

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 633/2011
(22) Anmeldetag: 05.05.2011
(43) Veröffentlicht am: 15.11.2012

(51) Int. Cl. : **H02M 1/14** (2006.01)
H02J 7/34 (2006.01)
G05F 1/67 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
CN 101534061 A DE 4441214 A1

(73) Patentanmelder:
FACHHOCHSCHULE TECHNIKUM WIEN
1200 WIEN (AT)

(72) Erfinder:
HIMMELSTOSS FELIX DIPL.ING. DR.
WR. NEUDORF (AT)
EDELMOSER KARL DIPL.ING. DR.
WIEN (AT)

(54) **VORRICHTUNG ZUR VERRINGERUNG DES OBERSCHWINGUNGSGEHALT IN EINEM KONVERTERSYSTEM**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Reduzierung des Oberschwingungsgehalt in einem Konvertersystem, bestehend aus getakteten Wandlern mit Ausgangsstromcharakteristik, die von Batterien, Brennstoffzellen, Solar-, thermoelektrischen Generatoren, u. ä. gespeist werden, die auf einen gemeinsamen Zwischenkreis speisen, von dem auch ein Wechselrichter versorgt wird. Bidirektionale Wandler dienen dazu, den Stromrippel im Zwischenkreis zu reduzieren, wobei ein erster bidirektionaler Wandler mit geringer Schaltfrequenz den größten Teil der Energie aufbringt, ein weiterer bzw. weitere bidirektionale Wandler mit höherer Schaltfrequenz aber geringerer Leistung den Rest ausgleichen.

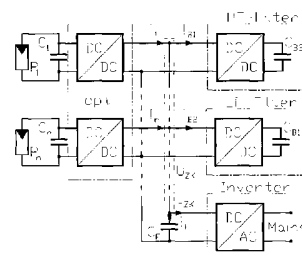


Fig. 2

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Reduzierung des Oberschwingungsgehalt in einem Konvertersystem, bestehend aus getakteten Wandlern mit Ausgangsstromcharakteristik, die von Batterien, Brennstoffzellen, Solar-, thermoelektrischen Generatoren, u. ä. gespeist werden, die auf einen gemeinsamen Zwischenkreis speisen, von dem auch ein Wechselrichter versorgt wird. Bidirektionale Wandler dienen dazu, den Stromrippel im Zwischenkreis zu reduzieren, wobei ein erster bidirektionaler Wandler mit geringer Schaltfrequenz den größten Teil der Energie aufbringt, ein weiterer bzw. weitere bidirektionale Wandler mit höherer Schaltfrequenz aber geringerer Leistung den Rest ausgleichen.

Fig. 2

Vorrichtung zur Verringerung des Oberschwingungsgehalt in einem Konvertersystem

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Reduzierung des Oberschwingungsgehalt in einem Konvertersystem, bestehend aus getakteten Wandlern mit Ausgangsstromcharakteristik, die von Batterien, Brennstoffzellen, Solar-, thermoelektrischen Generatoren, u. ä. gespeist werden, die auf einen gemeinsamen Zwischenkreis speisen, von dem auch ein Wechselrichter versorgt wird, bzw. eine Vorrichtung zur Reduzierung des Oberschwingungsgehalts in einem Konvertersystem, bestehend aus einer Quelle mit Innenwiderstand, wie Batterien, Brennstoffzellen, Solar-, Wind- oder thermoelektrischem Generator, die auf einen Zwischenkreis speist, von dem ein Wechselrichter in ein Netz oder in eine Last speist.

