



REPUBLIK
ÖSTERREICH
Patentamt

(10) Nummer: **AT 409 692 B**

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: A 927/99
(22) Anmeldetag: 25.05.1999
(42) Beginn der Patentedauer: 15.02.2002
(45) Ausgabetag: 25.10.2002

(51) Int. Cl.⁷: **H02M 7/5387**
H03F 3/217

(56) Entgegenhaltungen:
EP 0554903A2

(73) Patentinhaber:
HIMMELSTOSS FELIX DIPL.ING. DR.TECHN.
A-2351 WR. NEUDORF, NIEDERÖSTERREICH
(AT).
(72) Erfinder:
HIMMELSTOSS FELIX DIPL.ING. DR.TECHN.
WR. NEUDORF, NIEDERÖSTERREICH (AT).
EDELMOSE KARL DIPL.ING. DR.TECHN.
WIEN (AT).

(54) SPANNUNGSKOMPENSIERTE D-VERSTÄRKER ALS MEHRPHASENQUELLE

AT 409 692 B

(57) Wandlerschaltungen zur Erzeugung von Mehrphasenspannungen mit Hilfe spannungskompensierter D-Verstärker, aufgebaut mit komplementär angesteuerten strombidirektionalen Schaltern und in Reihe geschalteten Filtern und analoger Kompensationsspannungsquellen. Besonders vorteilhaft ist, daß durch entsprechende Ansteuerung Mehrphasenspannungen beliebiger Form erzeugt werden können. Die Anwendung liegt in der Erzeugung von Drehstrominseln, Einspeisevorrichtungen in Energieversorgungsnetzen, Ansteuerschaltungen von Mehrphasenmotoren und Netzspannungssimulatoren.

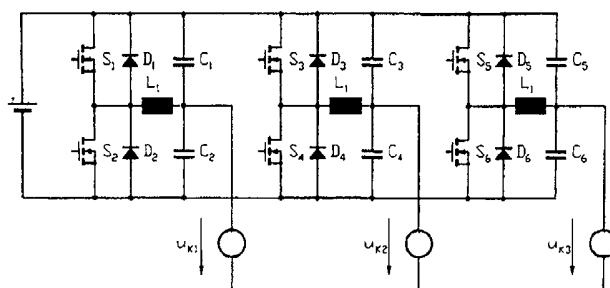


Fig. 1

Die Erfindung bezieht sich auf Wandler-schaltungen zur Umformung von Gleichspannungen in Mehrphasenspannungen an einer Last mit Hilfe spannungskompensierter D-Verstärker, aufgebaut mit komplementär angesteuerten strombidirektionalen Schaltern (Antiparallelschaltung eines aktiven Halbleiterschalters wie Bipolartransistor, MOSFET, IGBT, GTO, MCT, SIT(h) mit einem passiven Schalter (Diode)) und in Reihe geschalteten Filtern und Kompensationseinrichtungen.

Die Betriebsgleichspannung kann je nach Anwendungsfall von einer Batterie, Solarzellen, Brennstoffzellen geliefert werden, oder durch Gleichrichtung aus dem Ein- oder Mehrphasennetz, bzw. durch Gleichrichtung der Ausgangsspannung von Wechsel- oder Drehstromgeneratoren und anschließender, eventuell auch nur grober Filterung, gewonnen werden.

Zur Realisierung einer Dreiphasenquelle werden drei D-Verstärker verwendet. In diesen wird mit Hilfe verschiedener Modulationsverfahren z.B. Pulsbreitenmodulation, Sigma-Delta Modulation aus dem Referenzsignal (U_{in}) (bzw. einem digital übermittelten Vorgabewert, der dann direkt weiter verarbeitet werden kann) ein digitales Signal erzeugt, das mit Hilfe einer (Halb- oder Voll-) Brückenschaltung in der Amplitude verstärkt wird und in einer anschließenden Filterstufe in das gewünschte, verstärkte Analogsignal umgeformt wird. Verwiesen sei in diesem Zusammenhang auf den Artikel „Multi-purpose Half-Bridge DC-AC Converter, Himmelstoss, F.A. & K.H. Edelmöser, INTELEC'95, Oct. 29 - Nov. 1, 1995, The Hague, The Netherlands, pp. 684 - 689“. Einen Überblick über verschiedene Modulationsverfahren findet man in dem Artikel „Interpolative Sigma Delta Modulators for High Frequency Power Electronics Applications, Glen Lucijiff, Ian Dobson & Deepak Divan, PESC'95, Atlanta, pp. 444-449“. Weiters sei auf einen im Artikel „Class-D Amplifier Simulation Problems, Himmelstoss, F.A. & K.H. Edelmöser, IPEC-Yokohama'95, April 3-7, 1995, Yokohama, Japan, pp. 255-258“ untersuchten D-Verstärker hingewiesen.

