen dem Zwischenkondensator und dem Abwärtswandler angeordnet. Der dritte und der vierte Schalter können auf der dem ersten und zweiten Schalter gegenüberliegenden Schiene verwendet werden. Das OBCM kann über den Betrieb von Festkörper-Vorrichtungen betrieben werden, um den HV-ESS über eine AC-Stromversorgung zu laden, während die Trennung vom Stromkreis beibehalten wird. Ein elektrisches System, das OBCM, DC-Bus, und HV-ESS beinhaltet.



Beschreibung**ZUSAMMENFASSUNG**

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die Offenbarung bezieht sich auf ein Bordladegerät, das die Verwendung eines Transformators umgeht und für die Isolierung von elektrischem Strom eine Festkörper-Schaltersteuerung verwendet.

HINTERGRUND

[0002] Hybrid-Elektrofahrzeuge verwenden Hochspannungsbatterien, um eine oder mehrere elektrische Maschinen anzutreiben, und legen so ein Drehmoment an den Antriebsstrang des Fahrzeugs an, entweder allein oder in Verbindung mit einem Verbrennungsmotor. Der Begriff „Plug-In Fahrzeug“ beschreibt ein Fahrzeug, z. B. Batterie-elektrisch, hybrid-elektrisch, bei dem beispielsweise ein Ladekabel vom Fahrzeug in eine 120 VAC oder 240 VAC-Wandbuchse eingesteckt wird. Nutzbremmung kann verwendet werden, um die Batterie aufzuladen, wenn das Fahrzeug in Betrieb ist.

[0003] Ein fahrzeugeigenes Lademodul oder OBCM kann zum Laden der Hochspannungsbatterie verwendet werden. Ein typisches OBCM besitzt die notwendige Hardware für den elektronischen Schaltkreis sowie die Steuer-Software, um ein- oder dreiphasige Wechselstrom(AC)-Gitterspannung in eine Gleichstrom(DC)-Spannung zu wandeln, die von der Batterie verwendet werden kann, und wirkt somit als Spannung-Gleichrichter. Ein OBCM erhöht nicht nur den Leistungsfaktor der gleichgerichteten Spannung, sondern erhöht auch die Höhe der gleichgerichteten Spannung und wirkt somit als Aufwärtsregler. Zusätzlich wirkt das OBCM als DC-DC Wandler und reguliert so die Gleichspannung beim Laden der Batterie nach Bedarf.

[0004] Ein OBCM wird entweder als getrennter Aufbau oder als nicht getrennter Aufbau beschrieben. Bei einem getrennten Aufbau der Art, die zur Verwendung in Fahrzeugen mit einem elektrischen Antrieb geeignet ist, wird die galvanische Trennung zwischen der Eingangs- und der Ausgangsseite des OBCM erhalten. Ein Transformator ist ein geeigneter Trennwandler, ebenso wie, wie in Fachkreisen bekannt, jede Vorrichtung, die zwei elektrischen Schaltkreise verbindet, ohne dass Elektrizität direkt von einem elektrischen Schaltkreis zum anderen Schaltkreis fließen kann. Im Gegensatz dazu liegt bei nicht getrenntem Aufbau keine galvanische Trennung vor. Daher wird der nicht-getrennte Aufbau am häufigsten bei niedrigeren Voltzahlen und nicht bei Fahrzeugen verwendet.

[0005] Offenbart wird hier ein Bordladegerät (OBCM) zum Laden eines Hochspannungs-Energiespeichersystems (HV-ESS) in einem elektrischen System, beispielsweise, eines „Plug-in-Fahrzeugs“ nach irgendeiner der oben beschriebenen Arten, oder in irgendeinem anderen elektrischen System, bei dem das Wiederaufladen einer DC-Batterie mittels einer außerhalb des Fahrzeugs gelegenen mehrphasigen Stromversorgung erforderlich ist. Das hier beschriebene OBCM ist gekennzeichnet durch eine Abwesenheit eines Transformators der Art, wie sie oftmals für das Erreichen einer galvanischen Trennung verwendet werden. Das heißt, das OBCM ist „transformatorlos“ in dem Sinne, in dem der Begriff hier verwendet wird. Jedoch wird die Trennung vom Erdschlussstrom im vorliegenden Aufbau erhalten mittels Verwendung zusätzlicher Festkörperelemente einschließlich besonders angeordneter/verbundener und gesteuerter Halbleiter-Schalter und einer Diode. Bei Verwendung in Verbindung mit der bestehenden elektronischen Hardware des OBCM ermöglichen die Schalter und die Diode eine zweistufige Energieumsetzung/-übertragung, um dadurch die HV-ESS zu laden. Die hier beschriebenen Beispiel-Schaltkreis-Topologien sollen dazu dienen, Kosten, Gewicht, und Platzbedarf zu reduzieren durch den transformatorlosen Aufbau, wobei die Isolation des Stromkreises weiter gegeben ist.

[0006] Die Halbleiterschalter der Festkörperelemente können verschiedenartig ausgeführt sein, etwa als zwei, drei, oder vier Halbleiterschalter in unterschiedlichen exemplarischen Ausführungsformen. Optional können die Halbleiterschalter Siliziumkarbid (SiC)-Schalter oder Breitbandlücken(WBG)-Schalter sein, beide sind in der Technik dafür bekannt, dass sie bestimmte Leistungsvorteile gegenüber IGBTs und MOSFETs bieten. Jedoch können in manchen Anwendungsfällen befriedigende Ergebnisse erzielt werden durch IGBTs, MOSFETs oder andere geeignete Festkörper-Schalter.

[0007] In einer besonderen Ausführungsform wird ein OBCM zur Verwendung mit einem AC-Stromversorgung und ein HV-ESS offenbart, der elektrisch mit einer DC-Busspannung mit positiver und negativer Spannungszufuhr verbunden ist. Das OBCM beinhaltet einen AC-zu-DC Spannungsregler, der mit dem AC Stromversorgung und den Schienen der DC-Busspannung verbunden werden kann. Der Gleichrichter ist weiter mit einem DC-DC-Abwärtswandler des OBCM verbunden. Ein DC-DC-Aufwärtsregler, der zum Erhöhen eines Gleichspannungseingangs an den DC-DC-Abwärtswandler verwendet werden kann, ist zwischen dem Spannungsgleichrichter und dem DC-DC-Abwärtswandler verbunden. Das OBCM beinhaltet auch einen Zwischenkondensator, der elektrisch parallel zu dem DC-DC-Aufwärts- und Ab-

wärtswandler geschaltet ist. Der Zwischenkondensator, der elektrisch zwischen den Wandlern geschaltet ist, kann verwendet werden, um die erhöhte DC-Eingangsspannung an den Abwärtsregler zu liefern.

