



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **699 364 B1**

(51) Int. Cl.: **H02M 7/797** (2006.01)
B60K 6/26 (2007.10)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-lichtensteinerischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 01219/06

(22) Anmeldedatum: 27.07.2006

(24) Patent erteilt: 26.02.2010

(45) Patentschrift veröffentlicht: 26.02.2010

(73) Inhaber:
ETH Zürich, ETH transfer, Rämistrasse 101
8092 Zürich (CH)

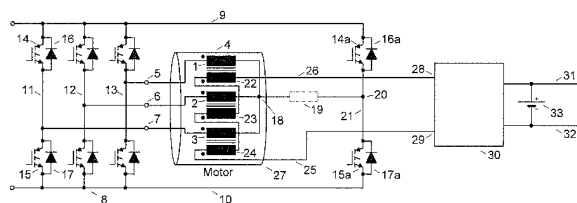
(72) Erfinder:
Jürgen Biela, 8004 Zürich (CH)
Hanna Putzi-Plesko, 8400 Winterthur (CH)
Johann W. Kolar, 8044 Zürich (CH)

(74) Vertreter:
Frei Patentanwaltsbüro AG, Postfach 1771
8032 Zürich (CH)

(54) **Drehstromantriebssystem mit motorintegriertem Hochfrequenztrafo zur bidirektionalen Kopplung der Versorgungsspannungen**

(57) Die Erfindung betrifft ein Drehstromantriebssystem mit nullspannungsgesteuertem motorintegriertem Hochfrequenztrafo zur Realisierung einer bidirektionalen Kopplung der zwischen einer positiven und negativen Spannungsschiene (9, 10) anliegenden Versorgungsspannung des elektrischen Antriebsteils eines Hybridfahrzeuges mit einer batteriegepufferten Hilfsgleichspannung, wobei der Antriebsteil eine elektrische Drehfeldmaschine (4) mit Sternpunkt (18) der Statorphasenwicklungen (1, 2, 3) und einen Dreiphasenpulswechselrichter (8) aufweist. Der Sternpunkt (18) ist über eine Koppelimpedanz (19) an den Eingang (20) eines zwischen der positiven und der negativen Zwischenkreisspannungsschiene (9, 10) angeordneten Hilfsbrücken-zweiges (21) gelegt. Mit jeder Statorphasenwicklung (1, 2, 3) ist jeweils eine gleichsinnige Sekundärphasenwicklung (22, 23, 24) magnetisch gekoppelt, welche zu einer Sekundär-Dreiphasenserienschaltung (27) mit Klemmen (25, 26) verschaltet sind, womit zwischen den Klemmen (25, 26) nur Nullanteile der Spannungen über den Statorphasenwicklungen (1, 2, 3), jedoch keine mit der Drehfeldbildung der Drehfeldmaschine (4) verknüpften Spannungsanteile auftreten. Somit erfolgt die Energieübertragung zwischen den Statorphasenwicklungen (1, 2, 3) und der Sekundärwicklung (27) durch einen Nullflussanteil, also entkoppelt von der Drehmomentbildung der elektrischen Maschine (4). Die Sekundär-Dreiphasenserienschaltung (27) wird gleichge-

richtet und speist einen elektrischen Speicher (33) zur Stützung der Hilfsgleichspannung.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Drehstromantriebssystem mit nullspannungsgesteuertem motorintegriertem Hochfrequenztrafo zur Realisierung einer bidirektionalen Kopplung der Versorgungsgleichspannung des elektrischen Antriebsteiles eines Hybridfahrzeuges mit einer Hilfsleichspannung wie im Oberbegriff des Patentanspruches 1 beschrieben ist.

Stand der Technik

[0002] In Hybridfahrzeugen wird zur Erzeugung des Antriebsmomentes neben der Verbrennungskraftmaschine eine i.Allg. über einen Dreiphasen-Pulswechselrichter aus einer hohen Gleichspannung (Zwischenkreisspannung) gespeiste elektrische Drehfeldmaschine eingesetzt. Weiteres sind Hilfsbetriebe angeordnet, welche i.Allg. eine relativ geringe, batteriegepufferte Versorgungsgleichspannung (Batteriespannung) benötigen und einen im Vergleich zur Antriebsleistung geringen Leistungsbedarf aufweisen. Aus betriebstechnischen Gründen ist eine hinsichtlich Leistungsfluss unidirektionale oder bidirektionale potentialgetrennte Kopplung beider Spannungsebenen vorzusehen, wofür nach dem derzeitigen Stand der Technik im einfachsten Fall ein expliziter potentialgetrennter DC/DC-Konverter, in bekannter Form gebildet aus einer eingangsseitig an der Zwischenkreisspannung liegenden Brückenschaltung elektronischen Schaltung, welche über eine Koppelimpedanz die Primärwicklung eines Hochfrequenztransformators, d.h. allgemein den Eingang eines hochfrequent potentialtrennenden Schaltungsteiles ansteuert, dessen Ausgang, im Falle eines Hochfrequenztransformators ausgeführt als Sekundärwicklung, für unidirektionalen Leistungstransfer über eine Diodenbrückenschaltung die Batterie speist. Die Koppelimpedanz dient hierbei der Symmetrierung der an die Primärwicklung gelegten positiven und negativen Spannungszeitfläche oder der Erweiterung auf resonanten Betrieb. Für bidirektionalen Leistungstransfer wird sekundärseitig ebenfalls eine Vollbrücke elektronischer Schalter angeordnet und die Sekundärwicklung über eine Koppelimpedanz an deren Eingänge gelegt; der Leistungstransfer dieser, auch als Dual-Active-Bridge bezeichneten Anordnung wird im einfachsten Fall bezüglich Betrag und Richtung über die Phasenverschiebung der an die Primär- und an die Sekundärwicklung geschalteten Rechteckspannungen eingestellt. Alternativ zu den Vollbrückenschaltungen können primär- und/oder sekundärseitig auch Halbbrückenschaltungen Einsatz finden. Hierbei wird ein Ende der Primär- und/oder Sekundärwicklung an den kapazitiv gebildeten Mittelpunkt der Primär- bzw. Sekundärspannung gelegt und somit eine Reduktion des Realisierungsaufwandes durch Entfall eines Brückenweiges erreicht.

[0003] Aus der Literatur sind bidirektionale DC/DC-Konverterschaltungen mit hochfrequenter Potentialtrennung bekannt, für welche eine Klemme der Eingangsseite des hochfrequent potentialtrennenden Schaltungsteiles über eine Koppelimpedanz mit dem Sternpunkt der Drehfeldmaschine und die zweite Klemme des hochfrequent potentialtrennenden Schaltungsteiles mit dem Eingang einer zwischen positiver und negativer Zwischenkreisspannungsschiene angeordneten Hilfsbrückenweiges verbunden ist. Der Dreiphasen-Pulswechselrichter übernimmt dann hinsichtlich der am Sternpunkt der Drehfeldmaschine auftretenden Spannung die Funktion eines Brückenweiges, es wird also in Verbindung mit dem Hilfsbrückenweig eine Vollbrückenschaltung zur bipolaren Ansteuerung des hochfrequent potentialtrennenden Schaltungsteiles eines DC/DC-Konverters gebildet, dessen Ausgangsseite über eine uni- oder bidirektionale Gleichrichterschaltung mit der die Spannung der Hilfsbetriebe puffernden Batterie verbunden ist. Der DC/DC-Leistungstransfer kann dann vollständig entkoppelt vom Betriebszustand und Leistungsfluss zwischen Pulswechselrichter und Drehfeldmaschine vorgegeben werden bzw. ist keine Einschränkung der Aussteuerung des Pulswechselrichters zur Sicherstellung der DC/DC-Konverterfunktion erforderlich.

