



CH 687 946 A5



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 687 946 A5

51 Int. Cl.⁶: H 02 M 007/48
H 02 P 007/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 03800/93

22 Anmeldungsdatum: 21.12.1993

30 Priorität: 23.12.1992 US A993,879

24 Patent erteilt: 27.03.1997

45 Patentschrift veröffentlicht: 27.03.1997

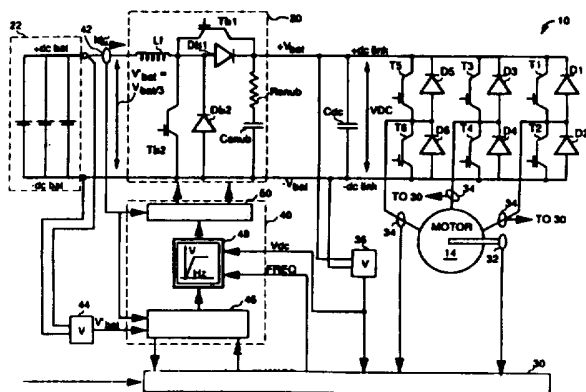
73 Inhaber:
General Electric Company, 1, River Road,
Schenectady/NY (US)

72 Erfinder:
De Doncker, Rik Wivina Anna Adelson,
Schenectady/NY (US)
King, Robert Dean, Schenectady/NY (US)

74 Vertreter:
Ritscher & Seifert Patentanwälte VSP,
Kreuzstrasse 82, 8032 Zürich (CH)

54 Elektrische Antriebsschaltung.

57 Die elektrische Antriebsschaltung enthält einen bidirektionalen Gleichspannungswandler (20), der als Leistungshalbleiter-Trennschaltung ausgebildet ist, die zwischen einer Batterie (22) oder einem zusätzlichen Energiespeicher und einem Leistungs-Wechselrichter (10) angeordnet ist. Die Halbleiter-Trennschaltung (20) erhöht die von der Batterie (22) zugeleitete Gleichspannung und trennt die erhöhte Speisegleichspannung für den Wechselrichter (10) von der zugeleiteten Gleichspannung ($d_{c\text{bat}}$). Auf diese Weise ist die von der Trennschaltung (20) gelieferte Speisegleichspannung für den Wechselrichter (10) praktisch unabhängig von der von der Batterie (22) zugeleiteten Gleichspannung und den Parametern der Batterie (22) oder des Energiespeichers. Die zugeleitete Gleichspannung wird entsprechend einer vorgegebenen Motor-Drehmoment-Hüllkurve auf einen maximalen Wirkungsgrad der Antriebsschaltung gesteuert.



CH 687 946 A5

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektrische Antriebsschaltung, gemäss Anspruch 1, bei dem die Spannung einer Treiberbatterie oder eines zusätzlichen Energiespeichers von der Gleichspannungs-Speiseleitung eines mit Wechselstrom getriebenen Elektroantriebs getrennt und dadurch deren Zuverlässigkeit und Wirkungsgrad verbessert ist.

Die gegenwärtig gebräuchlichen elektrischen Fahrzeug-Antriebssysteme erfordern zunehmend ein höheres Drehmoment und erhöhte Leistung, um den Anspruch nach einer erhöhten Fahrzeugbeschleunigung und Steigungsfähigkeit zu erfüllen. Dabei müssen verkaufbare elektrische Fahrzeug-Antriebssysteme zu minimalen Kosten und mit minimaler Grösse und minimalem Gewicht herstellbar sein. Während der vergangenen 10 Jahre, als Halbleiter für höhere Spannungen erhältlich wurden, hat die Industrie die Leistung von elektrischen Antriebssystemen durch Steigern der Systemspannung (d.h. der Speisegleichspannung) von etwa 100 V auf 300 V erhöht. Diese Erhöhung der Speisegleichspannung ermöglicht, im Wechselrichter Leistungshalbleiter mit höherem Spannungs- und mit geringerem Stromwert zu verwenden und dadurch die Grösse und die Kosten der elektrischen Antriebssysteme in vorteilhafter Weise zu verringern. Mit Ausnahme der Batterie ist der Wechselrichter das teuerste Untersystem im gesamten elektrischen Antriebssystem und die als Schalter verwendeten Leistungselemente sind die teuersten Bauelemente im Wechselrichter. Für die typischen Spannungswerte solcher Antriebssysteme steigen die Kosten der Leistungshalbleiter rascher in Abhängigkeit vom maximal zulässigen Strom als von der maximal zulässigen Spannung.

Das Steigern der Gleichspannung des Systems hat eine wesentliche Verbesserung des Wirkungsgrads bei gleichzeitiger Verringerung der Kosten ermöglicht. Das Steigern der Spannung im Gleichspannungsteil des System erfordert aber auch, dass die Batterie für relativ hohe Spannungen (typisch sind nominell 300 V) ausgelegt ist, was durch die Konstruktion von Batteriezellen für geringen Strom und das Zusammenschalten einer grossen Anzahl solcher Zellen (mit z.B. 2 V) in Serie erreicht wurde. Der Nachteil dieser Anordnung ist die durch ungenaue Anpassung der Kapazität der einzelnen Zellen bewirkte verringerte Zuverlässigkeit und Betriebsdauer. Je grösser die Anzahl der in Serie geschalteten Zellen ist, um so grösser ist die Wahrscheinlichkeit, dass die einzelnen Zellen unterschiedliche Eigenschaften haben. Das gesamthaft zulässige Batteriegewicht begrenzt ebenfalls die Anzahl der zur Bildung von Modulen in Serie zu schaltenden einzelnen Zellen, weshalb die parallel angeschlossenen Moduln die Zuverlässigkeit der gesamten Batterie weiter verringern.

Der vorliegenden Erfindung lag darum die Aufgabe zu Grunde, das Problem der Zuverlässigkeit der hohen Spannung führenden Batterie zu lösen und durch Trennen des oder der Energiespeicher von der Gleichspannungs-Speiseleitung für den Wechselrichter den Wirkungsgrad eines elektri-

schen Wechselstrom-Antriebssystems zu verbessern.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss mit einer elektrischen Antriebsschaltung gemäss dem Patentanspruch 1 gelöst.

Die Leistungshalbleiter enthaltende, als bidirektionaler Gleichspannungswandler ausgebildete Kopplungselektronik ermöglicht, die Batterie oder den Energiespeicher mit einer Spannung, die deren Zuverlässigkeit und Betriebsdauer wesentlich verbessert, zu verwenden und darüber hinaus die Eingangsgleichspannung für die Antriebsschaltung mit Hilfe dieser Kopplungselektronik zu steuern, um eine höchstmögliche Effizienz zu erreichen und die Belastung der Bauelemente des Wechselrichters für vorgegebene Bedingungen von Drehmoment und Geschwindigkeit kleinstmöglich zu halten.