[0008] Der Festkörpervorrichtungen des OBCM beinhalten eine Diode sowie erste und zweite Halbleiterschalter, wobei die Schalter entgegengesetzte geöffnete/ geschlossene Schaltzustände aufweisen. Der erste Schalter und die Diode sind elektrisch zwischen dem Spannungsgleichrichter und dem Aufwärtswandler geschaltet. Der zweite Schalter ist elektrisch zwischen den Zwischenkondensator und die Abwärtswandler geschaltet. Das OBCM ist über die Steuerung der Festkörperelemente derart steuerbar, dass das HV-ESS selektiv geladen wird unter Verwendung der AC-Stromversorgung, während die Trennung des OBCM von elektrischem Strom ohne Verwendung eines Transformators in herkömmlicher Weise beibehalten wird.

[0009] Weiter wird ein elektrisches System offenbart, das eine DC-Busspannung beinhaltet, das HV-ESS, das elektrisch mit der DC-Busspannung verbunden ist, sowie das oben erwähnte OBCM. Das OBCM elektrisch mit dem HV-ESS über die DC-Busspannung verbunden.

[0010] Außerdem wird hierin ein Fahrzeug offenbart, das in einer exemplarischen Ausführungsform das HV-ESS, ein Getriebe mit einem Eingangselement, einer elektrischen Maschine, die mit dem Eingangselement verbunden ist, eine AC-Busspannung, die DC-Busspannung sowie ein Wechselrichtermodul enthält, das elektrisch sowohl mit dem HV-ESS über die DC-Busspannung als auch über die AC-Busspannung mit der elektrischen Maschine verbunden ist.

[0011] Die oben genannten Funktionen und Vorteile sowie andere Funktionen und Vorteile der vorliegenden Erfindung gehen aus der folgenden detaillierten Beschreibung der bestmöglichen praktischen Umsetzung der dargestellten Erfindung in Verbindung mit den zugehörigen Zeichnungen hervor.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0012] Fig. 1 ist eine schematische Seitenansicht zur Veranschaulichung eines Beispielfahrzeugs mit einem elektrischen System mit einer transformatorlosen galvanisch isolierten Bordladegerätes (OBCM), das wie hierin beschrieben aufgebaut ist.

[0013] Fig. 2 ist ein schematisches Schaltungsdiagramm eines exemplarischen OBCM, welches in Systemen wie dem Fahrzeug aus Fig. 1 benutzt werden kann.

[0014] Fig. 3A–Fig. 3B sind Zeitdiagramme der entsprechenden Schaltzustände der im Schaltbild der

Fig. 2 dargestellten Festkörperelemente, wobei die Zeit auf der horizontalen Achse und der Schaltzustand auf der vertikalen Achse dargestellt ist.

[0015] Fig. 4A–Fig. 4B sind Zeitdiagramme des augenblicklichen Erdschlussstroms und des quadratischen Mittelwert(RMS)-Stroms für unterschiedliche Ausführungsformen der Beispielschaltung gemäß Fig. 2, wobei die Zeit auf der horizontalen Achse und der quadratischen Mittelwert-Strom auf der vertikalen Achse dargestellt ist.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0016] Unter Bezugnahme auf die Figuren, in denen ähnliche Bezugszeichen ähnliche Teile über die mehreren Ansichten bezeichnen, ist in Fig. 1 ein exemplarisches Fahrzeug **10** dargestellt. Das Fahrzeug **10** enthält ein elektrisches System **12** mit einem fahrzeugeigenen Lademodul (OBCM) **20** und einem mehrphasigen Energiespeichersystem (HV-ESS) **22**, wobei das OBCM **20** verwendet werden kann zum elektrischen Aufladen des HV-ESS **22**, wie unten erläutert. Das OBCM **20** ist mit einer externen Mehrphasen/Wechselstrom(AC)-Stromversorgung **19**, beispielsweise einer herkömmlichen 120 VAC oder 240 VAC-Wandsteckdose, über einen Ladekabel-Anschluss **36**, wie durch Pfeil A gezeigt, verbunden. So wird das Laden des HV-ESS **22** ermöglicht, wenn das Fahrzeug **10** nicht in Betrieb ist, etwa, wenn das Fahrzeug **10** an einer Ladestation oder in einer Garage abgestellt ist.

[0017] Das OBCM **20** wird automatisch von einer Steuerung **50** über Schaltsteuersignale (Pfeil **11**) gesteuert, um einen von zwei Ladezuständen des OBCM **20** herzustellen, das heißt, einen ersten Zustand, in dem ein Zwischenkondensator (C_L), wie in Fig. 2 gezeigt, geladen wird, in Vorbereitung zur Aufladung des HV-ESS **22**, und einen zweiten Zustand, in dem eine gespeicherte Ladung aus dem DC-Zwischenkondensator (C_L) an den HV-ESS **22** freigegeben wird. Beispielhafte transformatorlose Schaltkreis-Topologien für das Erzielen der gewünschte Funktionalität werden näher unter Bezugnahme auf Fig. 2, und mit zusätzlicher Bezugnahme auf die Zeitdiagramme von Fig. 3A–Fig. 3B beschrieben.

[0018] Das in Fig. 1 dargestellt Fahrzeug **10**, das ein Personenkraftfahrzeug ist, stellt eine Art eines übergeordneten Systems dar, die das elektrische System **12** nutzen und von der Verwendung des offengelegten OBCM **20** profitieren kann. Jedoch kann das OBCM **20** mit jedem elektrischen System **12**, in einem Fahrzeug oder anderweitig, genutzt werden, in dem das Laden einer Batterie oder eines anderen geeigneten Stromspeichersystems erwünscht ist. Hochspannungsanwendungen, die hierbei verwendet werden, beziehen sich exemplarisch auf Spannungsniveau über 20 VDC, und können besonders von dem

vorliegenden Ansatz profitieren aufgrund der Notwendigkeit einer Isolation vom elektrischen Strom.

[0019] Neben OBCM **20** und HV-ESS **22** kann das elektrische System **12** aus **Fig. 1** ein Wechselrichtermodul (PIM) **24**, beinhalten, d. h. einen Wechselrichter mit den erforderlichen IGBTs oder anderen Halbleiterbauelementen, die für die Umwandlung von Wechselspannungen in Gleichspannungen und umgekehrt benötigt werden, beispielsweise mittels Pulsweitenmodulation oder durch andere geeignete Wechseltechniken. Das elektrische System **12** kann auch ein zusätzliches Antriebsmodul und ein Niederspannungs-Energiespeichersystem (LV-ESS) beinhalten, von denen keines gezeigt, aber beide dem Fachmann sehr gut bekannt sind. Das OBCM **20** kann elektrisch mit dem HV-ESS **22**, und der HV-ESS **22** mit dem PIM **24** über eine Hochspannung-DC-Bussspannung **21** verbunden sein. Wie hierin verwendet, ist „Hochspannung“ ein relativer Begriff, der typischerweise Bezug nimmt auf Spannungspegel von über 12–15 VDC Hilfsspannungspegel. Somit können 18–20 VDC eine vertretbare Untergrenze für die Hochspannung einiger Anwendungsfälle definieren, mit Spannungspegeln von 30 VDC bis 300 VDC oder mehr, wie sie bei Fahrzeuganwendungen je nach Auslegung möglich sind.

