



(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 010 092.2**

(22) Anmeldetag: **23.05.2012**

(43) Offenlegungstag: **06.12.2012**

(51) Int Cl.: **H02M 1/42 (2012.01)**

(30) Unionspriorität:

PA 2011 00408 **30.05.2011** **DK**

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Knoblauch und Knoblauch, 60322,
Frankfurt, DE**

(71) Anmelder:

Secop GmbH, 24939, Flensburg, DE

(72) Erfinder:

**Thomsen, Rune, Loegumkloster, DK; Schmidt,
Claus, Odense NV, DK**

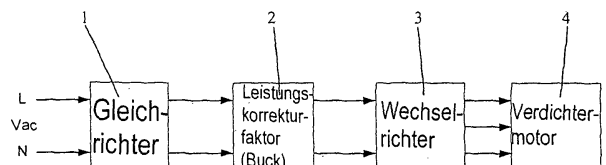
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Regler und Verfahren zur Regelung eines Motors für einen Verdichter**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft einen Regler und ein Verfahren zur Steuerung eines Motors (4), insbesondere eines Verdichtermotors. Der Regler weist einen Wechselrichter (3) und eine Leistungsfaktor-Korrektur (PFC) (2) auf, und die Leistungsfaktor-Korrektur (2) weist einen Kompensationswandler auf, und ist zur Stromversorgung des Wechselrichters (3) vorgesehen.

Der Regler kann, im Vergleich zu Reglern nach dem Stand der Technik, den Leistungsverbrauch reduzieren und den Wirkungsgrad des Motors (4) erhöhen. Zusätzlich kann der Regler, im Vergleich zu Reglern nach dem Stand der Technik, die elektromagnetische Störungsleistung des Motors (4) verbessern.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Regler und ein Verfahren zur Regelung eines Motors, insbesondere eines Motors für einen Verdichter. Mit Hilfe des Reglers und dem Verfahren nach der Erfindung ist es möglich den Wirkungsgrad des Motors zu erhöhen und die elektromagnetische Störungsleistung (EMI) des Motors zu verbessern.

[0002] Ein Wechselstromsystem, das Leistung verbraucht, kann durch seinen „Leistungsfaktor“ gekennzeichnet werden – das Verhältnis zwischen der tatsächlich in die Last fließenden Leistung (die Fähigkeit des Systems Arbeit zu leisten) und dem scheinbaren Leistung (das Produkt von Spannung und Strom zu einem bestimmten Zeitpunkt). Der derart bestimmte Leistungsfaktor liegt zwischen 0 und 1 und ist eine dimensionslose Zahl. Im System gespeicherte Energie oder durch nicht-lineare Lasten verursachte Verzerrungen der Stromwellenform können den Leistungsfaktor vermindern, weil vorausgesetzt wird, dass die scheinbare Leistung größer ist als die tatsächliche Leistung. In vielen Fällen ist diese Situation unerwünscht, weil die bei niedrigen Leistungsfaktoren auftretenden höheren Ströme erhöhte Leistungsverluste und damit niedrigere Wirkungsgrade bewirken.

[0003] Auch wenn passive Komponenten verwendet werden können, um den Leistungsfaktor eines spezifischen Wechselstromsystems zu verbessern, ist es auch möglich den Leistungsfaktor dynamisch aktiv zu ändern. Die Schaltung und das Regelungsverfahren, das von einer solchen Schaltung verwendet wird, sind als Leistungsfaktor-Korrekturstufe (PFC) bekannt. Die PFC-Stufe ermöglicht die Regelung der von einer Last verbrauchten Leistung in einer Weise, die den Leistungsfaktor des Systems ändern kann. Dies bedeutet eine Regelung der Strom- oder Spannungswellenform so, dass sie sich so proportional wie möglich zu einander verhalten, und damit einen Leistungsfaktor liefern, der möglichst nahe an Eins ist.

[0004] Es ist üblich, dass Motoren von Verdichtern mit Hilfe von Pulsbreitenmodulation (PWM) gesteuert werden. In diesem Fall wird eine Eingangsspannung gleichgerichtet, und die gleichgerichtete Spannung wird an eine Leistungsfaktor-Korrekturstufe (PFC) geliefert, z. B. in der Form eines Spannungsverstärkerwandlers. In der PFC-Stufe wird die Spannung hochtransformiert, und die hochtransformierte Spannung wird an die Motorregelung geliefert, wo sie mit Hilfe eines Wechselrichters heruntertransformiert wird.

[0005] Hochtransformierung der Spannung und nachfolgende Heruntertransformierung der Spannung bewirkt erhebliche Leistungsverluste im System, insbesondere wegen zu schnellem Umschalten

von in der Motorregelung angeordneten Schaltern während der Heruntertransformierung der Spannung.

[0006] Es ist ein Ziel von Ausführungen der Erfindung einen Regler zur Regelung eines Motors anzugeben, der imstande ist, verglichen mit Reglern nach dem Stand der Technik, den Energieverbrauch zu reduzieren.

[0007] Es ist ein weiteres Ziel von Ausführungen der Erfindung einen Regler für einen Motor anzugeben, der imstande ist, verglichen mit Reglern nach dem Stand der Technik, den Wirkungsgrad des Motors zu erhöhen.

[0008] Es ist ein weiteres Ziel von Ausführungen der Erfindung einen Regler für einen Motor anzugeben, der imstande ist, verglichen mit Reglern nach dem Stand der Technik, elektromagnetische Störungsleistung (EMI) des Motors zu verbessern.

[0009] Es ist ein weiteres Ziel von Ausführungen der Erfindung ein Verfahren zur Regelung eines Motors anzugeben, das, verglichen mit Verfahren nach dem Stand der Technik, eine Erhöhung des Motorwirkungsgrades zulässt.