[0004] Allerdings wird für die bekannten Kombinationen einer Pulswechselrichter-Antriebsfunktion und eines hochfrequent potentialgetrennten DC/DC-Konverters ein expliziter hochfrequent potentialtrennender Schaltungsteil eingesetzt, der bei beengtem Bauraum konstruktiv überaus schwierig unterzubringen ist. Dieser Nachteil kann nur bei Integration des hochfrequent potentialtrennenden Schaltungsteiles in die Antriebsmaschine vermieden werden.

Detaillierte Darstellung der Erfindung

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Vorrichtung zu schaffen, welche eine Nutzung des Magnetkreises und der Wicklung der Antriebsmaschine als Teil des einseitig durch den Nullanteil der Maschinenspeisespannung angesteuerten hochfrequent potentialtrennenden Schaltungsteiles eines uni- oder bidirektionalen DC/DC-Konverters zur Speisung der Hilfsbetriebe ohne Einschränkung des Spannungsaussteuerbereiches des Dreiphasenpulswechselrichters erlaubt. Erfindungsgemäss wird dies durch die Vorrichtung nach Patentanspruch 1 erreicht.

[0006] Grundgedanke der Erfindung ist, den hochfrequent potentialtrennenden Schaltungsteil durch magnetisch gekoppelte, potentialgetrennte erfindungsgemäss motorintegrierte Primär- und Sekundärwicklungssysteme in erfindungsgemässiger Verschaltung, d.h. hinsichtlich der Grundfunktion als motorintegrierten Hochfrequenztransformator zu realisieren, wobei erfindungsgemäss die dreiphasige Antriebswicklung als Primärwicklung des Hochfrequenztransformators herangezogen wird. Somit wird das Maschineneisen ausser zur Führung des Drehfeldes auch zur Führung des einen Nullflussanteil bildenden und somit nicht auf das Drehfeld bzw. die Drehmomentbildung zurückwirkenden Trafoflusses genutzt. Dabei ist der Maschinensternpunkt erfindungsgemäss über eine Koppelimpedanz an den Eingang eines bekannten Hilfsbrückenweiges gelegt und kann so zwischen der positiven und der negativen Zwischenkreisspannungsschiene umgeschaltet werden. Weiters wird in der Antriebsmaschine erfindungsgemäss zu jeder Antriebsphasenwicklung (oder Statorphasenwicklung) eine Sekundärphasenwicklung magnetisch gekoppelt angeordnet, wobei die Sekundärwicklungen gleichsinnig

in Serie geschaltet sind (Dreiphasenserienschaltung), womit durch die Sekundär-Dreiphasenserienschaltung nur der dreifache Nullanteil der Spannungen an den Statorphasenwicklungen, d.h. den Primärwicklungen, nicht jedoch der drehfeldbestimmende Spannungsanteil abgegriffen wird und in der für DC/DC-Konverter bekannten Weise über eine Koppelimpedanz an den Eingang einer Gleichrichterschaltung gelegt wird, welche ausgangsseitig an der Batteriespannung liegt. Der Hilfsbrückenweig wird durch einen in Stromflussrichtung zwischen der positiven Zwischenkreisschiene und dem Hilfsbrückenweigeingang angeordneten oberen Hilfsleistungstransistor mit antiparalleler Freilaufdiode und durch einen unteren, zwischen dem Hilfsbrückenweigeingang und der negativen Zwischenkreisspannungsschiene angeordneten unteren Hilfsleistungstransistor mit antiparalleler Hilfs-Freilaufdiode gebildet. Für eine Verbindung des Hilfsbrückenweigeingangs mit der positiven Zwischenkreisspannungsschiene wird der obere Hilfsleistungstransistor, für eine Verbindung mit der negativen Zwischenkreisschiene der untere Hilfsleistungstransistor durchgeschaltet. Die Kopplung zwischen Primär- und Sekundärseite erfolgt dann, wie vorgehend beschrieben durch einen Nullflussanteil, der Leistungsaustausch mit der Batteriespannung kann also unabhängig von der Leistungs- bzw. Drehmomentbildung des Antriebes über entsprechende Änderung des in des seitens des Dreiphasenpulswechselrichters in der Speisespannung der Drehfeldmaschine enthaltenen Nullspannungsanteils bzw. die Taktung des Hilfsbrückenweiges erfolgen.

Anzumerken ist, dass die auch in konventionellen DC/DC-Konvertern zur Vermeidung eines ggf. durch Unsymmetrien der Ansteuerung verursachten Gleichspannungsanteils der Trafospaltung eingesetzte Koppelimpedanz vorteilhaft analog zu konventionellen DC/DC-Resonanzkonvertern so gewählt werden kann, dass in Verbindung mit der Nullimpedanz der Drehfeldmaschine ein Serienresonanzkreis gebildet wird, dessen Resonanzfrequenz gegenüber der Schaltfrequenz so gewählt ist, dass ein entlastetes Schalten des Hilfsbrückenweiges resultiert.

[0007] Eine erfindungsgemässe Vorrichtung mit expliziten motorintegrierten Trafoprimärwicklungen beschreibt der Patentanspruch 2. Hierbei wird zu jeder Antriebsphasenwicklung eine magnetisch gekoppelte Primärphasenwicklung angeordnet und mit dem ersten Ende über eine Koppelimpedanz an den zugehörigen Ausgang des Dreiphasen-Pulswechselrichters gelegt. Die zweiten Enden der Primärphasenwicklungen werden in einem Sternpunkt verbunden, welcher über eine Koppelimpedanz an den Eingang eines Hilfsbrückenweiges, d.h. eines Umschalters zwischen positiver und negativer Zwischenkreisspannungsschiene geführt wird. Weiters ist magnetisch gekoppelt mit den Primärphasenwicklungen wieder ein Sekundärwicklungssystem in Dreiphasenserienschaltung angeordnet. Der Betrieb der Vorrichtung erfolgt grundsätzlich gleich wie für Patentanspruch 1, allerdings muss jetzt der Sternpunkt der Statorwicklung der Drehfeldmaschine nicht zugänglich sein und es ist über die Windungszahl und die Anordnung der Primärphasenwicklungen noch ein Freiheitsgrad für die Festlegung der Nullimpedanz und des Spannungsübersetzungsverhältnisses gegeben.

Anzumerken ist, dass ggf. die in der Verbindung des Sternpunktes der Primärphasenwicklungen mit dem Hilfsbrückenweigeingang oder die Koppelimpedanzen in den Verbindungen der Primärphasenwicklungen mit den Dreiphasenpulswechselrichterausgangsklemmen weggelassen werden können, womit eine Verringerung des Realisierungsaufwandes resultiert.