Als Referenzspannung dient bei der Erzeugung einer Dreiphasenspannung ein Sinussignal (oder bei der Anwendung als Drehstrommotoransteuerung kann auch eine Spannung mit bestimmtem Oberschwingungsanteil verwendet werden), das als Referenzwert für die einzelnen Phasen entsprechend phasenverschoben ist, damit ein symmetrisches Drehstromsystem entsteht. Es kann natürlich auch jede Phase einzeln geregelt werden. Das Verfahren ist natürlich nicht auf Dreiphasensysteme begrenzt. Es läßt sich auf alle Mehrphasensysteme anwenden.

Besonders vorteilhaft bei der hier besprochenen Schaltung ist die Tatsache, daß durch entsprechende Ansteuerung Spannungen beliebiger Form erzeugt werden können. Ebenso ist das System geeignet, Sinusspannungen und Trapezspannungen mit vorgebbarer Frequenz zur Ansteuerung von Drehstrommaschinen zu verstärken und den erforderlichen Filteraufwand zu reduzieren. Eine weitere Anwendung kann in der Realisierung von hochqualitativen dreiphasigen Netzspannungssimulatoren liegen.

Im Gegensatz zu klassischen D-Verstärkern, wo die Last ein fixer, in seinen Parametern nur sich gering ändernder Lautsprecher ist, ändert sich die Last bei Betrieb als Spannungsquelle je nach Anwendung und auch entsprechend der Zeit. Um die erforderliche Kompensationsspannung klein zu halten, muß das Lastverhalten in die Sollwertbildung des Reglers miteinbezogen werden. Andererseits ist bei der Anwendung als Spannungsquelle der Frequenzbereich limitiert. Bei der Erzeugung eines Inselnetzes bzw. bei der Einspeisung in ein bestehendes Mehrphasennetz ist die Frequenz fix, bei der Versorgung von drehzahlvariablen Antrieben ist der Frequenzbereich (verglichen mit Audioanwendungen) klein.

In EP 0554903 A2 (TOSHIBA) werden verlustarme Entlastungsnetzwerke zur Beschaltung von abschaltbaren Thyristoren behandelt. Das Entlastungsverfahren wird auch bei dreiphasigen Umrichtern angewendet. Es wird dabei im Entlastungsnetzwerk eine Stromquelle benutzt. Diese dient jedoch nur zur Entlastung. In der gegenständlichen Erfindung wird jedoch der Fehler der Ausgangsspannung eines drei- oder mehrphasigen Umrichters durch eine gesteuerte Strom- bzw. gesteuerte Spannungsquelle kompensiert.

Aufbauend auf AT 405705 B wird das Verfahren auf Mehrphasenspannungen ausgeweitet. Die Kompensationsquelle wird als Spannungsquelle in Serie mit der Ausgangsspannung (Fig.1) einer Halbbrücke mit Ausgangsfilter bzw. als Stromquelle parallel (Fig.2) geschaltet. Die Bilder zeigen den Aufbau einer Dreiphasenquelle.

Die Bilder zeigen eine Dreiphasenquelle mit Spannungskompensation (Fig.1) bzw. mit Stromkompensation (Fig.2) beispielhaft aus MOSFET Halbbrücken aufgebaut. Figur 3 zeigt den grundsätzlichen Aufbau für eine Phase, wie er für konstante Lasten sinnvoll ist. Hat man veränderliche

Lasten, so ist es sinnvoll, den Kompensator entsprechend der Last zu adaptieren (Fig.4). Schließlich stellt Fig.5 die Regeleinrichtung samt Adaption dar. Um kleinere Kompensationssignale zu erhalten, wird die Last in die Filternachbildung im Sollwertpfad einbezogen. Figur 6 stellt allgemein eine geschaltete Dreiphasenquelle mit Glättungsfiltren und Kompensatoren dar.