[0010] Es ist ein weiteres Ziel von Ausführungen der Erfindung ein Verfahren zur Regelung eines Motors anzugeben, das, verglichen mit Verfahren nach dem Stand der Technik, eine Verbesserung der elektromagnetischen Störungsleistung (EMI) des Motors zulässt.

[0011] Nach einem ersten Aspekt sieht die Erfindung einen Regler zur Steuerung eines Motors vor, der einen Wechselrichter und eine Leistungsfaktor-Korrekturereinrichtung aufweist, wobei die Leistungsfaktor-Korrekturereinrichtung einen Kompensationswandler aufweist und zur Leistungsversorgung des Wechselrichters vorgesehen ist.

[0012] Der erste Aspekt der Erfindung betrifft einen Regler zur Steuerung eines Motors, z. B. ein Gerät, das zur Steuerung des Betriebs eines Motors vorgesehen ist. Dies kann z. B. auch die Steuerung der Motorgeschwindigkeit umfassen.

[0013] Der Regler umfasst einen Wechselrichter und eine Leistungsfaktor-Korrekturstufe (PFC), die so angeordnet ist, dass der PFC Leistung an den Wechselrichter liefert. Der Wechselrichter wird normalerweise so angeordnet sein, dass er direkt mit dem Motor verbunden ist, d. h. er liefert Leistung an den Motor.

[0014] Die Leistungsfaktor-Korrekturereinrichtung ermöglicht die Regelung der von einer Last verbrauchten Leistung in einer Weise, die den Leistungsfaktor des Systems ändern kann. Dies bedeutet, dass die Leistungsfaktor-Korrekturereinrichtung die Strom- oder

Spannungswellenform so regelt, dass sie proportional zueinander sind als ohne Leistungsfaktor-Korrekturereinrichtung und damit einen Leistungsfaktor liefern, der so nah wie möglich an Eins ist. Dies ist ein großer Vorteil, weil es die Verluste reduziert, die auf Grund von reaktiven Strömen auftreten, die dann entstehen, wenn der Leistungsfaktor kleiner als Eins ist. Damit wird die Leistung verbessert.

[0015] Der PFC weist einen Kompensationswandler auf. Der Kompensationswandler ist ein heruntertransformierender Gleichstrom-zu-Gleichstrom-Wandler, und ist bekannt für seine Effizienz in Sachen Energieverluste. Normalerweise weist er einen steuerbaren Schalter, eine Diode, einen Induktor und einen Kondensator auf.

[0016] Da die Leistungsfaktor-Korrekturstufe (PFC) einen Kompensationswandler aufweist, wird die Spannung während der PFC-Stufe nicht hochtransformiert, sondern nur heruntertransformiert. Dadurch vermeidet man die Leistungsverluste, die bei herkömmlichen Reglern entstehen, wenn die Spannung zuerst hochtransformiert und nachfolgend heruntertransformiert wird. Entsprechend wird der Wirkungsgrad des Reglers im Vergleich zu Reglern nach dem Stand der Technik verbessert. Zusätzlich ermöglicht die Verwendung eines Kompensationswandlers die Regelung des Motors mit Hilfe einer Pulsamplitudenmodulation (PAM). Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass der Wirkungsgrad des Reglers maximiert wird, hauptsächlich weil das schnelle Schalten, das bei der Regelung des Motors mit Hilfe einer Pulsbreitenmodulation (PWM) erforderlich ist, vermieden wird. Dadurch werden Energieverluste in den Schaltern minimiert. Zusätzlich wird bei einer Steuerung des Motors mit Hilfe von PAM die EMI-Leistung des Motors verbessert. Wenn also ein PFC mit einem Kompensationswandler verwendet wird, wird der Wirkungsgrad des Reglers erhöht und die Leistungsverluste werden minimiert.

[0017] Insgesamt ist es ein großer Vorteil, dass der PFC einen Kompensationswandler aufweist.

[0018] Der Kompensationswandler kann ein Mehrphasen-Kompensationswandler sein, d. h. der Kompensationswandler kann zwei oder mehr Phasen aufweisen. In diesem Fall sind zwei oder mehr Grundkompensationswandlerschaltungen zwischen einem Eingang und einer Last parallel angeordnet, in diesem Fall einem zu steuernden Motor. Mehrphasen-Kompensationswandler sind imstande sehr schnell auf Belastungsänderungen zu reagieren, ohne dass die Schaltverluste erhöht werden. Zusätzlich ergibt sich eine erhebliche Reduktion der Schaltwelligkeit im Verhältnis zu einer Konfiguration mit einem Einphasen-Kompensationswandler.

[0019] Alternativ kann der Kompensationswandler ein Einphasen-Kompensationswandler sein.

[0020] Der Kompensationswandler kann N Phasen aufweisen, wobei N eine ganze Zahl und $N \geq 2$ ist, und jede Phase zumindest einen steuerbaren Schalter aufweist, und die steuerbaren Schalter in einer solchen Weise gesteuert sind, dass die Einphasen der steuerbaren Schalter bei $360^\circ/N$ Intervallen über eine Schaltperiode des Kompensationswandlers verschoben sind. Nach dieser Ausführung wird der Kompensationswandler synchron betrieben. Dies ermöglicht es dem Kompensationswandler so schnell auf Belastungsänderungen zu reagieren als würde ein Einphasen-Kompensationswandler N Male schneller geschaltet. Die dadurch entstehenden Schaltverluste werden aber vermieden. Zusätzlich wird der Laststrom auf N Phasen verteilt, wobei die Wärmeverluste auf jedem der Schalter auf mehrere Komponenten verteilt werden.