[0008] Eine weitere erfindungsgemässe Vorrichtung beschreibt der Patentanspruch 3. Hierbei sind im Gegensatz zur Vorrichtung nach Patentanspruch 2 die Primärphasenwicklungen nicht an die Ausgänge des Dreiphasenpulswechselrichters gelegt und nicht in Sternschaltung, sondern in Dreiphasenserienschaltung verbunden, deren erstes Ende an den, durch eine geeignete Schaltvorrichtung, bildeten Mittelpunkt der Zwischenkreisspannung geführt ist. Das zweite Ende der primärseitigen Dreiphasenserienschaltung ist an den Eingang des Hilfsbrückenweiges gelegt. Über entsprechende Taktung des Hilfsbrückenweiges kann so die Speisespannung der Primärseite des Hochfrequenztransformators direkt vorgegeben werden, wobei in der Drehfeldmaschine wieder ein, die Drehmomentbildung nicht beeinflussender Nullflussanteil aufgebaut wird und eine entsprechende Spannungsinduktion in der Dreiphasenserienschaltung der Sekundärwicklungen erfolgt.

[0009] Eine weitere erfindungsgemässe Vorrichtung beschreibt der Patentanspruch 4. Hierbei ist im Gegensatz zur Vorrichtung nach Patentanspruch 3 das erste Ende der primärseitigen Dreiphasenserienschaltung nicht an den Mittelpunkt der Zwischenkreisspannung, sondern an den Sternpunkt der Antriebsphasenwicklungen der Drehfeldmaschine gelegt. Eine ggf. aufgrund des Modulationsverfahrens des Dreiphasenpulswechselrichters vorliegende niederfrequente Verschiebung des Maschinensternpunktes kann dann über entsprechende Taktung des Hilfsbrückenweiges ausgeglichen und weiters vorteilhaft eine konstante Amplitude der gesamt über der primärseitigen Dreiphasenserienschaltung auftretenden, Nullflussbestimmenden Spannung erreicht werden.

In den Ansprüchen 1, 2 und 4 ist jeweils auch eine vereinfachte Variante beschrieben: Hierbei entfällt der Hilfsbrückenweig und die bisher an den Eingang des Hilfsbrückenweiges geführten Verbindungen werden an den Mittelpunkt der Zwischenkreisspannung gelegt. Die Bildung des, den Leistungstransfer zwischen Primär- und Sekundärseite vermittelnden Nullflussanteiles wird dann ausschliesslich durch den in der Ausgangsspannung des Dreiphasenpulswechselrichters enthaltenen Nullanteil bestimmt, womit der Aussteuerbereich des Dreiphasenpulswechselrichters vorteilhaft so zu wählen ist, dass eine pulsfrequente Nullspannung hinreichender Amplitude verbleibt, oder direkt ein niederfrequenter, z.B. dreifache Ausgangsfrequenz aufweisender Spannungsanteil als Primärspannung für den Leistungstransfer genutzt wird.

[0010] Eine vorteilhafte Erweiterung der Steuerbarkeit der DC/DC-Konversion ist bei den Vorrichtungen nach Patentanspruch 1 bis 4 jeweils als Alternative zu einem Zweipunktumrichter beschrieben: dabei ist der Hilfsbrückenweig durch einen elektronischen Dreipunktschalter realisiert, womit ein weiteres Spannungsniveau am Eingang des Hilfsbrückenweiges verfügbar ist. Der elektronische Dreipunktschalter wird durch Anordnung von zwei oberen Hilfs-Leistungstransistoren

in Stromflussrichtung zwischen der positiven Zwischenkreisspannungsschiene und dem Hilfsbrückenweigeingang und einer weiteren Serienschaltung von zwei unteren Hilfs-Leistungstransistoren in Stromflussrichtung zwischen Hilfsbrückenweigeingang und der negativen Zwischenkreisspannungsschiene realisiert, wobei antiparallel zu jedem Hilfs-Leistungstransistor eine Hilfs-Freilaufdiode liegt und vom Mittelpunkt eines kapazitiven Teilers der Zwischenkreisspannung eine obere Klemmdiode in Stromflussrichtung gegen den beiden oberen Hilfs-Leistungstransistoren gemeinsamen Schaltungspunkt und eine weitere, untere Klemmdiode von dem beiden unteren Hilfs-Leistungstransistoren gemeinsamen Schaltungspunkt gegen den Mittelpunkt des kapazitiven Teilers geschaltet ist. Für eine Verbindung des Hilfsbrückenweigeingangs mit der positiven Zwischenkreisspannungsschiene werden dann die beiden oberen, für eine Verbindung mit der negativen Zwischenkreisspannungsschiene die beiden unteren Hilfs-Leistungstransistoren durchgeschaltet. Eine bidirektionale Verbindung des Hilfsbrückenweigeingangs mit dem kapazitiven Zwischenkreisspannungsmittelpunkt wird durch Einschalten der beiden, direkt mit dem Hilfsbrückenweigeingang verbundenen Hilfs-Leistungstransistoren erreicht. Anzumerken ist, dass neben dieser Realisierung des elektronischen Dreipunktschalters noch weitere Realisierungsformen, beispielsweise in Flying-Capacitor-Topologie, möglich sind und darüber hinaus auch eine höhere Zahl von Spannungsniveaus vorgesehen werden könnte, wobei jedoch kein grundsätzlicher Unterschied in der Funktion, sondern nur eine höhere Zahl von Freiheitsgraden zur Spannungssteuerung resultiert.

[0011] Bezüglich der Ausführung der Gleichrichtung der am Ausgang des hochfrequent potentialtrennenden Schaltungsteiles auftretenden schaltfrequenten Wechsellspannung ist anzumerken, dass alle, von konventionellen DC/DC-Konvertern bekannten uni- oder bidirektionalen Gleichrichterschaltungen, d.h. Dioden-Vollbrückenschaltungen und insbesondere auch Gleichrichterschaltungen mit nur zwei Dioden (Mittelpunktschaltungen, Current-Doubler), eingesetzt werden können. Im einfachsten Fall werden die Ausgänge des hochfrequent potentialtrennenden Schaltungsteiles in bekannter Weise an die Eingänge einer Diodenbrücke mit ausgangsseitigen magnetischen und elektrischen Speicherelementen zur Filterung pulsfrequenter Anteile der Sekundärspannung geführt, wobei die Batteriespannung über einem elektrischen Speicher abgegriffen wird.