Solarzellen, Brennstoffzellen, Batterien, thermoelektrische Generatoren und ähnliche Energieumformer sollten im Punkt maximaler Leistung betrieben werden, um die zur Verfügung stehende Energie auch wirklich zu nutzen. Wird nun aus einer solchen Quelle Energie mit einem leistungselektronischen Konverter entnommen, so ist der Stromverlauf im Wesentlichen dreieck- oder trapezförmig. Dadurch verschiebt sich der Arbeitspunkt entsprechend um den Punkt der maximalen Leistung. Je größer die Stromschwankung, umso weiter bewegt sich der Arbeitspunkt. Die Schwankungen um den Arbeitspunkt erfolgen mit der Taktfrequenz des elektronischen Konverters. Um aus der Sicht der Quelle den Rippel klein zu halten, muss eine Kapazität parallel zur Quelle geschaltet werden. Je größer der Kondensator, umso kleiner werden die Schwankungen des Arbeitspunktes (es sei hier angemerkt, dass auch bei Batterien eine solche Überbrückung unbedingt notwendig ist). Ist nun eine solche Quelle, oder solche Quellen, das/die speisende/n Element/e eines Wechselrichters, dann muss der Kondensator am Eingang oder am Ausgang des leistungselektronischen Wandlers (oder beide zusammen) noch die Schwankung des Energiebedarfs, verursacht durch den erforderlichen sinusförmigen Netzstrom, ausgleichen. Dies erfordert einen viel größeren Kondensator als einen für den Ausgleich des vom leistungselektronischen Konverter verursachten Rippel erforderlichen. Am größten ist die Anforderung bei einem einphasigen Netz, da es hier große Schwankungen auszugleichen gibt, aber auch beim Antrieb von zweiphasigen Maschinen (hier gibt es sehr einfache Konverterstrukturen und da die Maschine auch nicht sehr aufwendig ist, gibt es hier ein großes Potential) ist noch immer eine entsprechend große Pufferung erforderlich.

In A 649/2010 wird eine Vorrichtung erläutert, bei der bei den einzelnen Quellen ein Kondensator angeordnet ist, der nur zum Ausgleich des vom leistungselektronischen Konverter verursachten Ripples dient. Der Ausgleich in Bezug auf das Netz wird durch ein aktives Filter, realisiert durch einen bidirektionalen Konverter, der einen auf höherer Spannung (und daher einen höheren Energieinhalt habenden) liegenden Kondensator lädt und entlädt, bewerkstelligt (Fig. 1).

Im Folgenden wird nun vorgeschlagen, diesen durch mindestens zwei Konverter zu ersetzen, wovon einer den Großteil ausgleichen muss, aber mit geringerer Schaltfrequenz arbeitet (NF-Filter) und einer (oder mehrere), hochfrequent (oder gar, wenn z.B. eine dritte Stufe verwendet wird, so kann diese dann sogar linear sein) arbeitend, den Rest ausgleicht/en.

Um die Erfindung einfach zu beschreiben, wird nun ein System mit nur einer Eingangsquelle beschrieben (Fig. 3). Die Quelle (P), symbolisiert durch einen Solargenerator, wird mit einem Kondensator (C_1) überbrückt und an den Wechselrichter (Inverter), der z.B. in das Netz speist (mains), angeschlossen. Als Zwischenenergiespeicher dienen die beiden Kondensatoren (C_{B1}) im niederfrequenten Filter (LF-Filter) und (C_{B2}) im hochfrequenten Filter (HF-Filter), die jeweils an einen Konverter (DC/AC im Bild) angeschlossen werden. Es sei hier angemerkt, dass dabei nur der Strom eine Wechselgröße ist, nicht jedoch die Spannung. Weiters sei angemerkt, dass der Ausdruck Filter sich auf die Funktion bezieht. Realisiert wird die Filterung aktiv durch entsprechende Stromaufnahme aus oder Stromabgabe in den Zwischenkreis. Der netzseitige Wechselrichter (Inverter) wird auch durch ein Sollsignal, das der Maximum Power Point Tracker (MPPT) liefert, gesteuert, der auch über ein PI-Glied (F_1) die niederfrequente Stromkomponente in einer Summierstufe (S_1) dem invertierten Stromsignal zuführt. Das Ausgangssignal der Summierstufe (S_1) stellt den Sollwert für das aktive LF-Filter dar. Das Strommesssignal wird über einen Hochpass (F_2) einer zweiten Summierstufe (S_2) zugeführt und dort mit dem Sollwert null verglichen. Das Ausgangssignal der zweiten Summierstufe (S_2) stellt den Sollwert für das aktive HF-Filter dar, das über einen Koppelkondensator (C_C) in den Zwischenkreis speist. Werden mehrere speisende Zweige verwendet, so speist jeder über einen Konverter mit Stromcharakteristik in den Zwischenkreis ein.