[0021] Mindestens eine der Phasen kann mindestens einen zusätzlichen steuerbaren Schalter aufweisen. Normalerweise weist jede Phase eines Mehrphasen-Kompensationswandlers einen steuerbaren Schalter, eine Diode, einen Induktor und einen Kondensator auf. In dieser Ausführung wird aber die Diode von mindestens einer der Phasen durch einen steuerbaren Schalter ersetzt, und die betreffende Phase weist damit zwei steuerbare Schalter, einen Induktor und einen Kondensator auf. Dadurch werden die im Kompensationswandler entstehenden Verluste weiter reduziert und der Wirkungsgrad des Reglers wird weiter verbessert.

[0022] Der Kompensationswandler kann zusätzlich zumindest einen Brückengleichrichter aufweisen. Vorzugsweise wird der Brückengleichrichter zwischen einem Eingang und der(n) Phase(n) des Kompensationswandlers angeordnet.

[0023] Jeder Brückengleichrichter kann vier Dioden aufweisen, die in einer Brückenstruktur angeordnet sind. Alternativ kann mindestens einer der Brückengleichrichter mindestens einen steuerbaren Schalter aufweisen. Nach dieser Ausführung ist/sind eine oder mehrere der Dioden von mindestens einer Gleichrichterbrücke durch einen steuerbaren Schalter ersetzt. Dies vereinfacht die Steuerung des Kompensationswandlers und reduziert die im Kompensationswandler entstehenden Verluste.

[0024] Die vorliegende Erfindung betrifft zusätzlich einen Verdichter mit einem Regelsystem zur Steuerung eines Motors des Verdichters, wobei das Regelsystem einen Regler nach dem ersten Aspekt der Erfindung aufweist. Der Verdichter ist vorzugsweise ein Verdichter mit variabler Geschwindigkeit. Zum Beispiel kann der Verdichter zwischen einer Minimalgeschwindigkeit und einer Maximalgeschwindigkeit

steuerbar sein. Die Maximalgeschwindigkeit kann x Male die Minimalgeschwindigkeit sein, wobei es möglich sein muss die Spannungsversorgung des Motors in einem $1:x$ Verhältnis zu steuern, z. B. $1:5$, $1:3$, $1:2$ usw. In dem Fall, wo die Maximalgeschwindigkeit zwei Mal die Minimalgeschwindigkeit ist, kann der Verdichter z. B. zwischen 2000 U/Min. und 4000 U/Min. steuerbar sein.

[0025] Alternativ kann der Verdichter ein Verdichter mit fester Geschwindigkeit sein.

[0026] Nach einem zweiten Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Steuerung eines Motors, das die folgenden Schritte aufweist:

- Lieferung einer Eingangsspannung an einen Regler, der eine Leistungsfaktor-Korrekturereinrichtung aufweist,
- Heruntertransformierung der Eingangsspannung mit Hilfe eines Kompensationswandlers, der Teil des Reglers ist, wobei eine Ausgangsspannung erzielt wird,
- Zuführen der Ausgangsspannung zu einem Motor, wobei die Geschwindigkeit des Motors gesteuert wird.

[0027] In dem Verfahren nach dem zweiten Aspekt der Erfindung, wird die Eingangsspannung zuerst einem Regler zugeführt, der eine Leistungsfaktor-Korrekturstufe (PFC) und einen Kompensationswandler aufweist. Der Kompensationswandler kann vorzugsweise Teil des PFC sein. Die Eingangsspannung wird dann mit Hilfe des Kompensationswandlers heruntertransformiert, wobei eine Ausgangsspannung erhalten wird, die dann dem Motor zugeführt wird. Die Geschwindigkeit des Motors wird dabei mit Hilfe der heruntertransformierten Ausgangsspannung gesteuert.

[0028] Die Leistungsfaktor-Korrekturstufe ermöglicht die Regelung der von einer Last verbrauchten Leistung in einer Weise, die den Leistungsfaktor des Systems ändern kann. D. h. die Strom- oder Spannungswellenformen werden so geregelt, dass sie proportional zueinander sind als ohne die Leistungsfaktor-Korrekturstufe, und damit einen Leistungsfaktor liefern, der möglichst nahe bei Eins ist. Dies ist ein großer Vorteil, weil dadurch die Verluste reduziert werden, die auf Grund von reaktiven Strömen entstehen, wenn der Leistungsfaktor kleiner als Eins ist. Dadurch wird der Wirkungsgrad verbessert.

[0029] Wie oben beschrieben, ist es von Vorteil, dass ein Kompensationswandler verwendet wird, da es dadurch lediglich erforderlich ist die Spannung herunterzutransformieren, d. h. es ist nicht notwendig zuerst die Spannung hochzutransformieren, z. B. mit Hilfe eines Spannungsverstärkerwandlers, und danach die Spannung wieder herunterzutransformieren. Dadurch werden der Systemwirkungsgrad er-

höht und die Verluste reduziert. Dies ist oben näher beschrieben worden.

[0030] Der Schritt des Zuführens der Ausgangsspannung zu dem Motor kann die Steuerung der Geschwindigkeit des Motors mit Hilfe von Pulsamplitudenmodulation (PAM) umfassen. Wie oben beschrieben, hat dies den Vorteil, dass der Wirkungsgrad des Reglers maximiert wird, hauptsächlich weil das schnelle Schalten, das bei der Steuerung des Motors mit Hilfe von Pulsbreitenmodulation (PWM) erforderlich ist, vermieden wird. Dadurch wird der Energieverlust in den Schaltern minimiert. Zusätzlich verbessert die Steuerung des Motors mit Hilfe von PAM die EMI-Leistung des Motors.

[0031] Das Verfahren kann mit Vorteil mit Hilfe eines Reglers nach dem ersten Aspekt der Erfindung durchgeführt werden.

[0032] Der Schritt des Zuführens der Ausgangsspannung zu dem Motor kann die Zuführung der Ausgangsspannung zu einem Motor eines Verdichters umfassen.