Nachfolgend werden einige Ausführungsbeispiele der erfindungsgemässen elektrischen Antriebsschaltung mit Hilfe der Figuren beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 Die schematische Darstellung einer herkömmlichen elektrischen Antriebsschaltung, dessen Wechselrichter direkt mit einer Batterie verbunden ist;

Fig. 2 Die schematische Darstellung einer erfindungsgemässen elektrischen Antriebsschaltung mit einer Kopplungselektronik;

Fig. 3 Die graphische Darstellung der Leistungsgleichspannung gegen die Motorgeschwindigkeit und die sich daraus bspw. ergebende Drehmoment-Hüllkurve zur Steuerung einer elektrischen Antriebsschaltung entsprechend der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4 Die schematische Darstellung einer anderen Ausführungsform der erfindungsgemässen Antriebsschaltung;

Fig. 5 Die schematische Darstellung noch einer anderen Ausführungsform der erfindungsgemässen elektrischen Antriebsschaltung und

Fig. 6 Die schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemässen elektrischen Antriebsschaltung.

Die Fig. 1 zeigt ein gebräuchliches elektrisches Antriebssystem mit einem Wechselrichter 10, der direkt mit einer Batterie 12 verbunden ist, um einen Motor 14 zu treiben. Der Motor 14 kann irgendein geeigneter Typ einer Wechselstrommaschine sein, beispielsweise eine Induktionsmaschine, eine mit einem inneren oder äusseren Permanentmagneten ausgerüstete Induktionsmaschine, ein elektrisch umpolbarer Motor oder eine geschaltete Reluktanzmaschine. Zwischen die Zuleitungen der Gleichspannung V_{dc} ist ein Eingangs-Filterkondensator C_{dc} angeschlossen. Der Wechselrichter 10 ist als 3-Phasen Wechselrichter ausgebildet mit in jeder Phase zwei in Serie geschalteten Schalteinrichtungen T1-T2, T3-T4 und T5-T6. Antiparallel zu jeder Schalteinrichtung T1-T6 ist eine Diode D1-D6 angeschlossen.

Üblicherweise werden die Schalteinrichtungen T1-T6 in Abhängigkeit von einem äusseren Drehmomentensignal von einer (nicht gezeigten), einen Mikroprozessor enthaltenden Wandler-/Motorsteuerung

gesteuert. Dabei ist der Momentanwert der Gleichspannung V_{dc} eine Funktion der Batterieparameter (z.B. der unbelasteten Klemmenspannung, des inneren Widerstands, des Ladezustands, der Temperatur) ebenso wie der Motorkennwerte und der Grösse und Polarität des Drehmomentsignals für das Antriebssystem. Eine Betriebsweise mit geringer Geschwindigkeit und einem kleinen Drehmoment verlangt, dass der Wechselrichter mit Impulsbreitenmodulation (PWM) betrieben wird, um die relativ hohe Batteriespannung V_{bat} durch Unterbrechen auf den Wert zu erniedrigen, der für die richtige Betriebsweise des Motors erforderlich ist, was erhebliche Schaltverluste im Wechselrichter zur Folge hat.

Die in Fig. 1 schematisch gezeigte Batterie 12 weist eine verhältnismässig hohe Spannung auf und ist als Serieschaltung mehrerer Batteriemoduln ausgebildet, von denen jeder eine Spannung von $V_{bat}/3$ aufweist. Beim Gebrauch eines elektrischen Antriebssystems gemäss der Fig. 1 ist nachteilig, dass beim Versagen einer oder mehrerer der parallel geschalteten Zellen, die ein Modul der Gleichspannungsbatterie bilden, die Kapazität der gesamten Batterie wesentlich verringert wird.

Im Gegensatz dazu wird bei der vorliegenden Erfindung die von einer Batterie oder eine zusätzlichen Energiespeicher gelieferte Energie von einer Kopplungselektronik mit Leistungshalbleitern wirkungsvoll an einen mit hoher Wechselspannung arbeitenden Antrieb weitergeleitet. Beispiele zusätzlicher Energiespeicher sind Hochleistungskondensatoren, d.h. Kondensatoren für grosse Leistungen, im folgenden auch Ultrakondensatoren genannt, oder magnetische Speicher, beispielsweise supra- resp. superleitende magnetische Speicher (SMES). Die Kopplungselektronik trennt die Spannung der Energiespeicher von der Gleichspannung der Zuleitung für die Antriebseinrichtung, wodurch eine grösstmögliche Nutzung der Energiespeicher erreicht wird. Weiter ermöglicht die Kopplungselektronik eine rasche bidirektionale Energiewandlung, was eine rasche Antriebsbeschleunigung und Rückgewinnung rückgekoppelter Energie erlaubt.

Fig. 2 zeigt eine Ausführungsform einer elektrischen Antriebsschaltung gemäss der Erfindung. Zwischen eine Batterie 22 und einen Wechselrichter 10 ist eine als Gleichspannungswandler ausgebildete Kopplungselektronik 20 angeschlossen. Wegen der Kopplungselektronik 20 kann eine Batterie 22 mit einer geringeren Spannung V_{bat}' als die Batterie 12 (V_{bat}) in Fig. 1 verwendet werden. Die in Fig. 2 gezeigte Batterie 22 enthält drei parallel und nicht in Serie geschaltete Batteriemoduln, wodurch die gesamte Batteriespannung, verglichen mit der in Fig. 1, um den Faktor drei verringert ist.

Um mit der Antriebsschaltung gemäss der Fig. 2 eine hohe Leistung und hohe Geschwindigkeit zu erreichen, muss die niedrige Batteriespannung V_{bat}' um mindestens einen Faktor drei erhöht werden. Weiter muss der gesamte Batteriestrom I_{dc}' drei mal grösser sein als der Batteriegleichstrom I_{dc} gemäss Fig. 1. Dazu ist es erforderlich, dass der Stromnennwert der Schalteinrichtungen des Gleichspannungswandlers 20 in Fig. 2 etwa dreimal grö-

ser ist als der Stromnennwert der Schalter in den Phasenzweigen des in Fig. 1 bekannten Systems.