Die Erfindung wird nun an Hand der Bilder beschrieben. Fig. 1 zeigt den Stand der Technik an Hand von A 649/2010, Fig. 2 zeigt ein speisendes Mehrkonvertersystem und Fig. 3 eine detaillierte Darstellung bei Speisung mit nur einer Quelle mit Innenwiderstand. Fig. 4 zeigt

ein paar aussagekräftige Signalverläufe zu Fig. 3. Fig. 5 und Fig. 6 zeigt beispielhaft Ausformungen der Konverter die als aktive Filter verwendet werden können.

Fig. 1 zeigt zwei von n Quellen (P_1 bis P_n), die über einen DC/DC Wandler stromgeregelt in den Zwischenkreis mit der Spannung U_{ZK} speisen. Im Zwischenkreis liegt der Filterkondensator C_F . An den Zwischenkreis ist der Wechselrichter angeschlossen, der noch über ein Ausgangsfilter das Netz (mains), hier beispielhaft als einphasiges Netz gezeichnet, speist. Das aktive Filter wird durch einen strombidirektionalen Wandler mit sekundärseitiger Speicherkapazität C_B gebildet. Dadurch, dass die Energie von Kapazitäten proportional dem Quadrat der Spannung ist, kann in einem kleineren Kondensator bei entsprechender höherer Spannung genau soviel Energie gespeichert werden wie bei einem großen bei der Zwischenkreisspannung. Der DC/DC Wandler muss bei Überschuss Energie aus dem Zwischenkreis in den Speicherkondensator C_B pumpen und dann wieder zurückliefern, wenn mehr Energie ins Netz gespeist werden muss als die einzelnen Stränge mit den Wandlern mit Stromquellencharakteristik liefern. Jeder Wandler mit Stromquellencharakteristik wird z.B. bei Solargeneratoren mit einer Vorrichtung zum Auffinden des Punktes maximaler Leistung versehen und speist einen entsprechenden konstanten Strom in den Zwischenkreis.

Fig. 2 zeigt die neue Struktur. Auch hier sind zwei von n Quellen (P_1 bis P_n), die über einen DC/DC Wandler stromgeregelt in den Zwischenkreis mit der Spannung U_{ZK} speisen, dargestellt. Im Zwischenkreis liegt der Filterkondensator C_F . An den Zwischenkreis ist der Wechselrichter angeschlossen, der noch über ein Ausgangsfilter das Netz (mains), hier beispielhaft als einphasiges Netz gezeichnet, speist. Am Zwischenkreis sind hier zwei Konverter mit sekundärseitigem Speicherkondensator (C_{B1} , C_{B2}) angeschlossen. Ein Konverter (LF-Filter) taktet niederfrequent und hat daher nur geringe Schaltverluste und gleicht mit relativ großem Stromrippel die Energie im Zwischenkreis aus. Mit einem hohtaktenden Konverter kleiner Leistung (HF-Filter) werden die restlichen Schwankungen ausgeglichen.

Fig. 3 zeigt eine Vorrichtung mit nur einer Quelle (P_1), der ein Kondensator (C_1) parallel geschaltet ist. Zur Entkopplung der Strommessung (Strom durch die Quelle-Kondensator Parallelschaltung) dient die Diode D_1 . Das Strommesssignal wird neben der Zwischenkreisspannung einer Vorrichtung zur Bestimmung des Punktes maximaler Leistung (MPPT) zugeführt. Die beiden Konverter, die als Filter (LF-Filter, HF-Filter) arbeiten, sind primärseitig an den Zwischenkreis und sekundärseitig an einen Speicherkondensator (C_{B1} , C_{B2}) angeschlossen. Der Sollwert für den ins Netz speisenden Umrichter liefert die

Vorrichtung zur Ermittlung des Punktes maximaler Leistung (MPPT). Weiters ist in der Abbildung die Gewinnung der Sollwerte für die aktiven Filter dargestellt.