[0033] Die Erfindung wird im Folgenden unter Hinweis auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Die Zeichnungen zeigen:

[0034] [Fig. 1](#) ein Blockdiagramm eines Reglers nach einer Ausführung der Erfindung,

[0035] [Fig. 2](#) ein Schaltbild eines, Kompensationswandlers zur Anwendung in einem Regler nach einer ersten Ausführung der Erfindung,

[0036] [Fig. 3a–Fig. 3c](#) Schaltbilder eines Kompensationswandlers zur Verwendung in einem Regler nach einer zweiten Ausführung der Erfindung,

[0037] [Fig. 4](#) ein Schaltbild eines Kompensationswandlers zur Verwendung in einem Regler nach einer dritten Ausführung der Erfindung,

[0038] [Fig. 5](#) ein Schaltbild eines Kompensationswandlers zur Verwendung in einem Regler nach einer vierten Ausführung der Erfindung,

[0039] [Fig. 6](#) ein Schaltbild eines Kompensationswandlers zur Verwendung in einem Regler nach einer fünften Ausführung der Erfindung.

[0040] [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm eines Reglers nach einer Ausführung der Erfindung. Eine Eingangsspannung wird einem Gleichrichter **1** zugeführt, und die gleichgerichtete Spannung wird einer Leistungsfaktor-Korrektur (PFC) **2** mit einem Kompensationswandler zugeführt. In dem Kompensationswandler wird die Spannung heruntertransformiert und anschließend einem Wechselrichter **3** zugeführt.

Der Wechselrichter **3** umfasst normalerweise eine Reihe von steuerbaren Schaltern, z. B. sechs Feldeffekttransistoren (FET), z. B. in der Form von Metall-oxydhalbleiter-Feldeffekttransistoren (MOSFET). Die steuerbaren Schalter des Wechselrichters **3** werden zur Steuerung einer Spannung verwendet, die vom Wechselrichter **3** einem Motor **4** zugeführt wird. In dem in [Fig. 1](#) gezeigten Regler ist der Motor **4** ein Verdichtermotor.

[0041] [Fig. 2](#) zeigt ein Schaltbild eines Kompensationswandlers **5** zur Verwendung in einem Regler nach einer ersten Ausführung der Erfindung. Der in [Fig. 2](#) gezeigte Kompensationswandler **5** ist ein zweifach verschachtelter Kompensationswandler, d. h. er weist zwei Phasen **6, 7** auf, die zwischen den mit einer Last, in diesem Fall einem Wechselrichter (**3** in [Fig. 1](#)), verbundenen Eingangsanschlüssen **8** und Ausgangsanschlüssen **9** parallelgeschaltet sind.

[0042] Jede der Phasen **6, 7** umfasst einen steuerbaren Schalter **10, 11**, eine Diode **12, 13** und einen Induktor **14, 15**. Die steuerbaren Schalter **10, 11** haben die Form von FET, und werden derart synchron gesteuert, dass ein Schalter **10, 11** offen ist, während der andere Schalter **11, 10** geschlossen ist, wobei jeder Schalter für die Hälfte der Dauer einer Schaltperiode des Kompensationswandlers **5** geschlossen ist. Damit werden die Ein-Phasen der steuerbaren Schalter **10, 11** über eine Schaltperiode des Kompensationswandlers bei 180° geschaltet, und jede Phase wird mit einem Tastverhältnis von 50% betrieben.

[0043] Der Kompensationswandler **5** weist zusätzlich einen Brückengleichrichter **16** mit vier Dioden auf. Der Brückengleichrichter **16** richtet die Eingangswchelspannung gleich und führt den Phasen **6, 7** Gleichspannung zu.

[0044] Wenn der Schalter **10** geschlossen und der Schalter **11** offen ist, ist der Induktor **14** mit der Spannungsquelle verbunden, wobei Energie im Induktor **14** gespeichert wird, während der Induktor **15** in die Last entladen wird, in diesem Fall den Wechselrichter (**3** in [Fig. 1](#)). Entsprechend, wenn der Schalter **11** geschlossen und der Schalter **10** offen ist, ist der Induktor **15** mit der Spannungsquelle verbunden, wobei Energie im Induktor **15** gespeichert wird, während der Induktor **14** in die Last entladen wird.

[0045] Es muss bemerkt werden, dass, auch wenn [Fig. 2](#) einen Kompensationswandler **5** mit zwei Phasen **6, 7** zeigt, es nicht ausgeschlossen ist, dass der Kompensationswandler **5** drei oder mehr Phasen aufweisen kann. In diesem Fall sollten die steuerbaren Schalter der einzelnen Phasen derart gesteuert werden, dass Ein-Phasen der steuerbaren Schalter über eine Schaltperiode des Kompensationswandlers **5** mit $360^\circ/N$ Intervallen geschaltet werden.

[0046] Die [Fig. 3a–Fig. 3c](#) zeigen Schaltbilder eines Kompensationswandlers **5** zur Verwendung in einem Regler nach einer zweiten Ausführung der Erfindung. Ähnlich zu der in [Fig. 2a–Fig. 2c](#) gezeigten ersten Ausführung weist der Kompensationswandler **5** nach den [Fig. 3a–Fig. 3c](#) zwei Phasen **6, 7**, die zwischen Eingangsanschlüssen **8** und Ausgangsanschlüssen **9** parallelgeschaltet sind, und einen Brückengleichrichter **16** auf. Jede Phase **6, 7** weist einen steuerbaren Schalter **10, 11**, eine Diode **12, 13** und einen Induktor **14, 15** auf. Die steuerbaren Schalter werden wie oben unter Hinweis auf [Fig. 2](#) synchron betrieben.