[0020] Wie auch hier verwendet, bezieht sich der Begriff „Modul“ auf die kombinierte physische Hardware und Steuer-Software, die verwendet wird, um eine bestimmte Funktion eines jeweiligen Gerätes zu implementieren. Diese Hardware kann für einen gegebenen Modul gemeinsam in einem Gehäuse untergebracht werden. Das PIM **24** kann beispielsweise alle notwendigen Halbleiterschalter beinhalten, die auf Pulsweitenmodulations-Signale reagieren, und benötigt werden, um den Wechselstrom aus der AC-Stromquelle an Bord des Fahrzeugs **10** zu Gleichstrom zu wandeln und umgekehrt, wobei der Wechselstrom von dem PIM **24** zu den Phasenleitungen **25** einer dreiphasigen oder anderen mehrphasigen elektrischen Maschine (M_A) **30** geliefert wird. Das OBCM **20** wiederum beinhaltet eine Vielzahl von elektronischen Schaltelementen, wie nachfolgend detaillierter unter Bezugnahme auf **Fig. 2** beschrieben. Bei Erregung durch einen elektrischen Strom über die Phasenleitungen **25** liefert die elektrische Maschine **30** ein Motorausgangsmoment (Pfeil T_M) über eine Rotorwelle **32** an ein Eingangselement **13** eines Getriebes **16**. In einigen Ausführungsformen kann eine Brennkraftmaschine (E) **14** als zusätzliche Stromquelle verwendet werden, beispielsweise in einem Hybrid-Plug-in-Elektrofahrzeugaufbau, um ein Motordrehmoment (Pfeil T_E) als Teil eines Eingangsdrehmoments (Pfeil T_I) über eine Eingangskupplung C1 an das Getriebe **16** zu liefern, beispielsweise ein hydrodynamischer Drehmomentwandler oder eine Reibungskupplung und Dämpfereinheit, oder es kann in einem batteriebetriebenen Elektrofahrzeug

völlig auf einen Motor **14** verzichtet werden. Alternativ kann in einem erweiterten Elektrofahrzeug-Aufbau der Motor **14** mit einem Generator (nicht dargestellt) verbunden sein, wobei der Motor **14** bei einer derartigen Ausgestaltung vom Antriebsstrang getrennt ist. Eine oder mehrere zusätzliche elektrische Maschinen (nicht dargestellt) können in anderen Konstruktionen verwendet werden, beispielsweise, um ein Motor-Drehmoment an einer Endantriebseinheit anzulegen oder an einem Ausgangselement **15** des Getriebes **16**, ohne dass ein Ausgangsdrehmoment (Pfeil T_O) von dem Getriebe **16** schließlich einen Satz von Straßenrädern **18** antreibt, um das Fahrzeug **10** voran zu treiben.

[0021] Die Steuerung **50** aus **Fig. 1** kann als eine einheitliche oder verteilte Steuereinheit ausgeführt sein, die über entsprechende Kommunikationskanäle und/oder Übertragungsleitungen in elektrischer Kommunikation mit dem OBCM **20** steht, wobei das OBCM **20** auf die Steuersignale (Pfeil **11**) der Steuerung **50** wie oben erwähnt reagiert. Die Steuerung **50** kann aus einem oder mehreren digitalen Rechnern mit ausreichendem Speicher (M) und einem Prozessor (P) bestehen, wobei der Speicher (M) mit Anweisungen für eine Schaltfolge für das OBCM **20** programmiert ist. Der Speicher (M) beinhaltet konkrete permanenten Speicherplatz oder Medien, wie ROM-Festspeicher, RAM-Arbeitsspeicher, optische Speicher, Flash-Speicher, elektronisch-programmierbare ROM, u. ä. Die Steuersignale (Pfeil **11**) bestimmen letztlich einen Arbeitszyklus des OBCM **20**, der zum Wiederaufladen des HV-ESS **22** geeignet ist. Auflade-Steuerwerte (Pfeil **17**) können von der Steuerung **50** gelesen werden oder an diese gemeldet werden, sie beschreiben den aktuellen Zustand des HV-ESS **22**, z. B. Ladezustand, Temperatur, Strom, Einzelzellspannungen, und dergleichen, sodass die Steuerung **50** besser bestimmen kann, wann und wie das OBCM **20** zu steuern ist.

[0022] Bezug nehmend auf **Fig. 2** wird eine exemplarische Schaltkreis-Topologie gezeigt, um mögliche Ausführungsformen des OBCM **20** zu zeigen, die schematisch in **Fig. 1** dargestellt sind. Das OBCM **20** elektrisch mit dem Mehrphasen-Netzteil **19** der **Fig. 1** über den Ladeanschluss **36** verbunden, der über drei elektrische Leitungen L1, L2 und PE verfügt. Wie dem Fachmann bekannt, werden Mittelwertstrom/Stromkreisunterbrechungs- oder GFCI-Geräte verwendet zum Schutz gegen Erdschlüsse in elektrischen Schaltungen. Ein Eingangsstrom an der elektrischen Leitung L1 wird an der elektrischen Zuleitung PE mit einem Ausgangsstrom an der elektrischen Leitung L2 verglichen. Der quadratische Mittelwert(RMS)-Wert der Differenz in elektrischen Strömen an Leitungen L1 und L2 wird mit einer niedrigen Schwelle, z. B. **6** mA, verglichen. Der elektrische Stromkreis wird im Ladeanschluss **36** unterbrochen, wenn dieser Schwellenwert überschritten wird. Die-

se Art der GFCI Erkennungsfunktionalität ist in der in **Fig. 2** gezeigten exemplarischen Schaltkreis-Topologie beinhaltet.