Um einen weiteren Freiheitsgrad der Steuerung des Leistungstransfers des DC/DC-Konverters zu erreichen, kann die Gleichrichterschaltung in bekannter Weise durch elektronische Schalter auch so erweitert werden, dass neben der durch die Funktion der Diodenbrückenschaltung resultierenden Spannung unabhängig von der Richtung des Sekundärstromes auch Spannung Null eingestellt werden kann. Dies ist beispielsweise in bekannter Weise durch zwei in Gegen-Serienschaltung verbundene und zwischen die Klemmen der Sekundärwicklung gelegte Transistoren mit Seriedioden in Stromflussrichtung erreichbar; für Einschalten beider Transistoren tritt dann Sekundärspannung Null auf. Alternativ wäre anstelle der Gegenserienerschaltung in bekannter Weise auch eine Realisierung des Kurzschlusschalters mit einer Diodenbrücke und nur einem, zwischen deren Ausgangsklemmen liegenden, Leistungstransistor möglich. Alternativ können antiparallel zu den mit der negativen Spannungsschiene verbundenen Dioden der Diodenbrückenschaltung Leistungstransistoren angeordnet werden; werden beide Transistoren eingeschaltet, liegt für beide Richtungen des Stromes am Eingang der Diodenbrücke eine, jeweils über einen Transistor und eine Diode führende Verbindung der Eingangsklemmen der Diodenbrücke vor. Analog können die Leistungstransistoren bei gleicher Funktion auch antiparallel zu den mit der positiven Spannungsschiene verbundenen Dioden der Diodenbrückenschaltung angeordnet werden. Eine weitere Realisierungsform wäre ein am Ausgang der Diodenbrückenschaltung angeordneter Kurzschlusschalter, wobei dann eine Entkopplungsdioden zur Batteriespannung vorzusehen ist.

[0012] Weiters sei darauf hingewiesen, dass die erfindungsgemässen Vorrichtungen auch bei Ausführung des Dreiphasen-Pulswechselrichters in Mehrpunkt-, also z.B. in Dreipunkt-Topologie eingesetzt werden können.

Aufzählung der Zeichnungen

[0013] Die Erfindung wird im Weiteren anhand einer Zeichnung näher beschrieben.

Fig. 1 zeigt ein Prinzipschaltbild der erfindungsgemässen Vorrichtung nach Patentanspruch 1.

Ausführung der Erfindung

[0014] In Fig. 1 sind in Stern geschaltete Statorphasenwicklungen 1, 2, 3 einer elektrischen Drehfeldmaschine 4 in bekannter Weise an Phasenausgänge 5, 6, 7 eines Dreiphasenpulswechselrichters 8 bekannter Struktur gelegt. Die Ausgänge 5, 6, 7 werden durch drei elektronische Umschalter in Form von, zwischen der positiven Zwischenkreisspannungsschiene 9 und der negativen Zwischenkreisspannungsschiene 10 angeordneten Halbbrückenweigen 11, 12, 13 gebildet, wobei jeder Brückenweig 11, 12, 13 einen zwischen der positiven Zwischenkreisspannungsschiene 9 und dem Phasenausgang 5 oder 6 oder 7 liegenden oberen Leistungstransistor 14 und einen zwischen dem Phasenausgang 5 oder 6 oder 7 und der negativen Zwischenkreisspannungsschiene 10 liegenden unteren Leistungstransistor 15 aufweist und antiparallel zu den Leistungstransistoren Freilaufdioden 16 und 17 angeordnet sind. Der Sternpunkt 18 der Statorphasenwicklungen der Drehfeldmaschine 4 wird erfindungsgemäss über eine Koppelimpedanz 19 an einen Eingang 20 eines zwischen der positiven und der negativen Zwischenkreisspannungsschiene 9, 10 angeordneten Hilfsbrückenweiges 21 gelegt, wobei der Hilfsbrückenweig 21 die gleiche Struktur wie ein Brückenweig 11, 12, 13 des Dreiphasenpulswechselrichters 8, d.h. einen zwischen der positiven Zwischenkreisspannungsschiene 9 und dem Hilfsbrückenweigeingang 20 liegenden oberen Hilfs-Leistungstransistor 14a und einen zwischen dem Hilfsbrückenweigeingang 20 und der negativen Zwischenkreiss-

spannungsschiene 10 liegenden unteren Hilfs-Leistungstransistor 15a aufweist, wobei antiparallel zu den Hilfs-Leistungstransistoren 14a, 15a Hilfs-Freilaufdioden 16a und 17a angeordnet sind, und der Hilfsbrückenweig 21 die Funktion eines elektronischen Umschalters zwischen positiver und negativer Zwischenkreisspannungsschiene 9, 10 aufweist, d.h. bei entsprechender Ansteuerung der Hilfs-Leistungstransistoren 14a, 15a eine Verbindung des Hilfsbrückenweigeingangs 20 mit der positiven oder negativen Zwischenkreisspannungsschiene 9, 10 hergestellt wird. Mit jeder Statorphasenwicklung 1, 2, 3 ist in der Drehfeldmaschine 4 jeweils eine Sekundärphasenwicklung 22, 23, 24 magnetisch gekoppelt, wobei die Wicklungsanfänge der Sekundärphasenwicklung auf der dem Sternpunkt 18 abgewandten Seite liegen und der Wicklungsanfang einer ersten Sekundärphasenwicklung 22 an das Wicklungsende einer zweiten Sekundärphasenwicklung 23 gelegt und der Wicklungsanfang der zweiten Sekundärphasenwicklung 23 mit dem Wicklungsende einer dritten Sekundärphasenwicklung 24 verbunden ist. Der Wicklungsanfang der dritten Sekundärphasenwicklung 24 bildet so das zweite Ende 25 und das Wicklungsende der ersten Sekundärphasenwicklung 22 den Anfang 26 einer Sekundär-Dreiphasenserienschaltung 27 der Sekundärphasenwicklungen 22, 23, 24. So treten zwischen den Klemmen an Ende 25 (auch erster Sekundärwicklungsanschluss genannt) und Anfang 26 (auch zweiter Sekundärwicklungsanschluss genannt) nur Nullanteile der Spannungen über den Statorphasenwicklungen 1, 2, 3 auf, jedoch keine mit der Drehfeldbildung der Drehfeldmaschine 4 verknüpften Spannungsanteile, womit die Energieübertragung zwischen den die Primärwicklungen eines DC/DC-Konverters bildenden Statorphasenwicklungen 1, 2, 3 und der Sekundär-Dreiphasenserienschaltung 27 durch einen Nullflussanteil, also entkoppelt von der Drehmomentbildung der elektrischen Maschine 4 erfolgen kann. Die an der Sekundär-Dreiphasenserienschaltung 27 in Form der dreifachen transformierten, durch die Ausgangsspannung des Dreiphasenpulswechselrichters 8 in Verbindung mit der Taktung des Hilfsbrückenweiges 21 erzeugte, zwischen den Sekundärwicklungsanschlüssen 25, 26 auftretende Spannungsnullkomponente wird gleichgerichtet, d.h. die Sekundärwicklungsanschlüsse 25, 26 sind an die Eingänge 28, 29 einer uni- oder bidirektionalen Gleichrichterschaltung 30 geführt, zwischen deren positiver Ausgangsspannungsschiene 31 und negativen Ausgangsspannungsschiene 32 eine die Spannung der Hilfsbetriebe puffernde Batterie 33 angeordnet ist.