Der in Fig. 2 gezeigte Gleichspannungswandler 20 enthält einen mit Gegenladung arbeitenden (d.h. bidirektionalen) Wandler bekannter Art, mit einem Eingang-Induktionsfilter L_f , das zu einer ersten Schalteinrichtung Tb_1 und einer antiparallelen Diode Db_1 in Serie geschaltet ist. Eine Parallelschaltung einer zweiten Schalteinrichtung Tb_2 mit einer antiparallelen Diode Db_2 ist zwischen die Leitung mit der negativen Gleichspannung $-V_{dc}$ und den Verbindungspunkt eines Induktionsfilters L_f mit der Schalteinrichtung Tb_1 angeschlossen. Zwischen der Leitung mit der negativen Gleichspannung $-V_{dc}$ und der Kathode der Diode Db_1 ist weiter die Serieschaltung eines Dämpfungswiderstands R_{snub} mit einem Dämpfungskondensator C_{snub} eingebaut.

Die gezeigte elektrische Steuerschaltung 30 für das elektrische Fahrzeug-Antriebssystem erhält ein von aussen zugeleitetes Drehmomentsignal (wie es bereits mit Bezug auf Fig. 1 erwähnt wurde), von einem Tachometer 32 aufgenommene Messwerte der Motorgeschwindigkeit, von Phasenstrom-Messgeräten 34 die gemessenen Phasenstromwerte und von einem Spannungsmessgerät 36 die gemessene Gleichspannung auf der Zuleitung zum Wechselrichter. Weiter erhält die Steuerschaltung 30 von einer Gleichspannungswandler-Steuerung 40 ein Signal, das den Zustand des Gleichspannungswandlers 20 anzeigt, wie noch beschrieben werden wird. Die Steuerschaltung 30 wandelt die vom Tachometer 32 zugeführten Signale der Motorgeschwindigkeit in Frequenzsignale $FREQ$ für die Steuerung 40 und liefert weiter Verschiebesignale zum Erzeugen von Auftastsignalen für die Schalteinrichtungen des Gleichspannungswandlers 20 und des Wechselrichters 10.

Wie in Fig. 2 auch gezeigt ist, empfängt die Steuerung 40 für den Gleichspannungswandler weiter von einem Spannungsmessgerät 44 die Messwerte V_{bat}' für die Batteriespannung und von einem Strommessgerät 42 die Werte für den Eingangsgleichstrom I_{dc}' . Die Messwerte für die Spannung V_{bat}' und den Strom I_{dc}' werden an einen Wirkungsgrad-Regulator 46 geleitet, der ein den Wirkungsgrad einstellendes Signal an einen Spannungssteuerblock 48 liefert, um einen höchstmöglichen Wirkungsgrad längs einer vorgegebenen Drehmoment-Hüllkurve zu erreichen. Der Spannungssteuerblock 48 verarbeitet die vom Spannungsmessgerät 44 zugeleiteten Signale der Leitungsgleichspannung und die Frequenzsignale $FREQ$ von der Steuerschaltung 30 zum Steuern der Eingangsgleichspannung V_{bat} für einen höchstmöglichen Wirkungsgrad und eine optimale Betriebsweise des Motors längs einer vorgegebenen Drehmoment-Hüllkurve. Die zum Steuern der Arbeitsweise längs der Drehmoment-Hüllkurve erforderlichen Tastimpulse werden über den Tastsignal-Steuerblock 50 erzeugt.

Fig. 3 zeigt die Spannung auf der Gleichspannungsleitung gegen die Motorgeschwindigkeit, sowie die bei der Verwendung eines Spannungssteuerblocks 48 resultierende Drehmoment-Hüllkurve für die elektrische Fahrzeug-Antriebsschaltung. Gemäss der vorliegenden Erfindung steuert die Gleich-

spannungswandler-Steuerung 40 die Arbeitsweise der Antriebsschaltung für einen maximalen Wirkungsgrad längs einer vorgegebenen Drehmoment-Hüllkurve wie es in Fig. 3 gezeigt ist. Zur Bildung einer Kennwertetafel können Daten, wie sie beispielsweise in Fig. 3 aufgeführt sind, in der Gleichspannungswandlersteuerung 40 gespeichert werden.

Wenn der Motor des Systems angetrieben wird, erhöht der Gleichspannungswandler 20 die tiefere Batteriespannung $V_{bat'}$ auf den höheren Wert der Leitungsgleichspannung V_{dc} . Bei geringer Geschwindigkeit und kleinem Drehmoment sind die Schaltelemente Tb_1 und Tb_2 nichtleitend, sodass der Gleichspannungswandler 20 abgeschaltet ist und die Batteriespannung $V_{bat'}$ über die in Vorwärtsrichtung polarisierte Diode Db_1 direkt an den Wechselrichter 10 geleitet wird. Um die Geschwindigkeit und das Drehmoment zu erhöhen, werden die Schaltelemente Tb_{11} und Tb_{22} aufgetastet und dadurch der Gleichspannungswandler eingeschaltet, wonach die Betriebsweise längs der vorgegebenen Drehmoment-Hüllkurve aufrecht erhalten wird. Wenn das Schaltelement Tb_2 aufgetastet wird, steigt der Strom in dem als Induktor ausgebildeten Eingangsfiler Lf. Sobald der Strom auf einen vorgegebenen Wert angestiegen ist, wird der Schalter Tb_2 gesperrt und die Ableitung des in dem Induktor Lf fließenden Stroms ändert das Vorzeichen, wodurch über den Induktor Lf eine Spannung induziert wird. Dadurch werden die Diode Db_1 in Vorwärtsrichtung polarisiert und die Leitungsgleichspannung und die dem Motor zugeleitete Leistung erhöht. Sobald der Strom auf einen vorgegebenen Wert angestiegen ist, wird das Schaltelement Tb_1 in den nicht leitenden Zustand geschaltet, wonach die Ableitung des Stroms im Induktor das Vorzeichen wechselt und im Induktor eine Spannung induziert wird. Dann fließt Strom in einer geschlossenen Leitungsbahn vom Induktor Lf in die Batterie und durch die in Vorwärtsrichtung polarisierte Diode Db_1 zurück zum Induktor Lf. Während der Zeitspanne, während der das Schaltelement Tb_1 gesperrt ist, ladet der Leitungsgleichstrom den Filterkondensator C_{dc} . Vorteilhafterweise wird während des Abbremsens des Motors der zurückgewonnene Strom in hochfrequente Impulse zerhackt, was die Verwendung von passiven Komponenten mit verringerter Grösse und Gewichte im Gleichspannungswandler 20 und im Wechselrichter ermöglicht. Weiter kann in Abhängigkeit der Grenzwerte des zurückgewonnenen Stroms das Schaltelement Tb_1 einen kleineren Nennstrom als das Schaltelement Tb_2 aufweisen.