[0047] In dem Schaltbild der [Fig. 3a–Fig. 3c](#) sind beide steuerbare Schalter **10, 11** direkt mit dem negativen Eingangsanschluss **8** verbunden, wobei der positive Eingangsanschluss direkt mit dem positiven Ausgangsanschluss verbunden ist. Der in [Fig. 3a–Fig. 3c](#) gezeigte Kompensationswandler **5** lässt sich einfacher steuern als der Kompensationswandler **5** der [Fig. 2](#). Dies, weil ein überspannungsseitiger Treiber nicht erforderlich ist, da sich die steuerbaren Schalter **10, 11** auf ein Masse-Potential beziehen.

[0048] [Fig. 3a](#) zeigt einfach das Schaltbild mit der ganzen Leitungsführung zwischen den Komponenten der Schaltung. [Fig. 3b](#) zeigt eine Situation, in der der steuerbare Schalter **11** geschlossen ist, während der steuerbare Schalter **10** offen ist. Dabei wird Energie im Induktor **15** gespeichert, wogegen zuvor im Induktor **14** gespeicherte Energie in die Last entladen wird, in diesem Fall einen Wechselrichter (**3** in [Fig. 1](#)). Durchgezogene Linien zeigen Teile des Schaltbilds, durch die ein Strom fließt, wogegen punktierte Linien Teile des Schaltbilds zeigen, durch die kein Strom fließt.

[0049] Entsprechend zeigt [Fig. 3c](#) eine Situation, in der der steuerbare Schalter **10** geschlossen ist, während der steuerbare Schalter **11** offen ist. Dabei wird Energie im Induktor **14** gespeichert, wogegen zuvor im Induktor **15** gespeicherte Energie in die Last entladen wird. Wie oben beschrieben zeigen durchgezogene Linien Teile des Schaltbilds, durch die ein Strom fließt, wogegen punktierte Linien Teile des Schaltbilds zeigen, durch die kein Strom fließt.

[0050] [Fig. 4](#) zeigt ein Schaltbild eines Kompensationswandlers **5** zur Verwendung in einer dritten Ausführung der Erfindung. Der Kompensationswandler **5** weist zwei Phasen **6, 7**, die zwischen Eingangsanschlüssen **8** und Ausgangsanschlüssen **9** parallelgeschaltet sind, und einen Brückengleichrichter **16** mit vier Dioden auf. Jede der Phase **6, 7** umfasst einen steuerbaren Schalter **10, 11** und einen Induktor **14, 15**, und die steuerbaren Schalter **10, 11** werden wie oben beschrieben synchron gesteuert. Die Phasen **6, 7** sind, wie auch in [Fig. 2](#) gezeigt, zwischen den Ein-

gangsanschlüssen **8** und den Ausgangsanschlüssen **9** verbunden. In dem Schaltbild nach **Fig. 4** sind die Dioden **12, 13** des Kompensationswandlers **5** nach **Fig. 2** durch steuerbare Schalter **17, 18** in der Form von FET ersetzt worden. Die zusätzlichen steuerbaren Schalter **17, 18** stellen sicher, dass die in dem Kompensationswandler **5** entstehenden Energieverluste im Verhältnis zum Kompensationswandler **5** der **Fig. 2** reduziert werden, weil der Energieverlust in einem steuerbaren Schalter kleiner ist als der Energieverlust in einer Diode. Der Kompensationswandler **5** der **Fig. 4** ist besonders geeignet für Systeme, die mit einem niedrigen Tastverhältnis arbeiten.

[0051] **Fig. 5** zeigt ein Schaltbild eines Kompensationswandlers **5** zur Verwendung in einem Regler nach einer vierten Ausführung der Erfindung. Der Kompensationswandler **5** der **Fig. 5** ist dem Kompensationswandler **5** der **Fig. 4** sehr ähnlich. In dem Kompensationswandler **5** der **Fig. 5** sind jedoch zwei der Dioden des Brückengleichrichters **16** durch steuerbare Schalter in der Form von FET ersetzt worden. Weil die durch FET entstehenden Energieverluste erheblich niedriger sind als die Energieverluste in einer Diode, ist zu erwarten, dass die Energieverluste im Kompensationswandler **5** der **Fig. 5** niedriger sind als die Energieverluste im Kompensationswandler **5** nach **Fig. 4**. Dadurch wird der Wirkungsgrad des Kompensationswandlers **5** erhöht. Außerdem sind in **Fig. 5** nur die Dioden durch FET ersetzt worden, die mit Niederspannung verbunden waren, weil sich diese einfacher steuern lassen, wie oben in Verbindung mit **Fig. 3a** beschrieben.

[0052] **Fig. 6** zeigt ein Schaltbild eines Kompensationswandlers **5** zur Verwendung in einem Regler nach einer fünften Ausführung der Erfindung. Der Kompensationswandler **5** der **Fig. 6** ist den Kompensationswandlern der **Fig. 4** und **Fig. 5** sehr ähnlich. In dem Kompensationswandler der **Fig. 6** sind jedoch alle vier Dioden des Brückengleichrichters **16** durch steuerbare Schalter ersetzt worden. Dadurch werden die im Kompensationswandler **5** entstehenden Energieverluste noch weiter reduziert, wobei der Wirkungsgrad des Kompensationswandlers weiter erhöht wird. Zusätzlich weist der Kompensationswandler **5** nur eine Phase **6** auf.

Patentansprüche

1. Regler zum Steuern eines Motors (**4**), wobei der Regler einen Wechselrichter (**3**) und eine Leistungsfaktor-Korrektur (**2**) aufweist, und die Leistungsfaktor-Korrektur (**2**) einen Kompensationswandler (**5**) aufweist und zur Leistungsversorgung des Wechselrichters (**3**) vorgesehen ist.

2. Regler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kompensationswandler (**5**) ein Mehrphasen-Kompensationswandler ist.