Patentansprüche

1. Vorrichtung in Form eines Drehstromantriebssystems mit nullspannungsgesteuertem Hochfrequenztrafo zur Realisierung einer bidirektionalen Kopplung der Antriebsversorgungsspannung mit einer Hilfspgleichspannung, wobei das Drehstromantriebssystem einen, eine elektrische Drehfeldmaschine (4) mit Sternpunkt (18) der Statorphasenwicklungen (1, 2, 3) speisenden Dreiphasenpulswechselrichter (8), eine positive und eine negative Zwischenkreisspannungsschiene (9, 10) zur Speisung des Dreiphasenpulswechselrichters (8), eine Batterie (33) zur Stützung einer Spannung der Hilfsbetriebe, eine Koppelimpedanz (19) und eine sekundärseitige Gleichrichterschaltung (30) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der Sternpunkt (18) der Statorphasenwicklungen (1, 2, 3) der Drehfeldmaschine (4) über eine Koppelimpedanz (19) an einen Hilfsbrückenweigeingang (20) eines zwischen der positiven und der negativen Zwischenkreisspannungsschiene (9, 10) angeordneten Hilfsbrückenweiges (21) gelegt ist, wobei der Hilfsbrückenweig (21) als Zweipunktschalter oder als Dreipunktschalter realisiert ist,
 - und bei der Realisierung als Zweipunktschalter eine gleiche Struktur wie ein Brückenweig (11, 12, 13) des Dreiphasenpulswechselrichters (8), also einen zwischen der positiven Zwischenkreisspannungsschiene (9) und dem Hilfsbrückenweigeingang (20) liegenden oberen Hilfs-Leistungstransistor (14a) und einen zwischen dem Hilfsbrückenweigeingang (20) und der negativen Zwischenkreisspannungsschiene (10) liegenden unteren Hilfs-Leistungstransistor (15a) aufweist, wobei antiparallel zu den Hilfs-Leistungstransistoren Hilfs-Freilaufdioden (16a, 17a) angeordnet sind, und der Hilfsbrückenweig (21) die Funktion eines elektronischen Umschalters zwischen positiver und negativer Zwischenkreisspannungsschiene (9, 10) übernimmt,
 - und bei der Realisierung als Dreipunktschalter der Hilfsbrückenweig (21) zwei obere Hilfs-Leistungstransistoren in Stromflussrichtung zwischen der positiven Zwischenkreisspannungsschiene (9) und dem Hilfsbrückenweigeingang (20) und eine weitere Serienschaltung von zwei unteren Hilfs-Leistungstransistoren in Stromflussrichtung zwischen dem Hilfsbrückenweigeingang (20) und der negativen Zwischenkreisspannungsschiene (10) geschaltet ist, wobei antiparallel zu jedem Leistungstransistor eine Freilaufdiode liegt, und vom Mittelpunkt eines kapazitiven Teilers der Zwischenkreisspannung eine obere Klemmdiode in Stromflussrichtung gegen den, den beiden oberen Leistungstransistoren gemeinsamen Schaltungspunkt und eine weitere, untere Klemmdiode von dem beiden unteren Leistungstransistoren gemeinsamen Schaltungspunkt in Stromflussrichtung gegen den Mittelpunkt des kapazitiven Teilers geschaltet ist, und für eine Verbindung des Hilfsbrückenweigeingangs (20) mit der positiven Zwischenkreisspannungsschiene (9) die beiden oberen, und für eine Verbindung des Hilfsbrückenweigeingangs (20) mit der negativen Zwischenkreisspannungsschiene (10) die beiden unteren Hilfs-Leistungstransistoren durchschaltbar sind, und eine bidirektionale Verbindung des Hilfsbrückenweigeingangs (20) mit dem kapazitiven Zwischenkreisspannungsmittelpunkt durch Einschalten der beiden direkt mit dem Hilfsbrückenweigeingang (20) verbundenen Hilfs-Leistungstransistoren erreichbar ist und wobei mit jeder Statorphasenwicklung (1, 2, 3) in der Drehfeldmaschine (4) jeweils eine gleichsinnige Sekundärphasenwicklung (22, 23, 24) magnetisch gekoppelt angeordnet ist, wobei ferner die Wicklungsanfänge der Sekundärphasenwicklungen (22, 23, 24) auf der dem Sternpunkt (18) abgewandten Seite liegen und der Wicklungsanfang einer ersten Sekundärphasenwicklung (22) an das Wicklungsende einer zweiten Sekundärphasenwicklung (23) gelegt und der Wicklungsanfang der zweiten Sekundärphasenwicklung (23) mit dem Wicklungsende einer dritten

Sekundärphasenwicklung (24) verbunden ist und der Wicklungsanfang der dritten Sekundärphasenwicklung (24) so einen ersten Sekundärwicklungsanschluss (25) und das Wicklungsende der ersten Sekundärphasenwicklung (22) einen zweiten Sekundärwicklungsanschluss (25) einer Sekundär-Dreiphasenserienschaltung (27) der Sekundärphasenwicklungen (22, 23, 24) bildet,

und so zwischen den Sekundärwicklungsanschlüssen (25, 26) nur Nullanteile der Spannungen über den Statorphasenwicklungen (1, 2, 3), jedoch keine mit der Drehfeldbildung der Drehfeldmaschine (4) verknüpften Spannungsanteile auftreten, womit die Energieübertragung zwischen den, die Primärwicklungen eines DC/DC-Konverters bildenden Statorphasenwicklungen (1, 2, 3) und der Sekundär-Dreiphasenserienschaltung (27) durch einen Nullflussanteil, also entkoppelt von der Drehmomentbildung der elektrischen Maschine (4) erfolgen kann, und weiters die an der Sekundär-Dreiphasenserienschaltung (27) in Form der dreifachen transformierten, durch die Ausgangsspannung des Dreiphasenpulswechselrichters (8) in Verbindung mit der Taktung des Hilfsbrückenweiges (21) erzeugte Spannungsnullkomponente gleichgerichtet wird, d.h. die Sekundärwicklungsanschlüsse (25, 26) im einfachsten Fall an die Eingänge (28, 29) einer Gleichrichterschaltung (30) geführt sind, zwischen deren positiver Ausgangsspannungsschiene (31) und negativen Ausgangsspannungsschiene (32) direkt die die Hilfsgleichspannung stützende Batterie (33) angeordnet ist.