Die in Fig. 2 gezeigte elektrische Antriebsschaltung weist einen verbesserten Wirkungsgrad während des Betriebs mit geringem Drehmoment und bei Geschwindigkeiten unter der Motor-Eckpunktgeschwindigkeit auf. Bei einem hohen Drehmoment und hoher Geschwindigkeit ist zu erwarten, dass der Wirkungsgrad des gesamten erfindungsgemässen Systems mit einem Gleichspannungswandler etwas kleiner ist als bei dem bekannten Antriebssystem gemäss der Fig. 1. Für die meisten Verwendungen in batteriebetriebenen elektrischen Fahrzeugen entspricht jedoch nur ein sehr kleiner Teil der

gesamthaft möglichen Antriebsweisen der maximalen Leistung oder dem maximalen Drehmoment. Darum ist eine Verringerung im System-Wirkungsgrad an der maximalen Drehmoment-Hüllkurve ein vertretbarer Verlust, wenn eine verbesserte Betriebssicherheit und Toleranz gegen Fehler der Batterie oder einer anderen Energie-Speichereinrichtung erreicht werden.

Ein weiterer Vorteil des Leistungshalbleiter-Gleichspannungswandler gemäss der Erfindung ist darin zu sehen, dass wegen des als Serieinduktor ausgebildeten Eingangsfilters Lf ein Gleichstrom mit verkleinerter Welligkeit an die Batterie geleitet wird.

Fig. 4 zeigt eine andere Ausführungsform einer erfindungsgemässen elektrischen Antriebsschaltung, in dem eine Mehrzahl n Batterien verwendet wird. Jeder der Batterien 60, 61, 62 ist ein Gleichspannungswandler 63, 64, 65 zugeordnet. Jedes der Schaltelemente im Gleichspannungswandler weist nur einen Nennstrom auf, der nur $1/n$ des Nennstroms der Schaltelemente im Gleichspannungswandler gemäss der Fig. 2 beträgt, oder etwa den gleichen Nennstrom wie die Schaltelemente des bekannten Systems gemäss der Fig. 1. Das System gemäss Fig. 4 erhöht vorteilhafterweise die Toleranz gegenüber Störungen bei einem schweren oder leichten Versagen einer einzelnen Batterie. Wenn ein schweres Versagen (z.B. ein Kurzschluss oder ein Leitungsunterbruch) eintritt, wird der entsprechende Gleichspannungswandler abgeschaltet und das System arbeitet mit $2/3$ seiner Kapazität weiter. Während eines leichten Versagens (z.B. einer Verringerung der Ladung einer Batterie) kann eine äussere Steuerung verwendet werden, um die Belastung dieser geschwächten Batterie zu verringern und dadurch die gleiche Spannung wie die der beiden anderen Batterien aufrecht zu erhalten. Das ermöglicht dem Motor die höchstmögliche Leistung zuzuführen ohne die Kapazität zusätzlich zu belasten.

Fig. 5 zeigt noch eine andere Ausführungsform der erfindungsgemässen elektrischen Antriebsschaltung, bei dem eine Niederspannungsbatterie 22 und zusätzlich eine Energiespeichereinrichtung 70 verwendet sind. Die gezeigte Energiespeichereinrichtung ist als eine in Serie und parallel zueinander geschaltete Vielzahl von Kondensatoren, im folgenden Ultrakondensatorbank genannt, ausgebildet. Die Batterie 22 und die Ultrakondensatorbank 70 sind über getrennte Gleichspannungswandler 20 bzw. 72 mit dem Wechselrichter 10 verbunden. Jedem Gleichspannungswandler ist eine Steuerung 40 zugeordnet, mit einer Stromrückkopplung, einem Treiber für die Schalteinrichtung und Schutzfunktionen. Die Steuerschaltung 30' ist für die Folgesteuerung der Antriebseinrichtung ausgebildet (d.h. zum Proportionieren des Momentanwerts der zugeführten Leistung zwischen der Batterie und der Ultrakondensatorbank entsprechend dem Drehmomentsignal). Weil beide Gleichspannungswandler 20 und 72 bidirektional ausgelegt sind, ermöglicht die Systemsteuerung, dass die Ultrakondensatoren entweder durch Nutzbremmung oder aus der Antriebsbatterie geladen werden. Die Ultrakondensatorbank liefert eine hohe Leistung oder nimmt solche auf,

während das Fahrzeug beschleunigt bzw. eine Nutzbremmung ausführt, wodurch die Spitzenleistung der Antriebsbatterie auf einen Wert verringert wird, der nur wenig über der mittleren Leistung des Antriebs liegt. Weil das System gemäss der Fig. 5 verglichen mit dem System gemäss der Fig. 2 zwei zusätzliche Schalteinrichtungen aufweist, können Schalteinrichtungen mit geringerem Stromwert verwendet werden, da der Gleichspannungswandler 20 nur die mittlere und nicht die Spitzenleistung schaltet.

Fig. 6 zeigt noch eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemässen Antriebsschaltung mit einer superleitenden magnetischen Energiespeichereinrichtung (SMES) 80 anstelle der in Fig. 5 gezeigten Ultrakondensatorbank 70.

Die Vorteile des erfindungsgemässen elektrischen Antriebsschaltung können wie folgt zusammengefasst werden:

1. Die Verwendung von Niederspannungs-Batteriemoduln mit wenigen in Serie geschalteten Zellen verbessert den Batteriewirkungsgrad und verlängert deren Betriebsdauer;

2. Das verbesserte Antriebssystem vergrössert die Toleranzwerte bei einem schweren oder leichten Versagen der Batterie;

3. Eine durch die mit dem Gleichspannungsverstärker in Serie geschaltete Induktionsspule verringerte Welligkeit auf der Gleichspannung;

4. Eine Verbesserung des Wirkungsgrads und der Steuerung des Systems während des Betriebs mit einer Batterie die einzelne Zellen ungleicher Kapazität enthält;

5. Es sind Systemausbildungen mit mehreren Batterien und/oder Ultrakondensatoren als Energiespeicher möglich, wobei jede bzw. jeder über dem entsprechenden Spannungsbereich betrieben wird und die einen oder mehrere Gleichspannungswandler aufweisen, die mit einer einzigen Gleichspannungsleitung für einen Hochspannungswechselrichter verbunden sind;

6. Eine verringerte Belastung der Schaltelemente des Wechselrichters durch die zusätzliche Steuermöglichkeit die während eines wesentlichen Teils der Betriebszeit einen weichen Schaltbetrieb erlaubt;

7. Ein verbesserter Wirkungsgrad des Antriebssystems beim Betrieb mit niedrigen Geschwindigkeiten und kleinem Drehmoment wegen der verringerten Verluste beim Umschalten des Wechselrichters;

8. Ein grösserer Bereich der Geschwindigkeit für alle Typen von Wechselstrommaschinen wegen der höheren Leitungsgleichspannung.