Fig. 4 zeigt von oben nach unten zuerst die Spannung am Solargenerator (hier beispielhaft gedacht), den Strom aus dem Solargenerator, (hierbei wurde kaum eine Filterung durchgeführt, die ganze Filterung erfolgt durch die aktiven Filter, eine Verbesserung erfolgt durch einen etwas größeren unmittelbar parallel zum Solargenerator liegenden Kondensator), den Strom des niederfrequenten Konverters und den Strom des hochfrequenten Konverters. Die Schwankung des Solargeneratorstroms ist sehr gering, der niederfrequent eingekoppelte Strom (eigentlich ein Wechselstrom, der DC/DC Konverter muss ein Zweiquadrantensteller sein) hat einen entsprechenden großen Rippel. Da die Schaltfrequenz nieder ist, sind die Schaltverluste im niederfrequenten aktiven Filter, obwohl die dortige Speicherkapazitätsspannung hoch ist, gering. Prinzipiell sei hier angemerkt, dass die Konverterschaltung auch mit soft-switching Schaltern ausgeführt werden könnte, um die Schaltverlust zu minimieren. Durch die Aufteilung in die zwei mit unterschiedlicher Frequenz taktenden Filter, kann das aber wohl unterbleiben. Im untersten Stromverlauf wird deutlich wie der hochfrequent taktende Konverter (HF-Filter) den Rest ausgleicht. Es sei hier noch einmal betont, dass dieser Konverter (HF-Filter) mit einer niedrigen Spannung an seinem Zwischenspeicherkondensator betrieben wird. Dadurch sind seine Schaltverluste ebenfalls gering. Fig. 5 zeigt eine beispielhafte Ausformung des Konverters der als aktives Filter hochfrequenten Filter verwendet werden kann und Fig. 6 zeigt eine beispielhafte Ausformung des Konverters der als aktives niederfrequenten Filter verwendet werden kann.

Die Aufgabe, den Oberschwingungsgehalt in einer Einspeisvorrichtung in ein einphasiges oder mehrphasiges Netz oder an eine ein- oder mehrphasige Last (Motorwicklung, Aktuator) zu reduzieren, erfolgt erfindungsgemäß dadurch, dass an den Zwischenkreis mindestens zwei bidirektionale Wandler angeschlossen sind, an deren Ausgangsseite ein Kondensator oder eine Parallelschaltung von Kondensatoren oder eine Kombination von in Serie und parallel geschalteten Kondensatoren oder anderer Energiespeicher oder Energiequellen geschaltet sind, wobei parallel zu den Eingängen der getakteten Wandler mit Ausgangsstromcharakteristik Kapazitäten entsprechend der verwendeten Schaltfrequenz zur Glättung der Eingangsspannung geschaltet und weiters die getakteten Wandler mit Ausgangsstromcharakteristik mit einer Vorrichtung zur Einstellung des Punktes der maximalen Leistung versehen sein können und die bidirektionalen Wandler dazu dienen, den Stromrippel im Zwischenkreis zu reduzieren, wobei ein bidirektionaler Wandler mit geringer Schaltfrequenz den größten Teil der Energie aufbringt und ein weiterer bidirektionaler Wandler bzw. weitere