2. Vorrichtung in Form eines Drehstromantriebssystems mit nullspannungsgesteuertem Hochfrequenztrafo zur Realisierung einer bidirektionalen Kopplung der Antriebsversorgungsspannung mit einer Hilfsgleichspannung, wobei das Drehstromantriebssystem einen eine elektrische Drehfeldmaschine (4) mit Sternpunkt (18) der Statorphasenwicklungen (1, 2, 3) speisenden Dreiphasenpulswechselrichter (8), eine positive und eine negative Zwischenkreisspannungsschiene (9, 10) zur Speisung des Dreiphasenpulswechselrichters (8), eine Batterie (33) zur Stützung einer Spannung der Hilfsbetriebe, eine Koppelimpedanz (19) und eine sekundärseitige Gleichrichterschaltung (30) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der Sternpunkt (18) der Statorphasenwicklungen (1, 2, 3) der Drehfeldmaschine (4) über eine Koppelimpedanz (19) an einen Hilfsbrückenweigeingang (20) eines zwischen der positiven und der negativen Zwischenkreisspannungsschiene (9, 10) angeordneten Hilfsbrückenweiges (21) gelegt ist, wobei der Hilfsbrückenweig (21) als Zweipunktschalter oder als Dreipunktschalter realisiert ist,
 - und bei der Realisierung als Zweipunktschalter eine gleiche Struktur wie ein Brückenweig (11, 12, 13) des Dreiphasenpulswechselrichters (8), also einen zwischen der positiven Zwischenkreisspannungsschiene (9) und dem Hilfsbrückenweigeingang (20) liegenden oberen Hilfs-Leistungstransistor (14a) und einen zwischen dem Hilfsbrückenweigeingang (20) und der negativen Zwischenkreisspannungsschiene (10) liegenden unteren Hilfs-Leistungstransistor (15a) aufweist, wobei antiparallel zu den Hilfs-Leistungstransistoren Hilfs-Freilaufdioden (16a, 17a) angeordnet sind, und der Hilfsbrückenweig (21) die Funktion eines elektronischen Umschalters zwischen positiver und negativer Zwischenkreisspannungsschiene (9, 10) übernimmt,
 - und bei der Realisierung als Dreipunktschalter der Hilfsbrückenweig (21) zwei obere Hilfs-Leistungstransistoren in Stromflussrichtung zwischen der positiven Zwischenkreisspannungsschiene (9) und dem Hilfsbrückenweigeingang (20) und eine weitere Serienschaltung von zwei unteren Hilfs-Leistungstransistoren in Stromflussrichtung zwischen dem Hilfsbrückenweigeingang (20) und der negativen Zwischenkreisspannungsschiene (10) geschaltet ist, wobei antiparallel zu jedem Leistungstransistor eine Freilaufdiode liegt, und vom Mittelpunkt eines kapazitiven Teilers der Zwischenkreisspannung eine obere Klemmdiode in Stromflussrichtung gegen den, den beiden oberen Leistungstransistoren gemeinsamen Schaltungspunkt und eine weitere, untere Klemmdiode von dem beiden unteren Leistungstransistoren gemeinsamen Schaltungspunkt in Stromflussrichtung gegen den Mittelpunkt des kapazitiven Teilers geschaltet ist, und für eine Verbindung des Hilfsbrückenweigeingangs (20) mit der positiven Zwischenkreisspannungsschiene (9) die beiden oberen, und für eine Verbindung des Hilfsbrückenweigeingangs (20) mit der negativen Zwischenkreisspannungsschiene (10) die beiden unteren Hilfs-Leistungstransistoren durchschaltbar sind, und eine bidirektionale Verbindung des Hilfsbrückenweigeingangs (20) mit dem kapazitiven Zwischenkreisspannungsmittelpunkt durch Einschalten der beiden direkt mit dem Hilfsbrückenweigeingang (20) verbundenen Hilfs-Leistungstransistoren erreichbar ist, und wobei zu jeder Statorphasenwicklung (1, 2, 3) eine gleichsinnige magnetisch gekoppelte Primärphasenwicklung vorgesehen ist, welche jeweils mit einem ersten Ende über eine Koppelimpedanz an den entsprechenden Ausgang (5, 6, 7) des Dreiphasen-Pulswechselrichters (8) gelegt ist, und jeweils zweite Enden der Primärphasenwicklungen in einem Sternpunkt verbunden sind, welcher über eine Koppelimpedanz an den Hilfsbrückenweigeingang (20) oder an einen Mittelpunkt der Zwischenkreisspannung geführt ist, und weiters magnetisch gekoppelt mit den Primärphasenwicklungen gleichsinnige Sekundärphasenwicklungen angeordnet und in Dreiphasenserienschaltung zusammengeschaltet sind, wobei ferner die Wicklungsanfänge der Sekundärphasenwicklungen (22, 23, 24) auf der dem Sternpunkt (18) abgewandten Seite liegen und der Wicklungsanfang einer ersten Sekundärphasenwicklung (22) an das Wicklungsende einer zweiten Sekundärphasenwicklung (23) gelegt und der Wicklungsanfang der zweiten Sekundärphasenwicklung (23) mit dem Wicklungsende einer dritten Sekundärphasenwicklung (24) verbunden ist und der Wicklungsanfang der dritten Sekundärphasenwicklung (24) so einen ersten Sekundärwicklungsanschluss (25) und das Wicklungsende der ersten Sekundärphasenwicklung (22) einen zweiten Sekundärwicklungsanschluss (25) einer Sekundär-Dreiphasenserienschaltung (27) der Sekundärphasenwicklungen (22, 23, 24) bildet, und so zwischen den Sekundärwicklungsanschlüssen (25, 26) nur Nullanteile der Spannungen über den Statorphasenwicklungen (1, 2, 3), jedoch keine mit der Drehfeldbildung der Drehfeldmaschine (4) verknüpften Spannungsanteile

le auftreten, womit die Energieübertragung zwischen den, die Primärwicklungen eines DC/DC-Konverters bildenden Statorphasenwicklungen (1, 2, 3) und der Sekundär-Dreiphasenserienschaltung (27) durch einen Nullflussanteil, also entkoppelt von der Drehmomentbildung der elektrischen Maschine (4) erfolgen kann, und weiters die an der Sekundär-Dreiphasenserienschaltung (27) in Form der dreifachen transformierten, durch die Ausgangsspannung des Dreiphasenpulswechselrichters (8) in Verbindung mit der Taktung des Hilfsbrückenzeiges (21) erzeugte Spannungsnullkomponente gleichgerichtet wird, d.h. die Sekundärwicklungsanschlüsse (25, 26) im einfachsten Fall an die Eingänge (28, 29) einer Gleichrichterschaltung (30) geführt sind, zwischen deren positiven Ausgangsspannungsschiene (31) und negativen Ausgangsspannungsschiene (32) direkt die die Hilfsgleichspannung stützende Batterie (33) angeordnet ist.