Es versteht sich, dass die beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung nur ausgewählte Beispiele sind, und dem Fachmann viele Variationen und Änderungen möglich sind, die alle im Geltungsbereich der nachfolgenden Ansprüche liegen.

Patentansprüche

1. Elektrische Antriebsschaltung gekennzeichnet durch mindestens einen Energiespeicher (22) und Mittel, um diesen Energie-Speicher an einen Leistungswechselrichter (10) anzuschliessen, der eine Eingangsgleichspannung (V_{dc}) für einen Elektroantrieb (14) in eine Ausgangswchelspannung wandelt, mindestens einen bidirektionalen Gleichspannungswandler (20), der zwischen den Mitteln zum Anschliessen und dem Leistungswechselrichter (10) angeordnet ist, um die vom Energiespeicher (22) abgegebene Gleichspannung um einen vorgegebenen Faktor zu erhöhen und diese von der Eingangsgleichspannung (V_{dc}) des Leistungs-Wechselrichters zu trennen, sodass diese Eingangsgleichspannung praktisch unabhängig ist von den Parametern des Energiespeichers (22) und der von diesem Energie-Speicher (22) abgegebenen Gleichspannung (V_{bat}), eine Steuerschaltung (30) die die vom Energiespeicher (22) abgegebene Gleichspannung in Abhängigkeit von der Betriebsweise des Elektroantriebs (14) steuert, um einen grösstmöglichen Wirkungsgrad der Antriebsschaltung längs einer vorgegebenen Drehmoment-Hüllkurve des Elektroantriebs (14) zu gewährleisten.

2. Antriebsschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Energiespeicher (22) eine Batterie mit einer Mehrzahl parallel geschalteter Moduln ist.

3. Antriebsschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Gleichspannungswandler (20) als Gegentakt-Wechselrichter ausgebildet ist.

4. Antriebsschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerschaltung (30) aus zugeleiteten Daten betreffend die Eingangsgleichspannung (V_{dc}) für den Leistungs-Wechselrichter (10) und die Umdrehungsgeschwindigkeit des Elektroantriebs (14) eine Drehmoment-Hüllkurve entwickelt, die in Form einer Tabelle in einem Datenspeicher ablegbar ist.

5. Antriebsschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Mehrzahl Energiespeicher (60, 61, 62) vorgesehen ist, und Mittel um jeden dieser Energiespeicher über einen zugeordneten bidirektionalen Gleichspannungswandler (63, 64, 65) an einem Leistungs-Wechselrichter (10) anzuschliessen, wobei jeder dieser Gleichspannungswandler (63, 64, 65) die vom zugeordneten Energiespeicher (60, 61, 62) zugeleitete Gleichspannung um einen vorgegebenen Faktor erhöht und die Eingangsgleichspannung für den Leistungs-Wechselrichter (10) von der zugeleiteten Gleichspannung trennt, und dadurch, dass die Steuerschaltung (30) die von jedem Energiespeicher (60, 61, 62) zugeleitete Gleichspannung überwacht und einstellt.

6. Antriebsschaltung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens einer der Energiespeicher (60, 61, 62) eine Batterie enthält.

7. Antriebsschaltung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens einer der Energiespeicher (70) einen Ultrakondensator enthält.

8. Antriebsschaltung nach Anspruch 5, dadurch

gekennzeichnet, dass mindestens einer der Energiespeicher als superleitender magnetischer Energiespeicher ausgebildet ist.

9. Antriebsschaltung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerschaltung (30) für jeden Gleichspannungswandler (20, 72) eine zugeordnete Steuerung (40) aufweist. 5

10. Antriebsschaltung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Gleichspannungswandler (63, 64, 65) einen Gegentaktverstärker enthält. 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