[0023] Das OBCM **20** beinhaltet eine Spannungsgleichrichter **38**, beispielsweise eine Diodenbrücke, die die Leistung einer AC-Leitung gleichrichtet, die über den Ladeanschluss **36** geliefert wird. Danach ein Leistungsfaktorverbesserungs-(PFC)-Block **40**, d. h. ein DC-DC-Leistungswandler wie in der Technik bekannt, mit einer ersten Vielzahl elektronischer Komponenten, dargestellt als ein Induktor L_{PFC} , in Durchflussrichtung geschaltete Diode D_{PFC} , und ein Halbleiterschalter S_{PFC} , zusammen betreibbar zum Erhöhen einer DC-Ausgangsspannung des Spannungsgleichrichters **38** auf Pegel, die für das Laden eines DC-Zwischenkondensators C_L geeignet sind. Das OBCM **20** beinhaltet auch einen Abwärtswandler (BC) **44**, der, wie dem Fachmann bekannt, ein Festkörperelement ist, das zum Verringern einer Gleichspannung durch Verwendung einer zweiten Vielzahl elektronischer Vorrichtungen geeignet ist, gezeigt als ein anderer Halbleiterschalter S_B , eine Diode D_B , ein Induktor L_B und ein Kondensator C_B . Die reduzierte Ausgangsspannung vom Abwärtswandler **44** wird dann an einen Kondensatorblock Cy1, Cy2 und an zusätzliche Kondensatoren C_{S1} , C_{S2} einer Batterieabschalteneinheit (BDU) **35** angelegt. Der Kondensatorblock Cy1, Cy2 und die Kondensatoren C_{S1} , C_{S2} sind elektrisch verbunden mit der elektrischen Leitung PE des Ladeanschlusses **36** wie gezeigt, wobei der Ersatzwiderstand von Kabeln oder andere physikalische Leitern, die für diesen Zweck verwendet werden, durch einen Widerstand R_C dargestellt wird. Die BDU **35** verfügt über elektrische Schütze **39**, die zwischen dem Kondensatorblock Cy1, Cy2 und dem HV-ESS **22** angeordnet sind, wobei Fahrzeugbedingungen, etwa die Fahrzeugzündung, ausgeschaltet sind, und bestimmte elektrische Fehler zum automatischen und raschen Abschalten des HV-ESS **22** über die Öffnung der Schütze **39** führen.

[0024] Innerhalb der in **Fig. 2** gezeigten Schaltungstopologie wird die typischerweise in einem OBCM vorhandene Hardware durch Festkörper-Hardware ergänzt. In einer Ausführungsform beinhaltet die zusätzliche Hardware mindestens zwei Festkörper-Schalter, d. h. die unten in **Fig. 2** dargestellten Festkörper-Schalter S_2 und S_4 , welche auf einer gemeinsamen Schiene der DC-Bussspannung wie dargestellt angeordnet sind, beispielsweise beide auf den positiven Schienen **47**, und eine Diode D_1 , die zwischen der positiven und der negativen Stromschiene **47**, **147** parallel mit dem Aufwärtswandler **40** angeordnet sind. Die Festkörper-Schalter S_2 und S_4 weisen entgegengesetzte geöffnete/ geschlossene Schaltzustände auf, d. h. wenn der Schalter S_2 geöffnet ist, ist der Schalter S_4 geschlossen und umgekehrt. Bei einer solchen Ausführungsform wird der Schalter S_2 über den Betrieb der Steuerung **50** geschlossen, um

den DC-Zwischenkondensator C_L aufzuladen. Währenddessen bleibt der Schalter S_4 geöffnet. Wenn der DC-Zwischenkondensator C_L vollständig geladen ist, wird der Schalter S_2 geöffnet und der Schalter S_4 geschlossen, wobei das Schließen des Schalters S_4 allgemein jedoch nicht genau mit dem Schließen des Buck-Schalters S_B des Abwärtswandlers **44** zusammenfällt. In dieser Weise wird dem HV-ESS **22** über den DC-Zwischenkondensator C_L eine akkumulierte Ladung zugeführt.

[0025] Die Ausführungsform von **Fig. 2** unter Verwendung der Festkörper-Schalter S_2 und S_4 kann modifiziert werden mit einem optionalen zusätzlichen Festkörper-Schalter S_1 auf der positiven Stromschiene **47**, oder mit einem Paar von zusätzlichen Festkörper-Schaltern S_1 und S_3 . In Ausführungen, in denen die Hardware des Aufwärtswandlers **40** und des Abwärtswandlers **44** bereits vorhanden sind, können beispielsweise die Vorteile der vorliegenden Konstruktion weiter genutzt werden, indem vier Festkörper-Schalter S_1 , S_2 , S_3 , und S_4 zusammen mit der Diode D_1 an den in **Fig. 2** dargestellten Stellen hinzugefügt werden. Die Steuerung **50** kann derart programmiert werden, dass sie die Schalter S_1 , S_2 , S_3 und S_4 steuert, ohne die Steuerung der internen Schalter S_{PFC} des Aufwärtswandlers **40** oder den Schalter S_B des Abwärtswandlers **44** zu beeinflussen oder zu verändern.

[0026] Die Festkörper-Schalter S_1 , S_2 , S_3 und S_4 können als Halbleiterschalter ausgeführt sein, die schnelles, leistungsstarkes Schalten ermöglichen. Die Schalter S_1 , S_2 , S_3 und S_4 können optional als Siliziumkarbid(SiC)-Schalter oder Breitband(WBG)-Schalter ausgeführt sein. MOSFETs oder IGBTs können in anderen Ausführungsformen verwendet werden, wobei jede Schalter-Art unterschiedliche Kosten/ Leistungs-Vor- und Nachteile bringt, wie dem Fachmann bekannt ist.

[0027] Die Diode D_1 ist elektrisch parallel mit dem Schalter S_{PFC} des Aufwärtswandlers **40** verbunden, wobei die Kathode der Diode D_1 mit dem Induktor L_{PFC} und die Anode mit einer Diode D_{PFC} des Aufwärtswandlers **40** verbunden ist. Somit ist der Zwischenkondensator C_L elektrisch parallel zur Diode D_1 geschaltet. Wenn der Schalter S_2 geschlossen ist, fließt elektrischer Strom in einer Schleife über die Diode D_{PFC} sodass sich eine Spannung aufbaut über den Zwischenkondensator C_L bildet, wie Pfeil i_1 zeigt. Wenn die Schalter S_3 und S_4 geschlossen sind und der Schalter S_2 geöffnet ist, fließt elektrischer Strom in einer Schleife zum Aufwärtswandler C_B , wie Pfeil i_2 zeigt, sodass die gespeicherte Ladung wird vom Zwischenkondensator C_L an den HV-ESS **22** geliefert wird.