3. Vorrichtung in Form eines Drehstromtriebssystems mit nullspannungsgesteuertem Hochfrequenztrafo zur Realisierung einer bidirektionalen Kopplung der Antriebsversorgungsspannung mit einer Hilfsgleichspannung, wobei das Drehstromtriebssystem einen eine elektrische Drehfeldmaschine (4) mit Sternpunkt (18) der Statorphasenwicklungen (1, 2, 3) speisenden Dreiphasenpulswechselrichter (8), eine positive und eine negative Zwischenkreisspannungsschiene (9, 10) zur Speisung des Dreiphasenpulswechselrichters (8), eine Batterie (33) zur Stützung einer Spannung der Hilfsbetriebe, eine Koppelimpedanz (19) und eine sekundärseitige Gleichrichterschaltung (30) aufweist,
- dadurch gekennzeichnet, dass der Sternpunkt (18) der Statorphasenwicklungen (1, 2, 3) der Drehfeldmaschine (4) über eine Koppelimpedanz (19) an einen Hilfsbrückenzeigegang (20) eines zwischen der positiven und der negativen Zwischenkreisspannungsschiene (9, 10) angeordneten Hilfsbrückenzeiges (21) gelegt ist, wobei der Hilfsbrückenzeig (21) als Zweipunktschalter oder als Dreipunktschalter realisiert ist,
- und bei der Realisierung als Zweipunktschalter eine gleiche Struktur wie ein Brückenzeig (11, 12, 13) des Dreiphasenpulswechselrichters (8), also einen zwischen der positiven Zwischenkreisspannungsschiene (9) und dem Hilfsbrückenzeigegang (20) liegenden oberen Hilfs-Leistungstransistor (14a) und einen zwischen dem Hilfsbrückenzeigegang (20) und der negativen Zwischenkreisspannungsschiene (10) liegenden unteren Hilfs-Leistungstransistor (15a) aufweist, wobei antiparallel zu den Hilfs-Leistungstransistoren Hilfs-Freilaufdioden (16a, 17a) angeordnet sind, und der Hilfsbrückenzeig (21) die Funktion eines elektronischen Umschalters zwischen positiver und negativer Zwischenkreisspannungsschiene (9, 10) übernimmt,
- und bei der Realisierung als Dreipunktschalter der Hilfsbrückenzeig (21) zwei obere Hilfs-Leistungstransistoren in Stromflussrichtung zwischen der positiven Zwischenkreisspannungsschiene (9) und dem Hilfsbrückenzeigegang (20) und eine weitere Serienschaltung von zwei unteren Hilfs-Leistungstransistoren in Stromflussrichtung zwischen dem Hilfsbrückenzeigegang (20) und der negativen Zwischenkreisspannungsschiene (10) geschaltet ist, wobei antiparallel zu jedem Leistungstransistor eine Freilaufdiode liegt,
- und vom Mittelpunkt eines kapazitiven Teilers der Zwischenkreisspannung eine obere Klemmdiode in Stromflussrichtung gegen den den beiden oberen Leistungstransistoren gemeinsamen Schaltungspunkt und eine weitere, untere Klemmdiode von dem beiden unteren Leistungstransistoren gemeinsamen Schaltungspunkt in Stromflussrichtung gegen den Mittelpunkt des kapazitiven Teilers geschaltet ist,
- und für eine Verbindung des Hilfsbrückenzeigengangs (20) mit der positiven Zwischenkreisspannungsschiene (9) die beiden oberen, und für eine Verbindung des Hilfsbrückenzeigengangs (20) mit der negativen Zwischenkreisspannungsschiene (10) die beiden unteren Hilfs-Leistungstransistoren durchschaltbar sind, und eine bidirektionale Verbindung des Hilfsbrückenzeigengangs (20) mit dem kapazitiven Zwischenkreisspannungsmittelpunkt durch Einschalten der beiden direkt mit dem Hilfsbrückenzeigegang (20) verbundenen Hilfs-Leistungstransistoren erreichbar ist,
- und wobei zu jeder Statorphasenwicklung (1, 2, 3) eine gleichsinnige magnetisch gekoppelte Primärphasenwicklung vorgesehen ist, wobei die Primärphasenwicklungen in einer primärseitigen Dreiphasenserienschaltung verbunden sind, deren erstes Ende an einen Mittelpunkt der Zwischenkreisspannung gelegt ist,
- und deren zweites Ende an den Hilfsbrückenzeigegang (20) gelegt ist, und weiters magnetisch gekoppelt mit den Primärphasenwicklungen gleichsinnige Sekundärphasenwicklungen angeordnet und in Dreiphasenserienschaltung zusammengeschaltet sind,
- wobei ferner die Wicklungsanfänge der Sekundärphasenwicklungen (22, 23, 24) auf der dem Sternpunkt (18) abgewandten Seite liegen und der Wicklungsanfang einer ersten Sekundärphasenwicklung (22) an das Wicklungsende einer zweiten Sekundärphasenwicklung (23) gelegt und der Wicklungsanfang der zweiten Sekundärphasenwicklung (23) mit dem Wicklungsende einer dritten Sekundärphasenwicklung (24) verbunden ist und der Wicklungsanfang der dritten Sekundärphasenwicklung (24) so einen ersten Sekundärwicklungsanschluss (25) und das Wicklungsende der ersten Sekundärphasenwicklung (22) einen zweiten Sekundärwicklungsanschluss (25) einer Sekundär-Dreiphasenserienschaltung (27) der Sekundärphasenwicklungen (22, 23, 24) bildet,
- und so zwischen den Sekundärwicklungsanschlüssen (25, 26) nur Nullanteile der Spannungen über den Statorphasenwicklungen (1, 2, 3), jedoch keine mit der Drehfeldbildung der Drehfeldmaschine (4) verknüpften Spannungsanteile auftreten, womit die Energieübertragung zwischen den, die Primärwicklungen eines DC/DC-Konverters bildenden Statorphasenwicklungen (1, 2, 3) und der Sekundär-Dreiphasenserienschaltung (27) durch einen Nullflussanteil, also entkoppelt von der Drehmomentbildung der elektrischen Maschine (4) erfolgen kann, und weiters die an der Sekundär-Dreiphasenserienschaltung (27) in Form der dreifachen transformierten, durch die Ausgangsspannung des Dreiphasenpulswechselrichters (8) in Verbindung mit der Taktung des Hilfsbrückenzeiges (21) erzeugte Spannungsnull-

komponente gleichgerichtet wird, d.h. die Sekundärwicklungsanschlüsse (25, 26) im einfachsten Fall an die Eingänge (28, 29) einer Gleichrichterschaltung (30) geführt sind, zwischen deren positiver Ausgangsspannungsschiene (31) und negativen Ausgangsspannungsschiene (32) direkt die die Hilfgleichspannung stützende Batterie (33) angeordnet ist.

