(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2022 004 498 T5** 2024.08.01

(12) # Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/048074**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2022 004 498.5**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2022/034684**
(86) PCT-Anmeldetag: **16.09.2022**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **30.03.2023**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung in deutscher Übersetzung: **01.08.2024**

(51) Int Cl.: ***H02M 1/42*** (2007.01)

(30) Unionspriorität:
2021-153857 **22.09.2021** **JP**

(71) Anmelder:
GS Yuasa International Ltd., Kyoto, JP

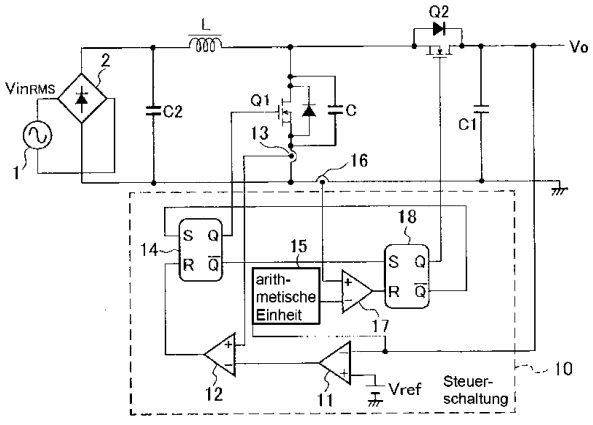
(74) Vertreter:
Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB, 80802 München, DE

(72) Erfinder:
Chiba, Akiteru, Kyoto, JP; Ishikura, Keita, Kyoto, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Leistungsfaktorkorrekturschaltung**

(57) Zusammenfassung: Leistungsfaktorkorrekturschaltung mit einer Reihenschaltung, in der eine Drossel L und ein Steuerschalter Q1 mit beiden Enden einer Gleichrichterschaltung 2, die die Eingangsspannung eines Wechselversorgungsnetzes gleichrichtet, in Reihe geschaltet sind, einer Reihenschaltung, in der ein Synchrongleichrichterschalter Q2 und ein Ausgangskondensator C1 mit zwei Hauptanschlüssen des Steuerschalters verbunden sind, und eine Steuerschaltung 10, die abwechselnd den Steuerschalter und den Synchrongleichrichterschalter ein- und ausschaltet, so dass die Ausgangsspannung des Ausgangskondensators einen ersten vorbestimmten Wert annimmt, und die EIN-Zeit des Steuerschalters steuert, so dass ein Spitzenwert des durch den Steuerschalter fließenden Stroms proportional zur Eingangsspannung ist. Die Steuerschaltung schaltet den Steuerschalter und den Synchrongleichrichterschalter ein und aus, um einen Umkehrerregungsbetrag für die Umkehrerregung der Drossel einzustellen, indem sie bewirkt, dass der durch die Drossel fließende Strom von der Ausgangsspannungsseite zur Eingangsspannungsseite umgekehrt fließt, und der Umkehrerregungsbetrag wird unabhängig von der Eingangsspannung Vi auf einen zweiten vorbestimmten Wert eingestellt.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Leistungsfaktorkorrekturschaltung.

STAND DER TECHNIK

[0002] In einer herkömmlichen kritischen Leistungsfaktorkorrektur(PFC)-schaltung, die eine Synchrongleichrichtung durchführt, konnte eine Nullspannungsschaltung (ZVS) nur dann durchgeführt werden, wenn das Verhältnis zwischen dem Momentanwert Vin der Eingangsspannung und der Ausgangsspannung Vo gleich oder größer als ein vorbestimmter Wert (2Vin ≤ Vo) ist. Da sich außerdem die Frequenz in Abhängigkeit von der Eingangsspannung ändert, konnte kein hoher Wirkungsgrad erzielt werden.