5 Figur 5 zeigt den Aufbau einer Phase des gegenständlichen Systems. Das zu verstärkende Signal (U_{in}) wird neben der Modulationseinheit (3) zur Erzeugung des digitalen Signals einer Filternachbildung (9) mit angeschlossener Verzögerung (10) zur Erzeugung des Sollwerts (U_{soll}) für den Regler (11) zugeführt. Durch diese Einrichtung wird die Signalverzögerung des Digitalverstärkers (darunter wird Modulationseinheit (3), Leistungs-Brückenschaltung (1) und Ausgangsfilter (2)
10 verstanden) ausgeglichen. Der so erzeugte Sollwert (U_{soll}) wird mit dem reduzierten Spannungssignal (U_{Last}) der Last (U_{out}) als Istwert verglichen (Meßwerterfassung (12)) und einem Regler (11) zugeführt. Die Verwendung der Filternachbildung (9), sowie die Laufzeitkompensation (10) ist für die Funktion maßgeblich. Der Regler (11) steuert dann die Kompensationsspannungsquelle (7). Bei stark variablen Lasten (z.B. bei der Verwendung als allgemeines Mehrphasennetz) wird die
15 Last identifiziert und die Filternachbildung (9) mit Hilfe der Adaptionsvorrichtung (14) entsprechend verändert. Dies führt zu einer Verringerung der erforderlichen Kompensationsleistung.

Die Kompensationsquelle (7) kann z.B. mit einer analogen komplementären Gegentaktendstufe, durch einen Analogverstärker, dessen Ausgangsspannung mit Hilfe eines Transformators eingekoppelt wird, bzw. durch einen entsprechend hochdynamisch gestalteten weiteren D-Verstärker
20 oder Schaltnetzteil (zur Erhöhung der Dynamik auch bidirektional) realisiert sein. Als besonders vorteilhaft ist die Tatsache anzusehen, daß die von der Kompensationsquelle (7) aufzubringende Leistung nur einige Prozent der Gesamtleistung beträgt. Dies führt zu einem entsprechend hohen Wirkungsgrad der Gesamtanordnung.

Bei der praktischen Realisierung kann sowohl der Modulatorteil (3), als auch der Regler (8) für
25 die Kompensationsspannungsquelle (bestehend aus Filternachbildung (9), Zeitverzögerung (10), Soll-Ist-Vergleich (13) und Regler (11)) digital mit einem Signalprozessor erzeugt werden. Ebenso kann die Optimierung des Reglers bzw. die Bestimmung der optimalen Verzögerungszeit bei der ersten Inbetriebnahme mit einer bestimmten Last mit Hilfe des Prozessors durchgeführt werden, bzw. mit Hilfe einer Adaption während des Betriebes selbsttätig optimiert werden.

30 Die Schaltfrequenz wird dem Anwendungszweck entsprechend gewählt, wobei eine höhere Frequenz eine Verringerung des Ausgangsspannungsrippels und daher eine geringere Kompensationsspannung (kleinere Leistung, die vom analogen Verstärkerteil aufgebracht werden muß) mit sich bringt und auch in Hinblick auf die Dimensionierung des Ausgangsfilters (Drosseln und Kondensatoren) zweckmäßig ist.
35

PATENTANSPRÜCHE:

- 40 1. Anordnung zur Erzeugung von Mehrphasenquellen, bestehend aus strombidirektionalen getakteten Halbbrücken mit Filtren und im Verhältnis dazu hochdynamischen Quellen mit Regelvorrichtungen zur Erzeugung einer dem Steuersignal (analoge Eingangsspannung oder digitaler Vorgabewert) proportionalen Ausgangsspannung, **dadurch gekennzeichnet, daß** in Serie zum jeweiligen Phasenverstärker, der aus einer Halbbrücke mit nachgeschaltetem Ausgangsfilter besteht, eine geregelte Spannungsquelle angeordnet ist bzw.
45 parallel zum jeweiligen Phasenverstärker, der aus einer Halbbrücke mit nachgeschaltetem Ausgangsfilter besteht, eine regelbare Stromquelle parallel geschaltet ist.
2. Anordnung gemäß Anspruch 1 und 2 **dadurch gekennzeichnet, daß** die Regelung für jede Phase getrennt erfolgt.
3. Anordnung gemäß Anspruch 1 und 2 **dadurch gekennzeichnet, daß** die Regelung nur für
50 eine Phase erfolgt, die Steuersignale der verbleibenden Phasen werden von den Signalen der Regeleinrichtung der geregelten Phase oder deren Stellsignal abgeleitet.
4. Anordnung gemäß Anspruch 1 bis 4 **dadurch gekennzeichnet, daß** in die Regelung das Lastverhalten einbezogen werden kann.
5. Anordnung gemäß Anspruch 5 **dadurch gekennzeichnet, daß** das Lastverhalten durch
55 adaptive Veränderung der Sollwertaufbereitung einbezogen wird.

AT 409 692 B

HIEZU 2 BLATT ZEICHNUNGEN

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

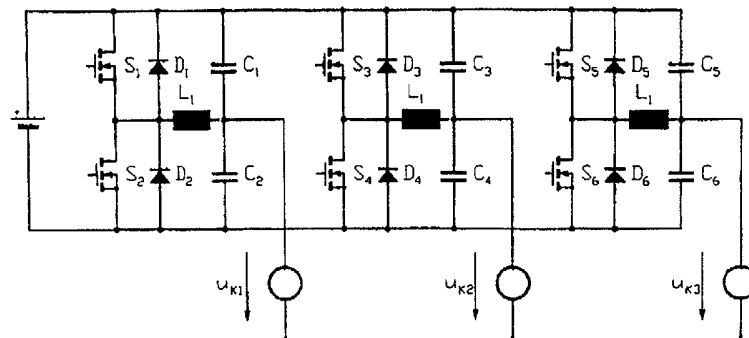


Fig. 1

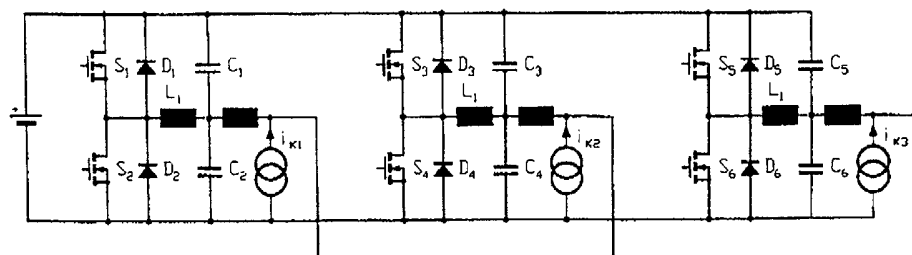


Fig. 2

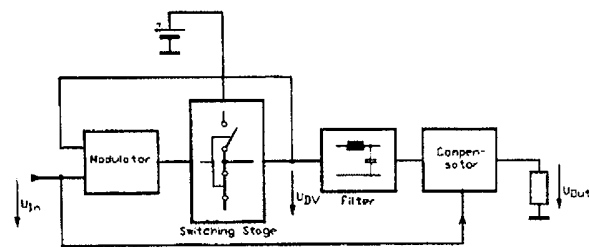


Fig. 3

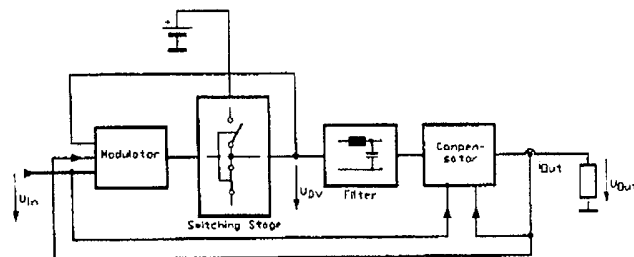


Fig. 4