6

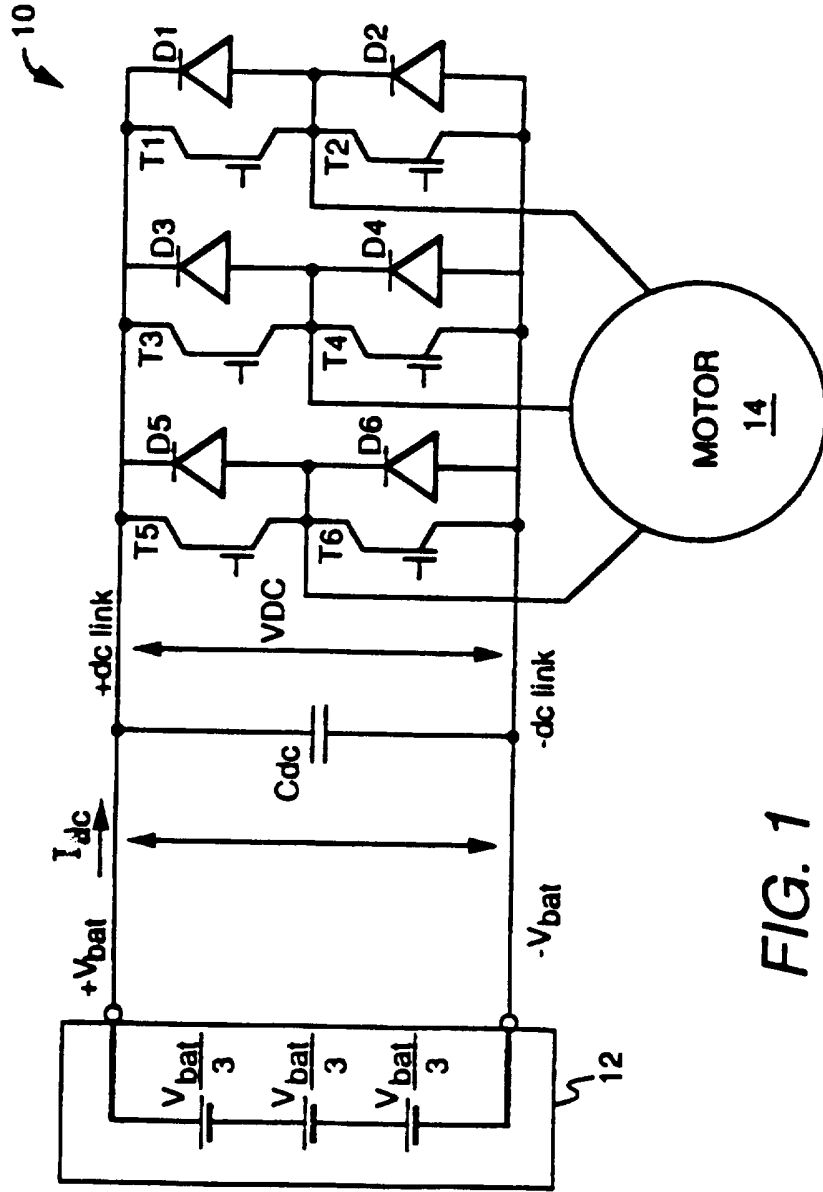
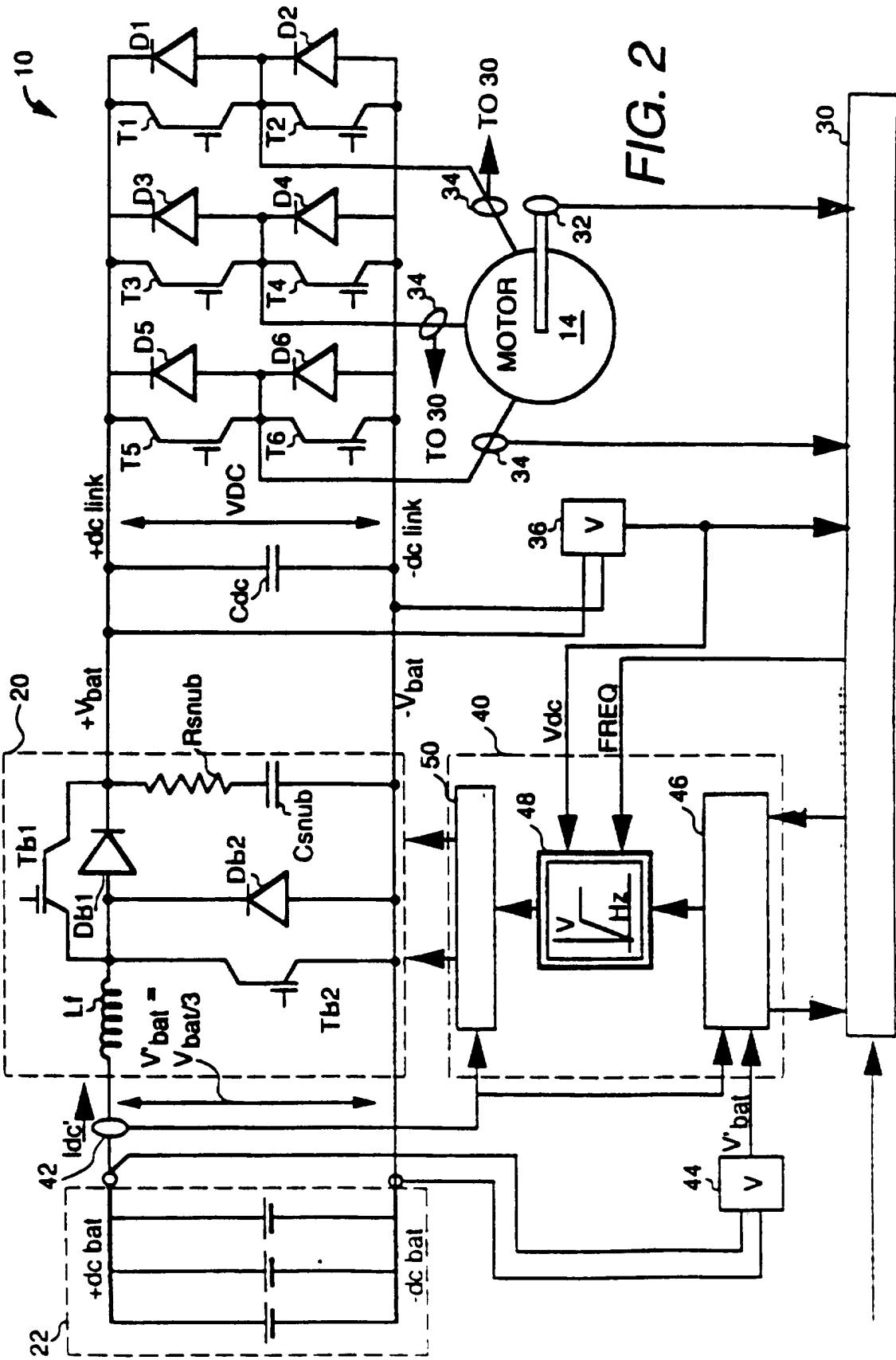