[0028] Alternativ kann man auf die Verwendung des Festkörper-Schalters S_3 verzichten und sich auf die

Steuerung des vorhandenen Buck-Switch S_B des Abwärtswandlers **44** verlassen, der generell unter den gleichen Bedingungen wie denen, die für den Schalter S_3 gelten, öffnet und schließt, und somit für den Ausschluss des Schalters S_3 verwendet werden kann. Ebenso kann der Schalter S_{PFC} des Auswärtswandlers **40** verwendet werden, um den Schalter S_2 auszuschließen und so eine vereinfachte Schaltung zu erreichen, die zu Leistungsvorteilen führen kann. Durch das Verlassen auf die vorhandenen Schalter S_{PFC} und S_B kann ein solcher Aufbau jedoch leitfähiger sein bei neu konzipierten Systemen, denn so kann die Steuerung der Schalter S_{PFC} und S_B innerhalb der Gesamtsteuerungslogik des OBCM **20** programmiert werden.

[0029] Fig. 3A und Fig. 3B zeigen Zeitdiagramme für die Schaltkreistopologie, in denen die Festkörper-Schalter S_1 , S_2 , S_3 und S_4 verwendet werden (Fig. 3A) und bei denen nur die Schalter S_2 und S_4 verwendet werden (Fig. 3B). Die Kurve **60** zeigt den Schaltzustand der Schalter S_1 und S_2 , beide sind eingeschaltet von t_0 bis t_1 und ausgeschaltet von t_1 bis t_2 in einem ersten Schaltzustand (I), wobei die Dioden D_1 und D_P Fig. 2 leiten. Im ersten Schaltzustand (I) der Fig. 3B zeigt die Kurve **60** den Schaltzustand der Schalter S_{PFC} und S_2 , wobei beide eingeschaltet sind von t_0 bis t_1 und ausgeschaltet von t_1 bis t_2 , wobei die Dioden D_1 und D_P leiten.

[0030] In einem 2. Schaltzustand (II) der Fig. 3A sind die Schalter S_3 und S_4 geschlossen/ein zwischen t_1 und t_2 , wie durch Kurve **64** gezeigt, und die Schalter S_1 und S_2 sind offen/aus, während im 2. Schaltzustand der Fig. 3B die Schalter S_B und S_4 geschlossen/ein sind und die Schalter S_{PFC} und S_2 offen/aus sind, wie Kurve **164** zeigt. Kurve **62** der Fig. 3A zeigt den Zustand des Schalters S_{PFC} , der wie gezeigt für eine kürzere Zeitdauer auf ein steht als Schalter S_1 und S_2 , wodurch ein weniger optimale Stromkreis-Isolation vorliegt als in der Ausführungsform der Fig. 3B, in der die Schalter S_2 und S_4 ohne die Schalter S_1 und S_3 verwendet werden. Für bestimmte Anwendungen jedoch, in welchen bestehende Hardware und Software verwendet wird, kann die Verwendung der weniger optimalen Topologien wünschenswert sein.

[0031] Bezug nehmend auf Fig. 4A und Fig. 4B, werden exemplarische simulierte Ergebnisse für eine Schaltungstopologie gezeigt, in der alle Festkörper-Schalter S_1 , S_2 , S_3 und S_4 verwendet werden (Fig. 4A) sowie eine vereinfachte Ausführungsform, in der nur die Schalter S_2 und S_4 verwendet werden (Fig. 4B) wobei Fig. 4A und Fig. 4B jeweils den Fig. 3A und Fig. 3B entsprechen. In Fig. 4A–Fig. 4B ist die Zeit (t) auf der horizontalen Achse dargestellt und der Strom (A) auf der vertikalen Achse, wobei der Strom in Fig. 4A auf einer Milliampere(mA)-Skala und in Fig. 4B auf einer Nanoampere(nA)-Skala dargestellt

ist, um die Unterschiede der zwei Topologien in der GFCI-Leistung einander gegenüber zu stellen.

[0032] In Fig. 4A–Fig. 4B stellen die Bereiche **70** und **170** die momentane Stromdifferenz Strom (A) zwischen den elektrischen Leitungen L1 und L2 von Fig. 2 dar. Zeilen **80** und **180** stellen den Effektivstrom dar. Für GFCI wird der Effektivwert verglichen mit einem niedrigen Schwellenwert, z. B. 6 mA, und ein GFCI-Fehler liegt vor, wenn der RMS-Wert diesen Pegel überschreitet. Während die Effektivwert in Fig. 4A unterhalb einer solchen Schwelle liegt, kann der Effektivwert, wie Fig. 4B zeigt, durch die Topologie der Fig. 2 wirksam auf Null reduziert werden, in der nur der Schalter S_2 und S_4 verwendet werden.

[0033] Wie in Fig. 3A gezeigt kann die Verwendung des Festkörper-Schalters S_1 aufgrund der Differenz in der Einschaltdauer im Vergleich zum Boost-Schalter S_{PFC} des Aufwärtswandlers **40** zu einem höheren Stromstärke durch den äquivalenten Widerstand R_C der Fig. 2 führen, d. h. das Rücklaufkabel und andere intervenierende Hardware oder Leiterstrukturen. Da der Schalter S_1 in der primären Topologie in Fig. 2 entfällt und nur die Schalter S_2 und S_4 neben den bereits zuvor vorhandenen Schaltern S_{PFC} und S_B existieren, ergibt sich eine niedrigerer Effektivwert.

[0034] Mit den oben beschriebenen Schaltungstopologien ist die Steuerung **50** in der Lage, zuerst das OBCM **20** aus den Fig. 1 und Fig. 2 in einem Boostbetrieb zu steuern, bei dem die Festkörper-Schalter S_1 und S_2 beide geschlossen sind und die Schalter S_3 und S_4 beide geöffnet, und dann die Schalter S_3 und S_4 zu schließen, während die Schaltern S_1 und S_2 geöffnet werden, wodurch der HV-ESS **22** geladen wird. Die Steuerung **50** kann die Einschaltdauer der verschiedenen Festkörper-Schalter S_1 , S_2 , S_3 , S_4 automatisch anpassen, um den HV-ESS **22** bei konstantem Strom und Spannung zu laden, basierend auf dem Feedback, welches an den Controller **50** über die oben erwähnten Steuerwerte (Pfeil **17**) gegeben wird. Auf diese Weise können die Kosten, Masse, und der Platzbedarf von Transformatoren der herkömmlicherweise für magnetische Isolation verwendeten Art verteilt werden, ohne die Anforderungen an die Stromisolation zu vermindern, und bei nur geringfügiger Modifikationen an der vorhandenen Schaltungs-Hardware und Software.

[0035] Die ausführliche Beschreibung und die Zeichnungen oder Figuren unterstützen und beschreiben die Offenbarung, doch der Umfang der Offenbarung ist einzig und allein durch die Ansprüche definiert. Während einige der besten Ausführungsformen und andere Ausführungsformen zum Ausführen der beanspruchten Lehren im Detail beschrieben wurden, existieren verschiedene alternative Entwürfe und Ausführungsformen zur Ausführung der Offen-

barung, die in den abhängigen Ansprüchen definiert werden.