bidirektionale Wandler mit höherer Schaltfrequenz aber geringerer Leistung den Rest ausgleichen bzw. dass an den Zwischenkreis mindestens zwei bidirektionale Wandler angeschlossen sind, an deren Ausgangsseite ein Kondensator oder eine Parallelschaltung von Kondensatoren oder eine Kombination von in Serie und parallel geschalteten Kondensatoren oder anderer Energiespeicher oder Energiequellen geschaltet sind und parallel zu den Klemmen der Quelle mit Innenwiderstand ein Kondensator geschaltet sein kann und der Generator zum Zwischenkreis über einen stromunidirektionalen Schalter angeschlossen ist, der Wechselrichter über eine Vorrichtung zur Bestimmung des maximalen Leistungspunktes der Quelle mit Innenwiderstand den Stromsollwert erhält und die bidirektionalen Wandler dazu dienen, den Stromrippel im Zwischenkreis zu reduzieren, wobei ein erster bidirektionaler Wandler mit geringer Schaltfrequenz den größten Teil der Energie aufbringt, wobei der Sollwert des ersten bidirektionalen Wandlers über ein PI-Glied einer ersten Summierstufe zugeführt und mit dem Stromistwert der aus der Quelle mit Innenwiderstand durch eine Strommessvorrichtung gewonnen wird, verglichen wird und ein weiterer bidirektionaler Wandler bzw. weitere bidirektionale Wandler mit höherer Schaltfrequenz aber geringerer Leistung den Rest ausgleichen, wobei der Sollwert des zweiten bzw. weiterer bidirektionalen/er Wandlers/Wandler über ein Hochpass einer zweiten bzw. weiterer Summierstufe/n zugeführt und mit dem Stromistwert aus der Quelle mit Innenwiderstand verglichen wird. Weiters kann vom Pufferkondensator des hochfrequenten Konverters ein linear gesteuertes Stellglied versorgt werden, das in den Zwischenkreis einspeist.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Reduzierung des Oberschwingungsgehalt in einem Konvertersystem, bestehend aus getakteten Wandlern mit Ausgangsstromcharakteristik, die von Batterien, Brennstoffzellen, Solar-, thermoelektrischen Generatoren, u. ä. gespeist werden, die auf einen gemeinsamen Zwischenkreis speisen, von dem auch ein Wechselrichter versorgt wird **dadurch gekennzeichnet, dass** an den Zwischenkreis mindestens zwei bidirektionale Wandler angeschlossen sind, an deren Ausgangsseite ein Kondensator oder eine Parallelschaltung von Kondensatoren oder eine Kombination von in Serie und parallel geschalteten Kondensatoren oder anderer Energiespeicher oder Energiequellen geschaltet sind.
2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** parallel zu den Eingängen der getakteten Wandler mit Ausgangsstromcharakteristik Kapazitäten entsprechend der verwendeten Schaltfrequenz zur Glättung der Eingangsspannung geschaltet sind.
3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 und 2 **dadurch gekennzeichnet, dass** die getakteten Wandler mit Ausgangsstromcharakteristik mit einer Vorrichtung zur Einstellung des Punktes der maximalen Leistung versehen sind.
4. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1, 2, 3 **dadurch gekennzeichnet, dass** die bidirektionalen Wandler dazu dienen, den Stromrippel im Zwischenkreis zu reduzieren, wobei ein bidirektionaler Wandler mit geringer Schaltfrequenz den größten Teil der Energie aufbringt und ein weiterer bidirektionaler Wandler bzw. weitere bidirektionale Wandler mit höherer Schaltfrequenz aber geringerer Leistung den Rest ausgleichen.
5. Vorrichtung zur Reduzierung des Oberschwingungsgehalts in einem Konvertersystem, bestehend aus einer Quelle mit Innenwiderstand, wie Batterien, Brennstoffzellen, Solar-, Wind- oder thermoelektrischem Generator, die auf einen Zwischenkreis speist, von dem ein Wechselrichter in ein Netz oder in eine Last speist **dadurch gekennzeichnet, dass** an den Zwischenkreis mindestens zwei bidirektionale Wandler angeschlossen sind, an deren Ausgangsseite ein Kondensator oder eine Parallelschaltung von Kondensatoren oder eine Kombination von in Serie und parallel geschalteten Kondensatoren oder anderer Energiespeicher oder Energiequellen geschaltet sind.

6. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** parallel zu den Klemmen der Quelle mit Innenwiderstand ein Kondensator geschaltet ist und dass der Generator zum Zwischenkreis über einen stromunidirektionalen Schalter angeschlossen ist.
7. Vorrichtung gemäß Anspruch 5 und 6 **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wechselrichter über eine Vorrichtung zur Bestimmung des maximalen Leistungspunktes der Quelle mit Innenwiderstand den Stromsollwert erhält.
8. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 5, 6, 7 **dadurch gekennzeichnet, dass** die bidirektionalen Wandler dazu dienen, den Stromrippel im Zwischenkreis zu reduzieren, wobei ein erster bidirektionaler Wandler mit geringer Schaltfrequenz den größten Teil der Energie aufbringt, wobei der Sollwert des ersten bidirektionalen Wandlers über ein PI-Glied einer ersten Summierstufe zugeführt und mit dem Stromistwert der aus der Quelle mit Innenwiderstand durch eine Strommessvorrichtung gewonnen wird, verglichen wird und ein weiterer bidirektionaler Wandler bzw. weitere bidirektionale Wandler mit höherer Schaltfrequenz aber geringerer Leistung den Rest ausgleichen, wobei der Sollwert des zweiten bzw. weiterer bidirektionalen/er Wandlers/Wandler über ein Hochpass einer zweiten bzw. weiterer Summierstufe/n zugeführt und mit dem Stromistwert aus der Quelle mit Innenwiderstand verglichen wird.
9. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 **dadurch gekennzeichnet, dass** vom Pufferkondensator des hochfrequenten Konverters ein linear gesteuertes Stellglied versorgt wird, das in den Zwischenkreis einspeist.