3. Regler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Kompensationswandler (**5**) N Phasen (**6, 7**) aufweist, wobei N eine ganze Zahl und $N \geq 2$ ist, und jede Phase (**6, 7**) mindestens einen steuerbaren Schalter (**10, 11**) aufweist, wobei die steuerbaren Schalter (**10, 11**) derart gesteuert werden können, dass Ein-Phasen der steuerbaren Schalter (**10, 11**) über eine Schaltperiode des Kompensationswandlers (**5**) bei $360^\circ/N$ Intervallen geschaltet werden.

4. Regler nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der Phasen (**6, 7**) mindestens einen zusätzlichen steuerbaren Schalter (**17, 18**) aufweist.

5. Regler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Kompensationswandler (**5**) mindestens einen Brückengleichrichter (**16**) aufweist.

6. Regler nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens einer der Brückengleichrichter (**16**) mindestens einen steuerbaren Schalter aufweist.

7. Verdichter mit einem Regelsystem zur Steuerung eines Motors (**4**) des Verdichters, dadurch gekennzeichnet, dass das Regelsystem einen Regler nach einem der vorhergehenden Ansprüche aufweist.

8. Verdichter nach Anspruch 7, wobei der Verdichter ein Verdichter mit variabler Geschwindigkeit ist.

9. Verfahren zur Steuerung eines Motors (**4**), wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:
– Zufuhr einer Eingangsspannung zu einem Regler, der eine Leistungsfaktor-Korrektur (**2**) aufweist,
– Heruntertransformieren der Eingangsspannung mit Hilfe eines Kompensationswandlers (**5**), der Teil des Reglers ist, wobei eine Ausgangsspannung erzielt wird,
– Zufuhr der Ausgangsspannung zu dem Motor (**4**), wobei die Geschwindigkeit des Motors (**4**) gesteuert wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei der Schritt der Zufuhr der Ausgangsspannung zu dem Motor (**4**) die Steuerung der Geschwindigkeit des Motors (**4**) mit Hilfe von Pulsamplitudenmodulation umfasst.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, wobei das Verfahren unter Verwendung eines Reglers nach einem der Ansprüche 1–6 ausgeführt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9–11, wobei der Schritt der Zufuhr der Ausgangsspannung

zu dem Motor (4) die Zufuhr der Ausgangsspannung
zu einem Motor (4) eines Verdichters umfasst.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