[0003] In Anbetracht der obigen Ausführungen wird im Patentdokument 1 eine Boost-Chopper-Schaltung der Synchrongleichrichtung auf einen vorbestimmten Wert eingestellt, so dass der durch eine Ausgangsdrosselspule fließende Strom innerhalb eines Schaltzyklus sowohl in eine positive als auch in eine negative Richtung fließt, wenn der Ausgangsstrom gleich oder kleiner als ein Nennwert ist. Aus diesem Grund kann die parasitäre Kapazität eines Hauptschaltelements extrahiert werden, wenn ein Gleichrichterelement in einem Zustand ausgeschaltet wird, in dem der Strom einer Ausgangsdrosselspule in eine negative Richtung fließt.

[0004] Das heißt, wenn ein Hauptschaltelement ausgeschaltet ist, wird eine Ausgangsdrosselspule vom Ausgang über ein Gleichrichterelement umgekehrt erregt, so dass die Spannung des Hauptschaltelements abnimmt und eine Nullspannungsschaltung durchgeführt werden kann.

[0005] Im Patentdokument 1 wird jedoch der Vorgang der Leistungsfaktorkorrektur durch Einspeisung von Wechselstrom und Verbesserung des Leistungsfaktors nicht berücksichtigt, und der Umkehrerregungsbetrag wird zum Zeitpunkt der Regelung nicht angepasst.

[0006] In Anbetracht dessen wird in Patentdokument 2 als Leistungsfaktorkorrekturschaltung, die unabhängig von einem Momentanwert der Eingangsspannung und einem Wert der Ausgangsspannung zur Nullspannungsschaltung fähig ist, der umgekehrte Strom berechnet und erhalten. Ein Beispiel für eine Schaltungskonfiguration der Leistungsfaktorkorrekturschaltung des Patentdokuments 2 ist in **Fig.** 14 dargestellt.

[0007] Insbesondere in Patentdokument 2, von Formel 1 (Formel 7 von Patentdokument 2) unten,
[Mathematische Formel 1]

$$Ir \geq \sqrt{\frac{C}{L} Vo(2Vin - Vo)} \qquad \text{... (Formel 1)}$$

erhält man eine Asymptote des Stroms in Rückwärtsrichtung wie in Formel 2 (Formel 9 des Patentdokuments 2) unten.
[Mathematische Formel 2]

$$JR = IR(Vin) = \sqrt{\frac{C}{L}} Vin \qquad \text{... (Formel 2)}$$

[0008] Da es sich bei der Eingangsspannung Vin um einen Momentanwert der Eingangswechselspannung handelt, bedeutet die Bereitstellung des Rückstroms Ir gemäß Formel 2, dass die Nullspannungsschaltung bei jeder Spannung, bei der die Eingangsspannung Vin niedriger ist als die Ausgangsspannung Vo, durchgeführt werden kann, wenn der Rückfluss zu jeder Zeit mindestens bei einem festen Zahlenwert erzeugt wird, der in Formel 3 (Formel 10 des Patentdokuments 2) unten in Bezug auf den Momentanwert der Eingangswechselspannung angegeben ist.
[Mathematische Formel 3]

$$\sqrt{C/L} \qquad \text{... (Formel 3)}$$

[0009] Das heißt, wenn der umgekehrte Strom Ir gleich oder größer ist als ein fester numerischer Wert, der in Formel 3 angegeben ist, wird die Nullspannungsschaltung möglich.

DOKUMENT ZUM STAND DER TECHNIK

PATENTDOKUMENTE

Patentdokument 1: JP-A-2016-220342

Patentdokument 2: JP-A-2021-052578

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

PROBLEME, DIE DURCH DIE ERFINDUNG GELÖST WERDEN SOLLEN

[0010] In der Leistungsfaktorkorrekturschaltung des Patentdokuments 2 ist jedoch ein Betrag des Rückstroms IR im Wesentlichen null, wenn ein Phasenwinkel der Eingangswechselspannung Vin etwa null Grad (oder 180 Grad) beträgt, und zu diesem Zeitpunkt ist auch der Eingangsstrom Iin gemäß der oben beschriebenen Formel 2 im Wesentlichen null. Daher ist gemäß Formel 4 (Formel 13 in Patentdokument 2), die unten in Patentdokument 2 beschrieben ist, die EIN-Zeit tonQ1 eines Steuerschalters Q1, der einen Leistungsfaktor steuert, ebenfalls im Wesent-

lichen Null.
[Mathematische Formel 4]

$$tonQ1 = \frac{2L}{Vin}(Iin + IR) = \frac{2L}{Vin}\left(Iin + \sqrt{\frac{C}{L}}Vin\right) = 2\left(L\frac{Iin}{Vin} + \sqrt{LC}\right)$$