Figuren

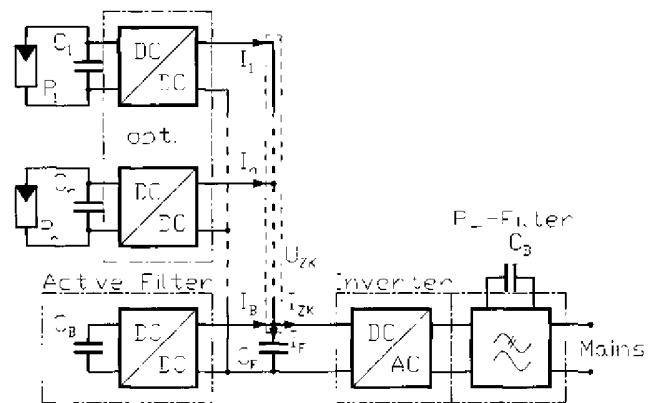


Fig. 1

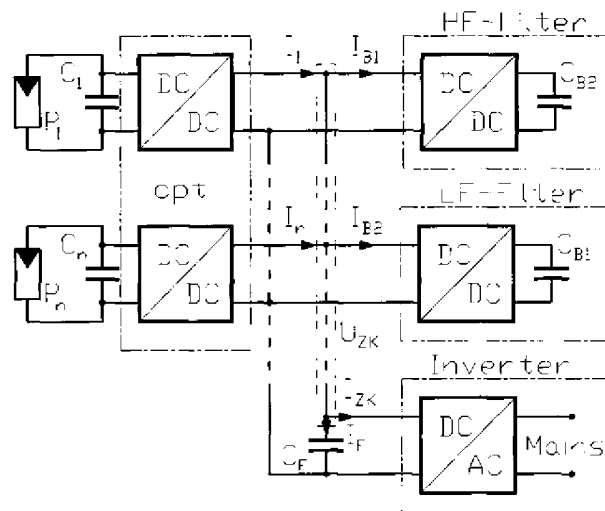


Fig. 2

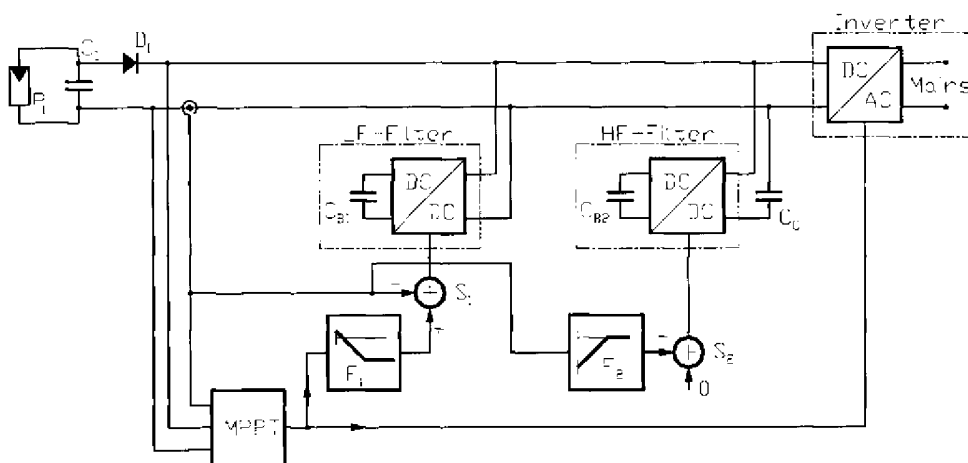


Fig. 3

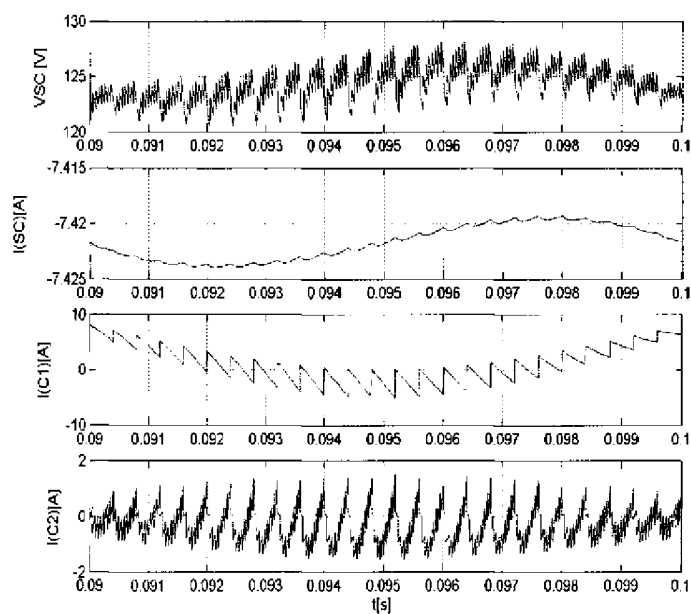


Fig. 4

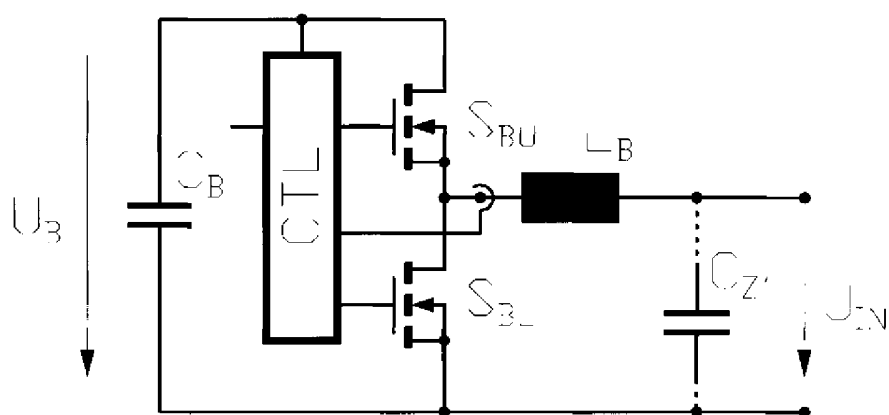


Fig. 5

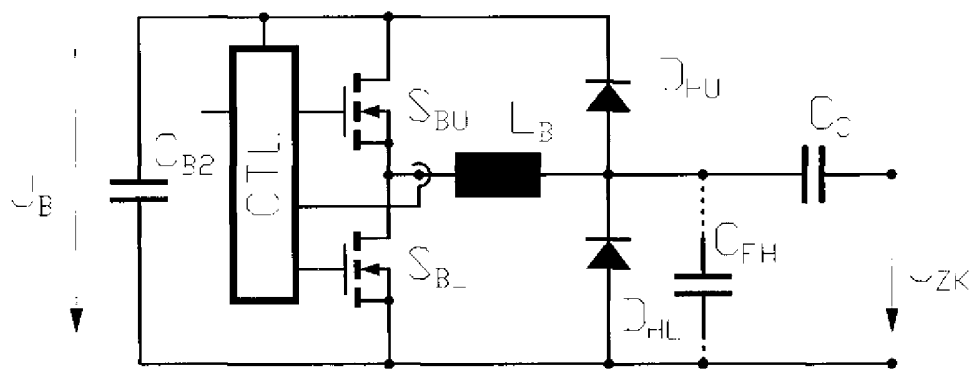


Fig. 6



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC: H02M 1/14 (2006.01); H02J 7/34 (2006.01); G05F 1/67 (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß ECLA: H02M 1/14B; H02J 7/34C; G05F 1/67		
Recherchierter Prüfstoß (Klassifikation): G05F, H02J, H02M		
Konsultierte Online-Datenbank: WPI, EPDOC, IEEE		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 5. Mai 2011 eingereichten Ansprüchen 1-9 erstellt.		
Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	CN 101534061 A (FUZHOU UNIVERSITY) 16. September 2009 (16.09.2009) Zusammenfassung; Fig. 4, 10, 13.	1-9
A	DE 4441214 A1 (ANT NACHRICHTENTECHNIK GMBH, 71522 BACKNANG, DE, ROBERT BOSCH GMBH, 70469 STUTTGART, DE) 30. Mai 1996 (30.05.1996) Das ganze Dokument.	1-9
Datum der Beendigung der Recherche: 27. Juli 2012		☐ Fortsetzung siehe Folgeblatt Prüfer(in): MEHLMAUER A.
¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldungs- gegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein älteres Recht hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		