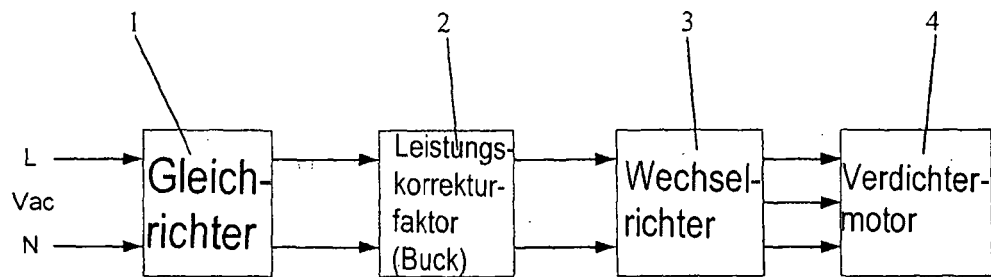


Fig. 1

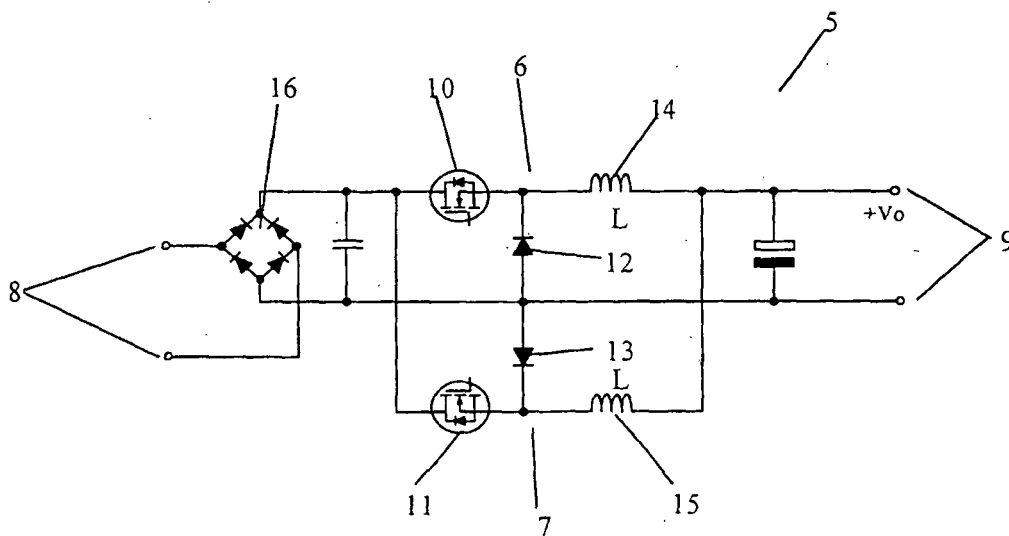


Fig. 2

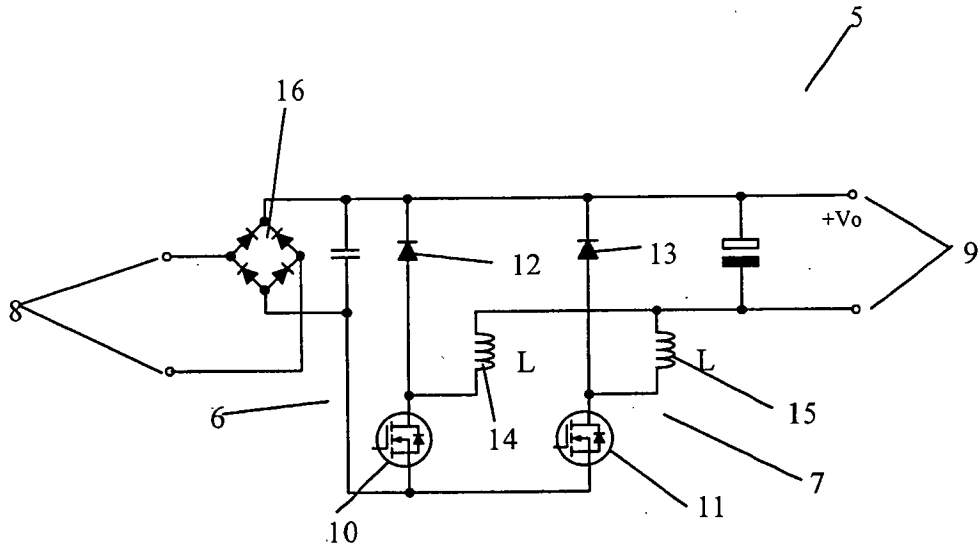


Fig. 3a

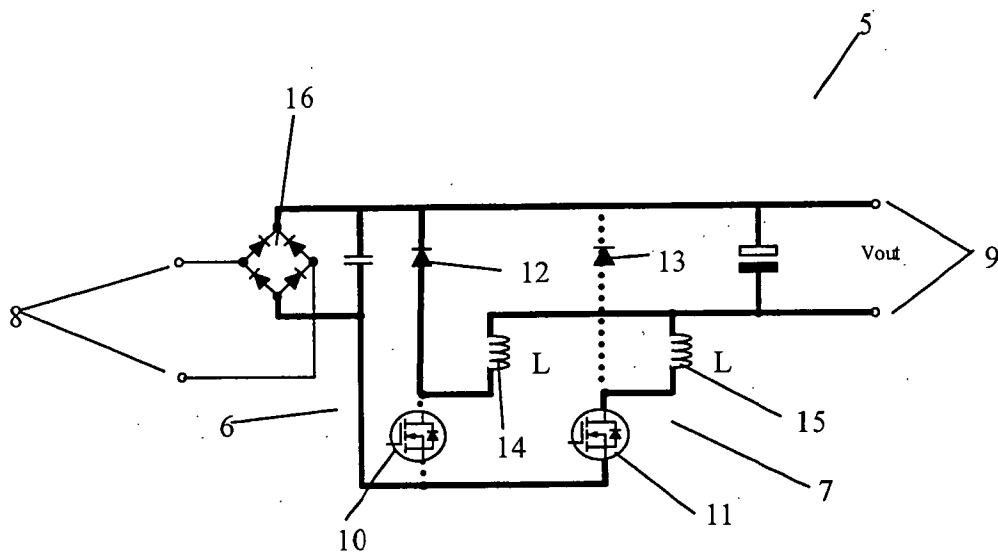


Fig. 3b