FIG. 1



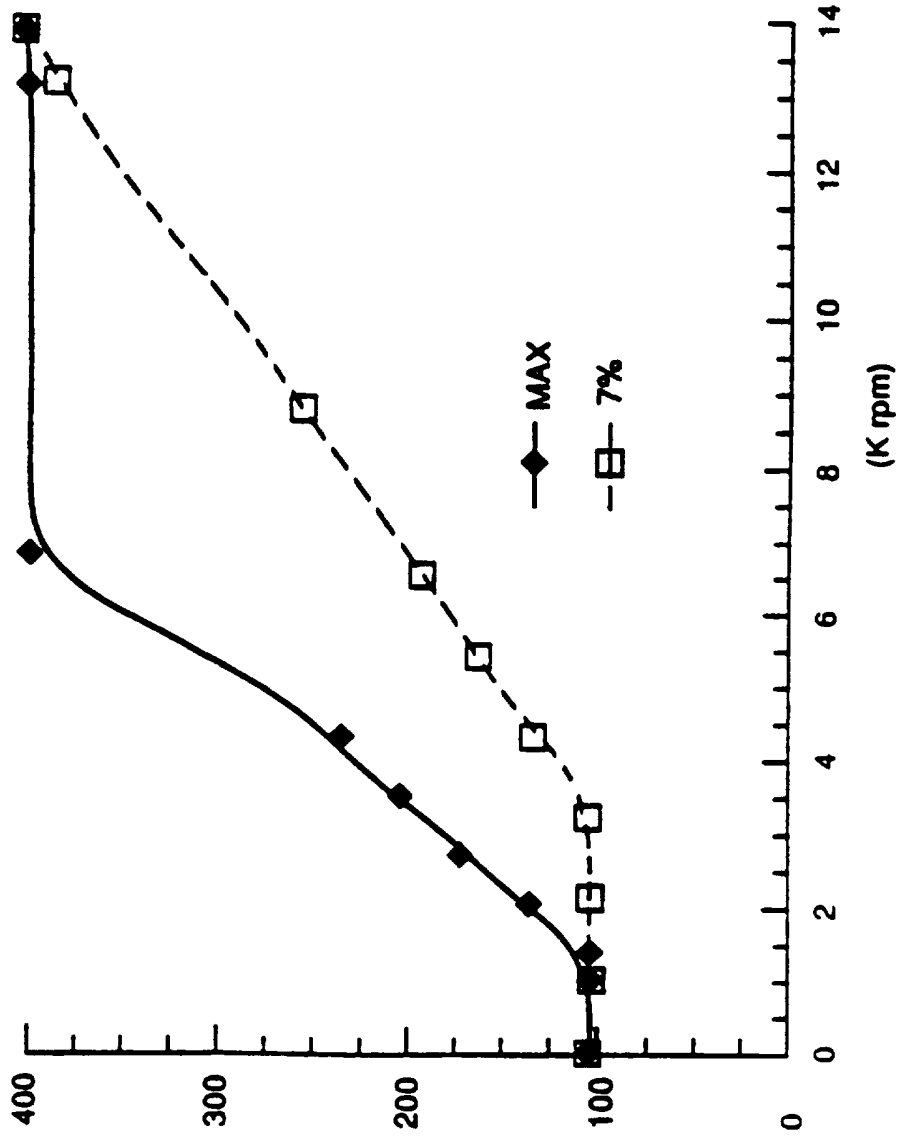


FIG. 3

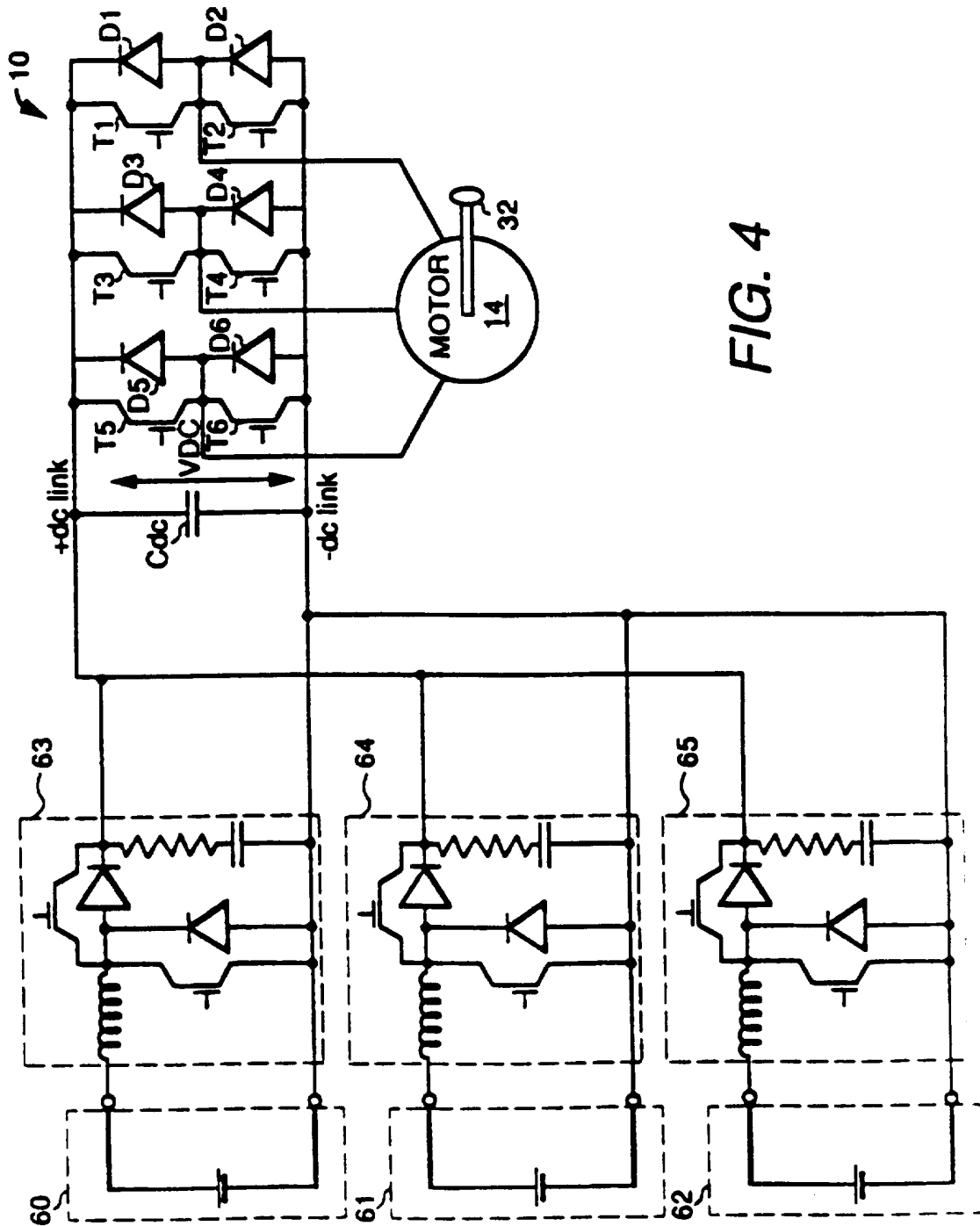