Patentansprüche

1. Fahrzeugeigenes Lademodul (OBCM) zur Verwendung mit einer Wechselstrom(AC)-Stromversorgung und einem Gleichstrom(DC)-Hochspannungs-Energiespeichersystem (HV-ESS), worin die HV-ESS mit einer DC-Busspannung verbunden ist, und wobei das OBCM Folgendes umfasst:

einen Gleichstrom-Wechselstrom-Spannungsregler, der mit der AC-Stromversorgung und der DC-Busspannung verbunden werden kann, wobei der Gleichstrom-Wechselstrom-Spannungsregler verwendet werden kann zum Herstellen eines gleichgerichteten Gleichspannungsausgangs;

einen DC-DC Aufwärtswandler, der elektrisch mit dem Gleichstrom-Wechselstrom-Spannungsregler verbunden ist, und über eine erste Vielzahl von elektronischen Komponenten verfügt, die zusammen betrieben werden können, um den gleichgerichteten Spannungsausgang zu erhöhen;

eine DC-DC-Abwärtswandler, der elektrisch mit dem DC-DC Aufwärtswandler verbunden ist und eine zweite Vielzahl von elektronischen Komponenten aufweist, die zusammen betrieben werden können, um den Spannungsausgang des Aufwärtswandlers zu reduzieren;

einen Zwischenkondensator, der elektrisch zwischen dem Abwärtswandler und dem Aufwärtswandler geschaltet ist; und

einen Satz Festkörper-Vorrichtungen, einschließlich einer Diode und eines ersten und zweiten Schalters mit entgegengesetzten geöffneten/ geschlossenen Schaltzuständen, wobei der erste und zweite Schalter mit einer gemeinsamen Schiene der DC-Busspannung verbunden sind, und der erste Schalter und die Diode elektrisch zwischen dem Spannungsgleichrichter und dem Aufwärtswandler verbunden sind, und der zweite Schalter ist elektrisch zwischen den Zwischenkondensator und dem Abwärtswandler geschaltet ist;

worin das OBCM gekennzeichnet ist durch das Nicht-Vorhandensein eines Transformators, und betrieben werden kann über Betrieb eines Satzes Festkörper-Vorrichtungen, um wahlweise den HV-ESS über die AC-Stromversorgung zu laden, während innerhalb des OBCM eine Stromisolation beibehalten wird.

2. OBCM nach Anspruch 1, welches darüber hinaus eine Steuerung umfasst, die derart programmiert ist, dass sie den Schaltzustand des ersten und zweiten Schalters über Schaltsteuersignale steuert.

3. OBCM nach Anspruch 1, worin der Aufwärtswandler einen zusätzlichen Schalter aufweist, und wobei die Diode elektrisch parallel geschaltet ist mit dem zusätzlichen Schalter des Aufwärtswandlers.

4. OBCM nach Anspruch 1, worin die ersten und zweiten Schalter Siliziumkarbid(SiC)-Schalter sind.

5. OBCM nach Anspruch 1, worin die ersten und zweiten Schalter Breitband(WBG)-Schalter sind.

6. OBCM nach Anspruch 1, worin der Satz von Festkörper-Vorrichtungen einen dritten Schalter beinhaltet, der elektrisch parallel mit dem ersten Schalter geschaltet ist und den gleichen Schaltzustand wie der erste Schalter aufweist, wobei der erste und der dritte Schalter auf jeweils positiven und negativen Stromschienen der DC-Busspannung elektrisch verbunden sind.

7. OBCM nach Anspruch 6, worin der Satz von Festkörper-Vorrichtungen einen vierten Schalter beinhaltet, der mit dem zweiten Schalter zwischen dem DC-DC-Aufwärtswandler und dem DC-DC-Abwärtswandler elektrisch parallel verbunden ist und den gleichen Schaltzustand wie der zweite Schalter aufweist, wobei der zweite und der vierte Schalter auf jeweils positiven und negativen Stromschienen der DC-Busspannung elektrisch verbunden sind.

8. OBCM nach Anspruch 1, welches weiter eine Kondensatorbank umfasst, der elektrisch parallel mit dem Abwärtswandler auf einer Ausgangsseite des Abwärtswandlers verbunden ist.

9. Fahrzeug, welches Folgendes umfasst:
ein Hochspannungs-Energiespeichersystem (HV-ESS);

ein Getriebe mit einem Antriebselement;

eine elektrische Maschine, die mit dem Antriebselement verbunden ist;

eine Wechselstrom(AC)-Busspannung;

eine Gleichstrom(DC)-Busspannung;

eine Wechselrichtermodul (PIM), welches elektrisch mit dem HV-ESS über die (DC)-Busspannung und mit der elektrischen Maschine über die (AC)-Busspannung verbunden ist;

ein fahrzeugeigenes Lademodul (OBCM), welches elektrisch mit dem HV-ESS über die (DC)-Busspannung verbunden ist und Folgendes beinhaltet:

einen Wechselspannung- zu Gleichspannung-Spannungsregler, der mit der AC-Stromversorgung und mit der DC-Busspannung verbunden ist, und zur Erzeugung einer gleichgerichteten DC-Ausgangsspannung verwendet werden kann;

einen DC-DC-Aufwärtswandler, der elektrisch mit dem Spannungsregler verbunden ist, und mit einem ersten Vielzahl von elektronischen Komponenten zusammen betrieben werden kann, um die gleichgerichtete DC DC-Ausgangsspannung zu erhöhen;

einen DC-DC-Abwärtswandler, der elektrisch mit dem Aufwärtswandler verbunden ist, und über eine zweite Vielzahl von elektronischen Komponenten verfügt, die zusammen betrieben werden können,

um die Ausgangsspannung der Aufwärtswandlers zu vermindern;
einen Zwischenkondensator, der elektrisch zwischen der Abwärtswandler und dem Aufwärtswandler verbunden ist;
einen Satz Festkörper-Vorrichtungen, einschließlich einer Diode und eines ersten und zweiten Schalters mit entgegengesetzten geöffneten/ geschlossenen Schaltzuständen, wobei der erste und zweite Schalter mit einer gemeinsamen Schiene der DC-Busspannung verbunden sind, und der erste Schalter und die Diode elektrisch zwischen dem Spannungsgleichrichter und dem Aufwärtswandler verbunden sind, und der zweite Schalter ist elektrisch zwischen den Zwischenkondensator und dem Abwärtswandler geschaltet ist;
wobei das OBCM gekennzeichnet ist durch das Nicht-Vorhandensein eines Transformators, und betrieben werden kann über Betrieb eines Satzes Festkörper-Vorrichtungen, um wahlweise den HV-ESS über die AC-Stromversorgung zu laden, während innerhalb des OBCM eine Stromisolierung beibehalten wird; und
eine Steuerung, die programmiert ist, um den Schaltzustand des ersten und zweiten Schalters über Schaltsteuersignale zu steuern.