4. Vorrichtung in Form eines Drehstromantriebssystems mit nullspannungsgesteuertem Hochfrequenztrafo zur Realisierung einer bidirektionalen Kopplung der Antriebsversorgungsspannung mit einer Hilfgleichspannung, wobei das Drehstromantriebssystem einen eine elektrische Drehfeldmaschine (4) mit Sternpunkt (18) der Statorphasenwicklungen (1, 2, 3) speisenden Dreiphasenpulswechselrichter (8), eine positive und eine negative Zwischenkreisspannungsschiene (9, 10) zur Speisung des Dreiphasenpulswechselrichters (8), eine Batterie (33) zur Stützung einer Spannung der Hilfsbetriebe, eine Koppelimpedanz (19) und eine sekundärseitige Gleichrichterschaltung (30) aufweist,
- dadurch gekennzeichnet, dass der Sternpunkt (18) der Statorphasenwicklungen (1, 2, 3) der Drehfeldmaschine (4) über eine Koppelimpedanz (19) an einen Hilfsbrückenzeigang (20) eines zwischen der positiven und der negativen Zwischenkreisspannungsschiene (9, 10) angeordneten Hilfsbrückenzeiges (21) gelegt ist, wobei der Hilfsbrückenzeig (21) als Zweipunktschalter oder als Dreipunktschalter realisiert ist,
- und bei der Realisierung als Zweipunktschalter eine gleiche Struktur wie ein Brückenzeig (11, 12, 13) des Dreiphasenpulswechselrichters (8), also einen zwischen der positiven Zwischenkreisspannungsschiene (9) und dem Hilfsbrückenzeigang (20) liegenden oberen Hilfs-Leistungstransistor (14a) und einen zwischen dem Hilfsbrückenzeigang (20) und der negativen Zwischenkreisspannungsschiene (10) liegenden unteren Hilfs-Leistungstransistor (15a) aufweist, wobei antiparallel zu den Hilfs-Leistungstransistoren Hilfs-Freilaufdioden (16a, 17a) angeordnet sind, und der Hilfsbrückenzeig (21) die Funktion eines elektronischen Umschalters zwischen positiver und negativer Zwischenkreisspannungsschiene (9, 10) übernimmt,
 - und bei der Realisierung als Dreipunktschalter der Hilfsbrückenzeig (21) zwei obere Hilfs-Leistungstransistoren in Stromflussrichtung zwischen der positiven Zwischenkreisspannungsschiene (9) und dem Hilfsbrückenzeigang (20) und eine weitere Serienschaltung von zwei unteren Hilfs-Leistungstransistoren in Stromflussrichtung zwischen dem Hilfsbrückenzeigang (20) und der negativen Zwischenkreisspannungsschiene (10) geschaltet ist, wobei antiparallel zu jedem Leistungstransistor eine Freilaufdiode liegt, und vom Mittelpunkt eines kapazitiven Teilers der Zwischenkreisspannung eine obere Klemmdiode in Stromflussrichtung gegen den, den beiden oberen Leistungstransistoren gemeinsamen Schaltungspunkt und eine weitere, untere Klemmdiode von dem beiden unteren Leistungstransistoren gemeinsamen Schaltungspunkt in Stromflussrichtung gegen den Mittelpunkt des kapazitiven Teilers geschaltet ist, und für eine Verbindung des Hilfsbrückenzeigang (20) mit der positiven Zwischenkreisspannungsschiene (9) die beiden oberen, und für eine Verbindung des Hilfsbrückenzeigang (20) mit der negativen Zwischenkreisspannungsschiene (10) die beiden unteren Hilfs-Leistungstransistoren durchschaltbar sind, und eine bidirektionale Verbindung des Hilfsbrückenzeigang (20) mit dem kapazitiven Zwischenkreisspannungsmittelpunkt durch Einschalten der beiden direkt mit dem Hilfsbrückenzeigang (20) verbundenen Hilfs-Leistungstransistoren erreichbar ist, und wobei zu jeder Statorphasenwicklung (1, 2, 3) eine gleichsinnige magnetisch gekoppelte Primärphasenwicklung vorgesehen ist, wobei die Primärphasenwicklungen in einer primärseitigen Dreiphasenserienschaltung verbunden sind, deren erstes Ende an den Sternpunkt (18) der Statorphasenwicklungen (1, 2, 3) der Drehfeldmaschine (4) gelegt ist gelegt ist und deren zweites Ende an den Hilfsbrückenzeigang (20) oder an einen Mittelpunkt der Zwischenkreisspannung gelegt ist, und weiters magnetisch gekoppelt mit den Primärphasenwicklungen gleichsinnige Sekundärphasenwicklungen angeordnet und in Dreiphasenserienschaltung zusammengeschaltet sind, wobei ferner die Wicklungsanfänge der Sekundärphasenwicklungen (22, 23, 24) auf der dem Sternpunkt (18) abgewandten Seite liegen und der Wicklungsanfang einer ersten Sekundärphasenwicklung (22) an das Wicklungsende einer zweiten Sekundärphasenwicklung (23) gelegt und der Wicklungsanfang der zweiten Sekundärphasenwicklung (23) mit dem Wicklungsende einer dritten Sekundärphasenwicklung (24) verbunden ist und der Wicklungsanfang der dritten Sekundärphasenwicklung (24) so einen ersten Sekundärwicklungsanschluss (25) und das Wicklungsende der ersten Sekundärphasenwicklung (22) einen zweiten Sekundärwicklungsanschluss (25) einer Sekundär-Dreiphasenserienschaltung (27) der Sekundärphasenwicklungen (22, 23, 24) bildet, und so zwischen den Sekundärwicklungsanschlüssen (25, 26) nur Nullanteile der Spannungen über den Statorphasenwicklungen (1, 2, 3), jedoch keine mit der Drehfeldbildung der Drehfeldmaschine (4) verknüpften Spannungsanteile auftreten, womit die Energieübertragung zwischen den, die Primärwicklungen eines DC/DC-Konverters bildenden Statorphasenwicklungen (1, 2, 3) und der Sekundär-Dreiphasenserienschaltung (27) durch einen Nullflussanteil, also entkoppelt von der Drehmomentbildung der elektrischen Maschine (4) erfolgen kann, und weiters die an der Sekundär-Dreiphasenserienschaltung (27) in Form der dreifachen transformierten, durch die Ausgangsspannung des Dreiphasenpulswechselrichters (8) in Verbindung mit der Taktung des Hilfsbrückenzeiges (21) erzeugte Spannungsnullkomponente gleichgerichtet wird, d.h. die Sekundärwicklungsanschlüsse (25, 26) im einfachsten Fall an die Eingänge (28, 29) einer Gleichrichterschaltung (30) geführt sind, zwischen deren positiver Ausgangsspannungsschiene (31) und negativen Ausgangsspannungsschiene (32) direkt die die Hilfgleichspannung stützende Batterie (33) angeordnet ist.

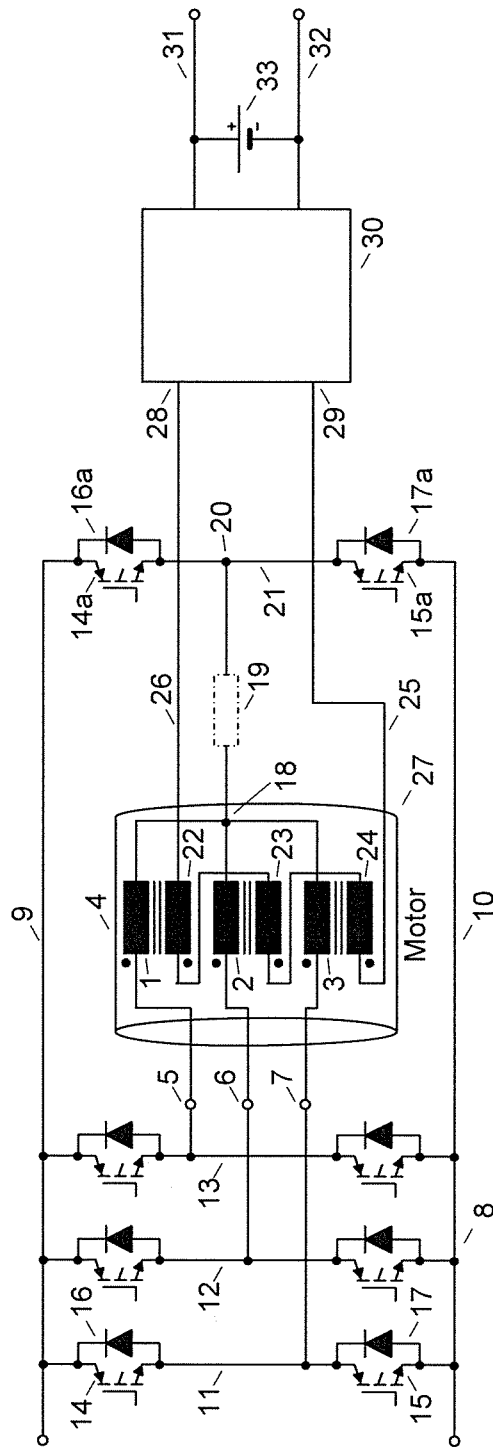


Fig. 1