FIG. 4

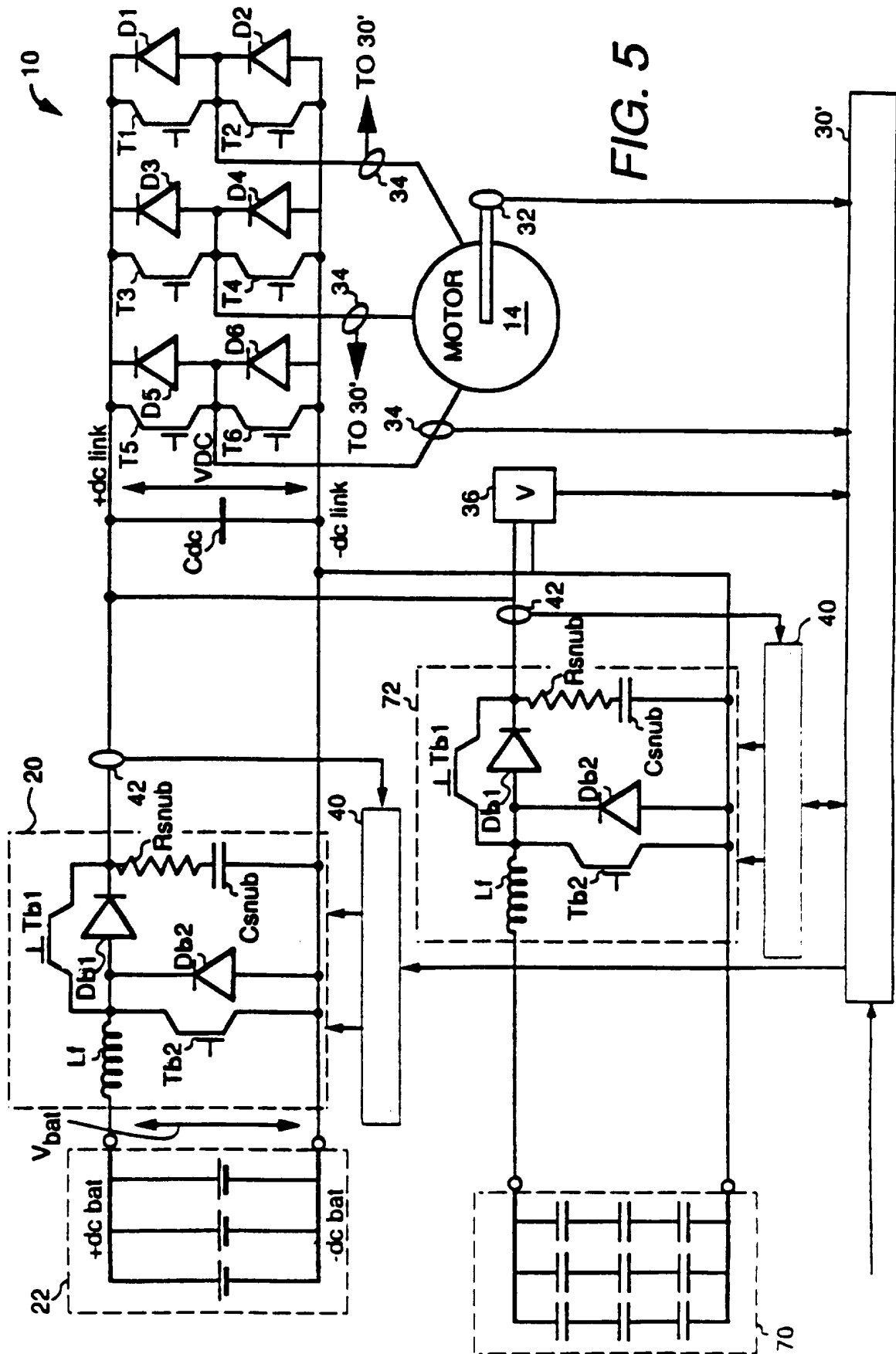


FIG. 5

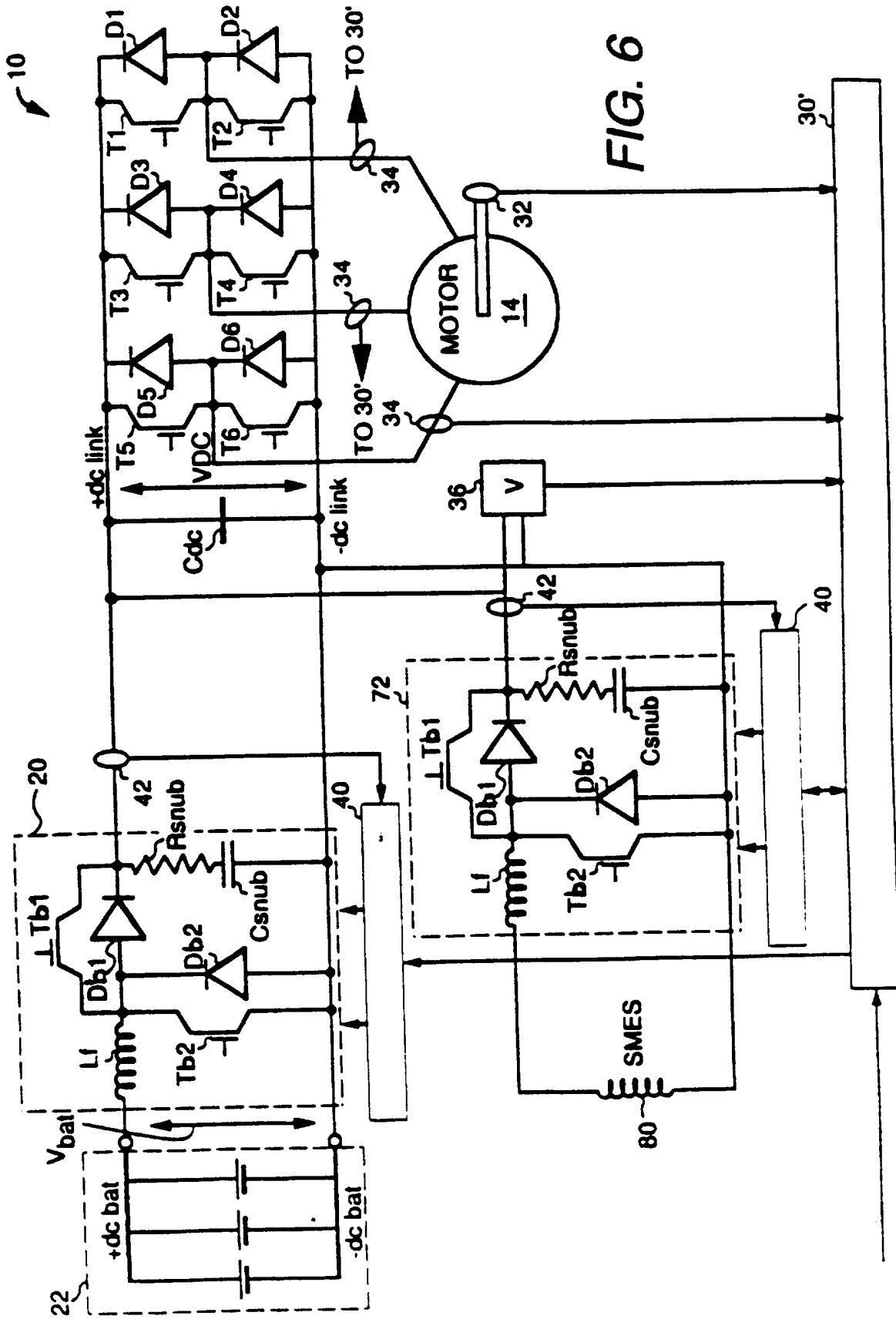


FIG. 6