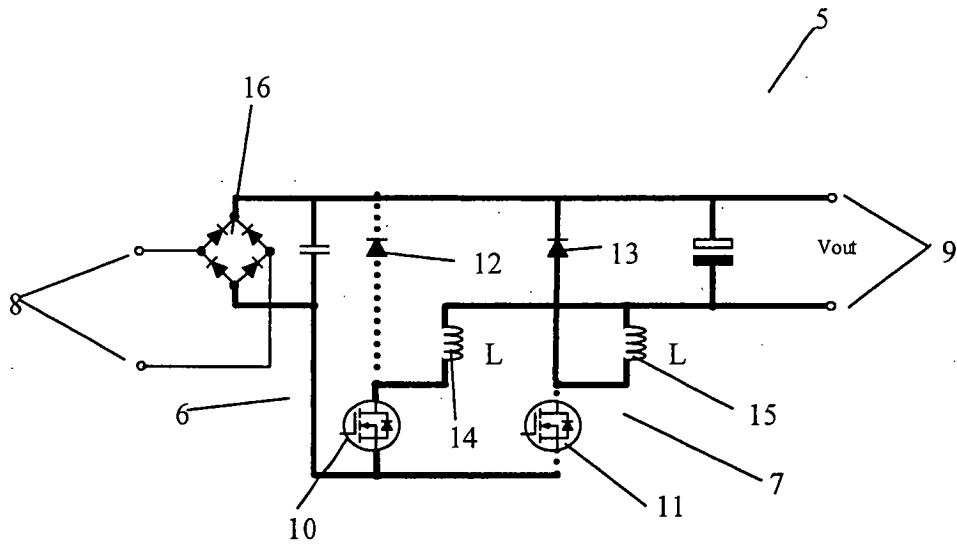


Fig. 3c

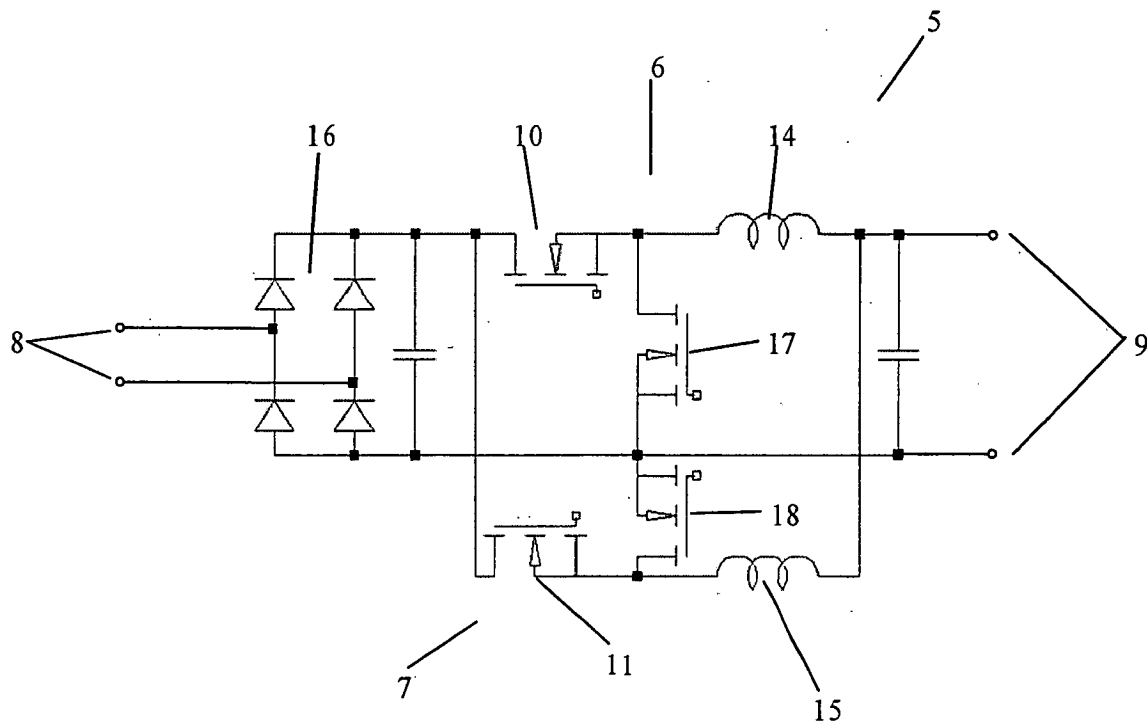


Fig. 4

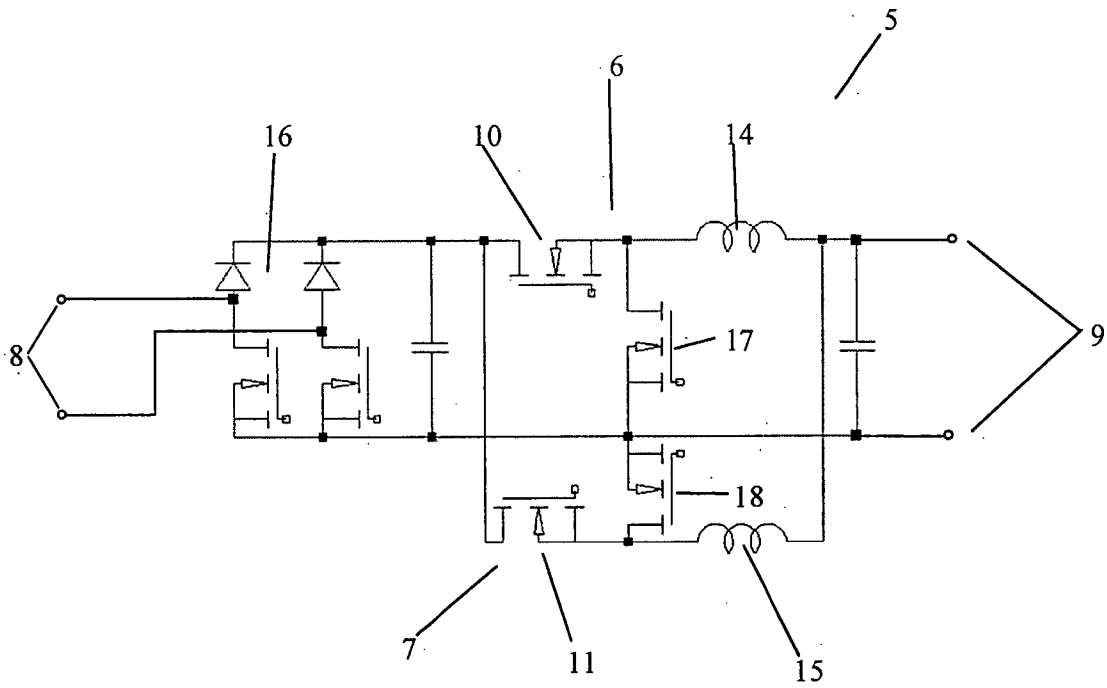


Fig. 5

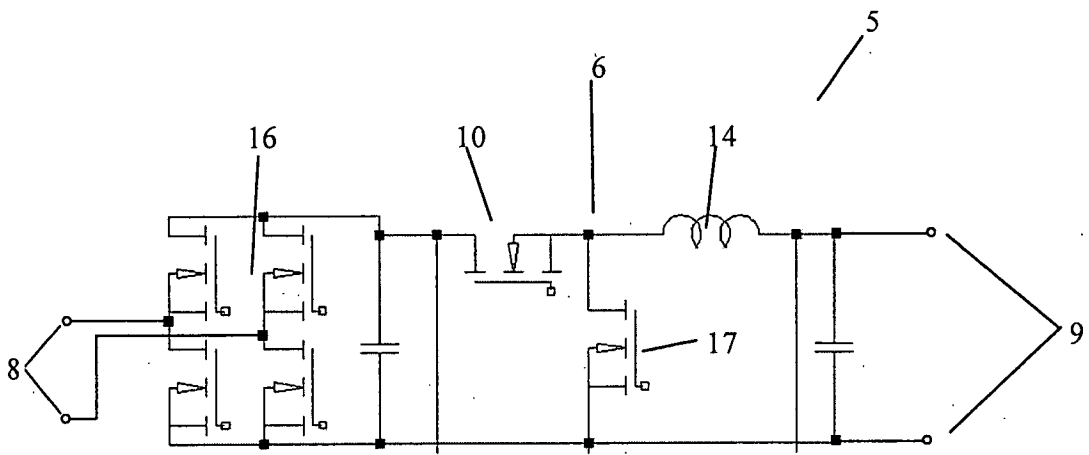


Fig. 6