10. Fahrzeug nach Anspruch 9, worin der Satz von Festkörper-Vorrichtungen Folgendes beinhaltet:
einen dritten Schalter, der elektrisch parallel mit dem ersten Schalter geschaltet ist und den gleichen Schaltzustand wie der erste Schalter aufweist, wobei der erste und der dritte Schalter auf jeweiligen positiven und negativen Stromschienen der DC-Busspannung elektrisch verbunden sind; und
einen vierten Schalter, der elektrisch parallel mit dem zweiten Schalter zwischen dem Aufwärtswandler und dem Abwärtswandler geschaltet ist, und den gleichen Schaltzustand wie der zweite Schalter aufweist, wobei der zweite und der vierte Schalter auf jeweiligen positiven und negativen Stromschienen der DC-Busspannung elektrisch verbunden sind.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

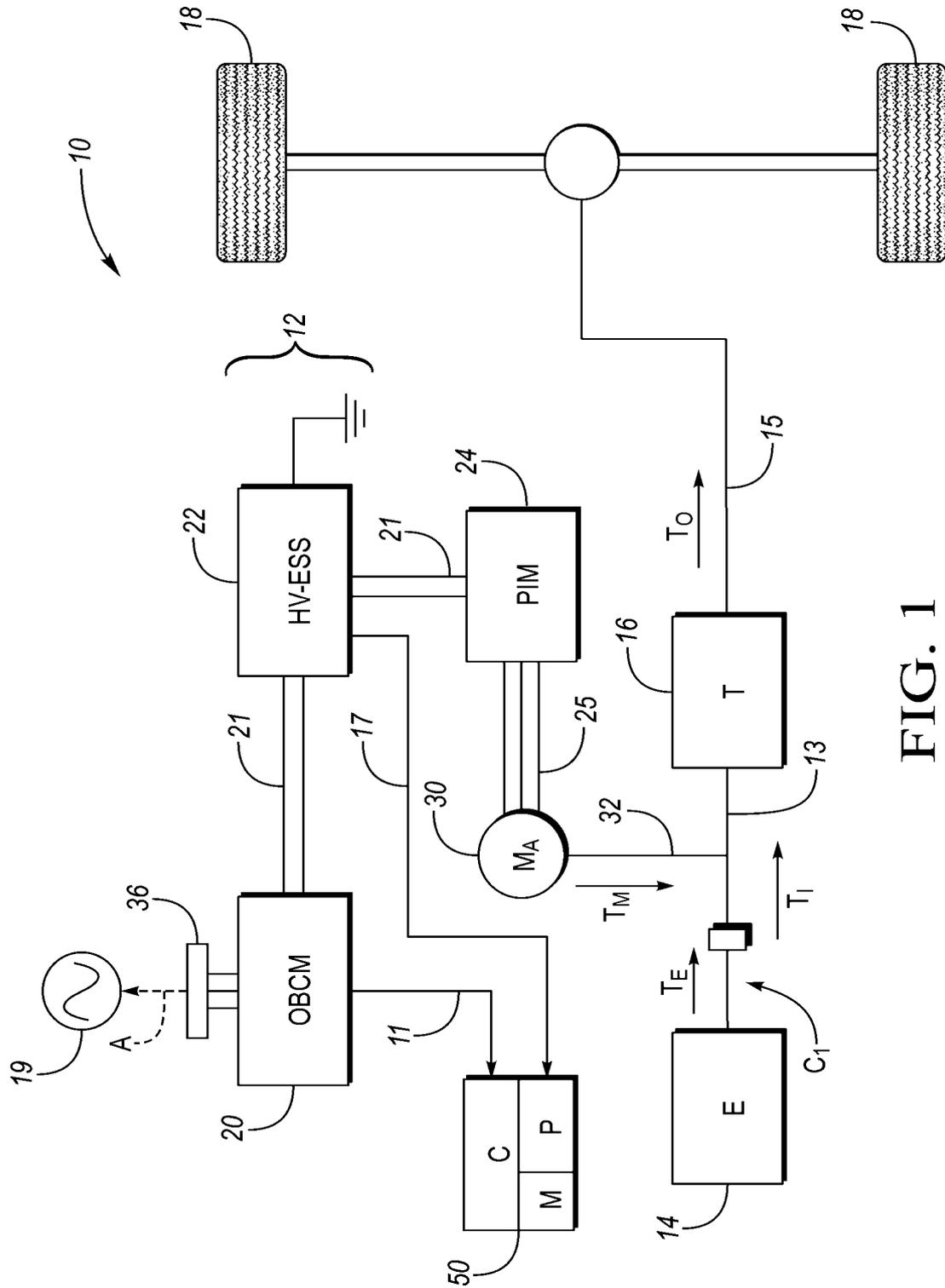


FIG. 1

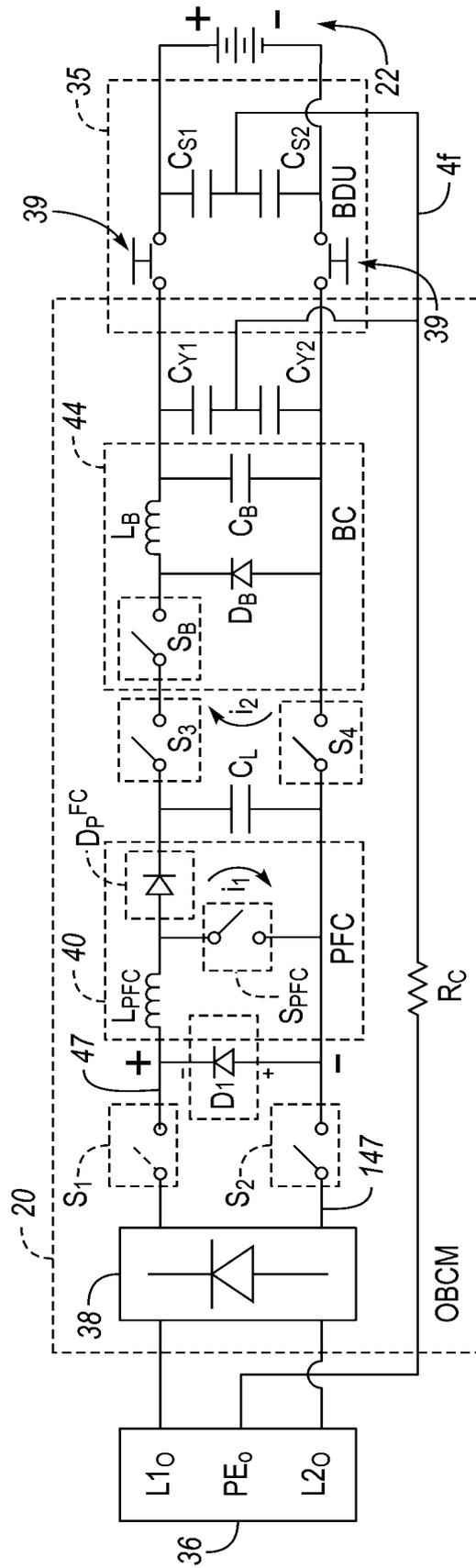


FIG. 2

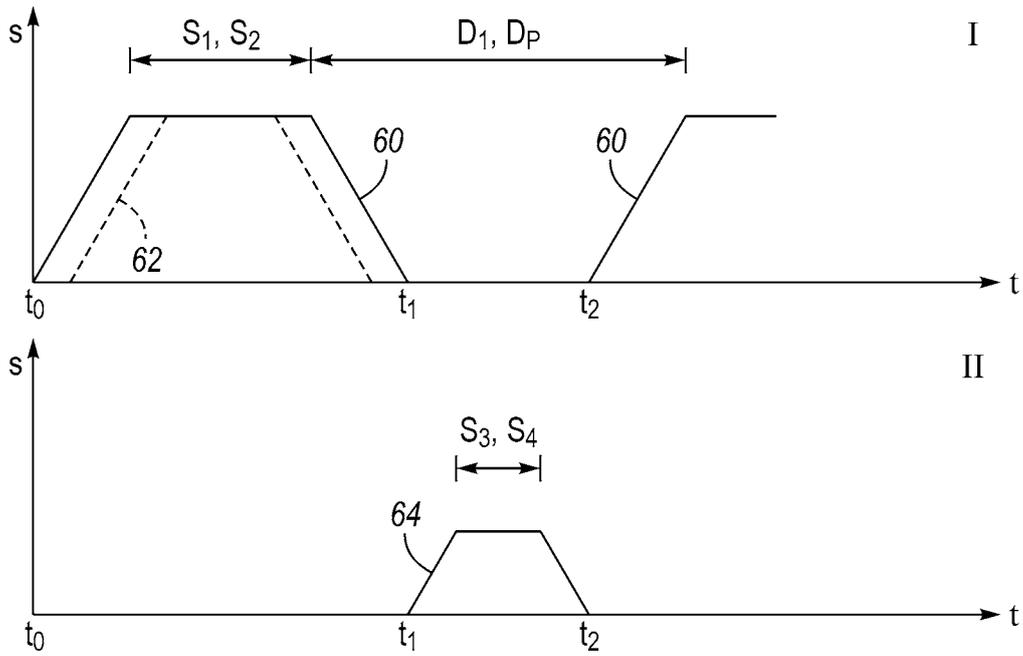


FIG. 3A

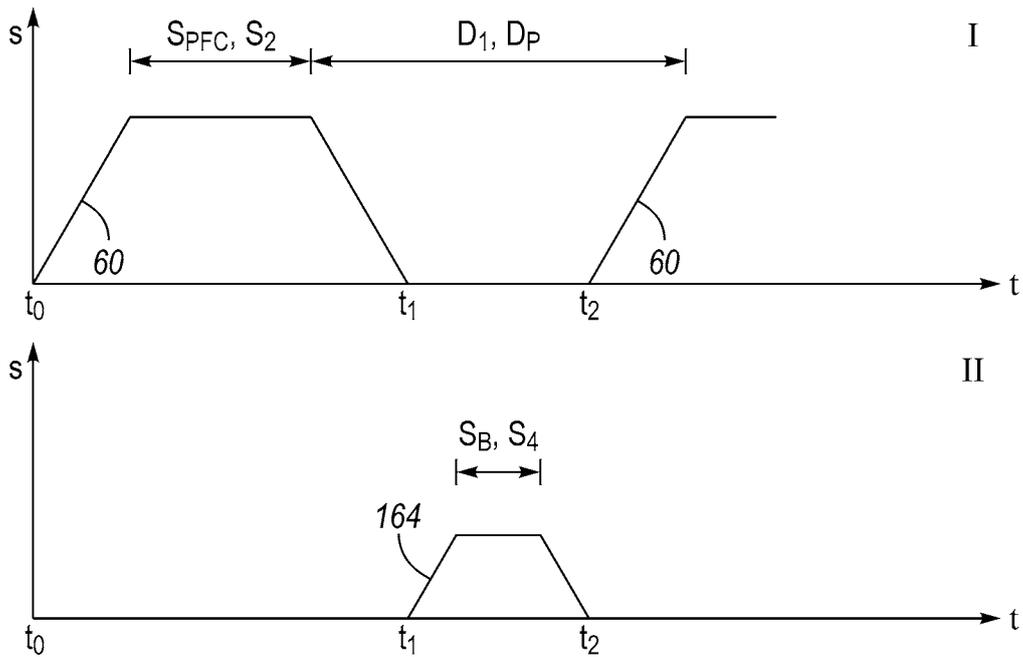


FIG. 3B

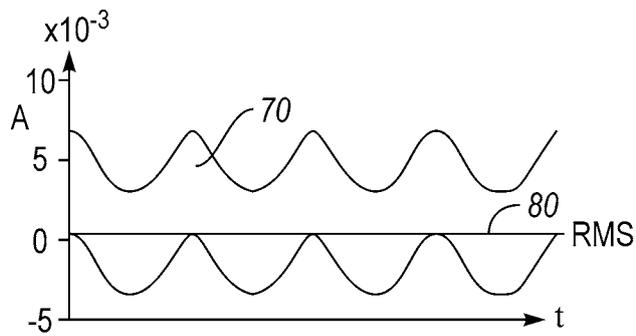


FIG. 4A

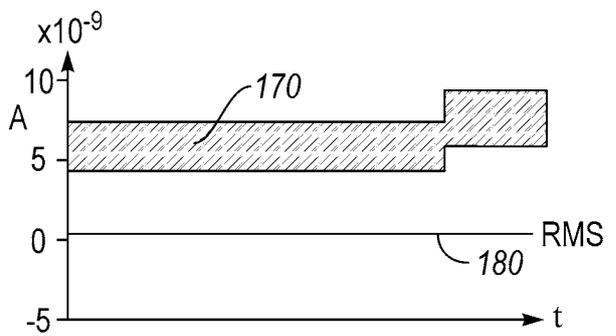


FIG. 4B