... (Formel 4)

[0011] Daher wird auch die EIN-Zeit tonQ2 eines Synchrongleichrichterschalters Q2 aus Formel 5 (Formel 14 des Patentdokuments 2) unten im Wesentlichen Null.
[Mathematische Formel 5]

$$tonQ2 = \frac{Vp}{Vo - Vp}tonQ1 \qquad \text{... (Formel 5)}$$

[0012] Das heißt, in der Leistungsfaktorkorrekturschaltung des Patentdokuments 2 wird ein Schaltzyklus sehr klein und eine Schaltfrequenz hoch, wenn ein Phasenwinkel der Eingangswechselspannung Vin um null Grad (oder 180 Grad) liegt. In der Leistungsfaktorkorrekturschaltung des Patentdokuments 2 sind sowohl die Eingangsspannung Vin als auch der Eingangsstrom Iin niedrig, wenn der Phasenwinkel um null Grad liegt, aber wenn die Frequenz hoch ist, werden die Schaltverluste auffällig, und ein hoher Wirkungsgrad ist nicht zu erwarten.

[0013] Da die EIN-Zeit tonQ1 des Steuerschalters Q1 im Wesentlichen Null ist, ist auch die Erregungsenergie einer Drossel klein, und ein parasitärer Kondensator oder ein externer Kondensator C kann nicht aufgeladen werden, um die Ausgangsspannung Vo während einer Totzeitperiode zu erreichen, bis der Synchrongleichrichterschalter Q2 nach dem Ausschalten des Steuerschalters Q1 eingeschaltet wird, wie oben in Formel 4 beschrieben. Da die Erregungsenergie der Drossel beim Einschalten des Synchrongleichrichterschalters Q2 nicht auf die Ausgangsseite übertragen werden kann, kann auch keine Energie von der Eingangsseite auf die Ausgangsseite übertragen werden, so dass der Eingangsstrom unterbrochen wird und Stromverzerrungen auftreten (siehe **Fig.** 16). Dies verursacht harmonische Stromverzerrungen, verringert den Leistungsfaktor und erhöht die harmonische Verzerrung.

[0014] Die Leistungsfaktorkorrekturschaltung des Patentdokuments 2 ist ein so genanntes kritisches Verfahren. In einer Leistungsfaktorkorrekturschaltung mit der Konstante aus **Fig.** 14 beträgt der Maximalwert einer Schaltfrequenz in Bezug auf einen AC-Phasenwinkel etwa das 3,5-fache eines Minimalwertes, wie in **Fig.** 15 dargestellt. Dies ist eine Schaltfrequenzcharakteristik, die sich nicht wesentlich von der einer kritischen Leistungsfaktorkorrekturschaltung eines konventionellen Beispiels unterscheidet, und die Schaltverluste konnten nicht verringert werden, und die Zirkulationsverluste konnten nicht wesentlich durch Ladung-Entladung der parasitären Kapazität des Schalters oder dergleichen verringert werden.

[0015] Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung sieht eine Leistungsfaktorkorrekturschaltung vor, die in der Lage ist, eine Nullspannungsschaltung eines Steuerschalters unabhängig von einem Momentanwert der Eingangsspannung und einem Wert der Ausgangsspannung durchzuführen.

MITTEL ZUR LÖSUNG DER PROBLEME

[0016] Um das obige Problem zu lösen, umfasst eine Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung eine Gleichrichterschaltung, die die Eingangsspannung eines Wechselversorgungsnetzes gleichrichtet, eine erste Reihenschaltung, in der eine Drossel und ein Steuerschalter in Reihe mit beiden Enden der Gleichrichterschaltung verbunden sind, eine zweite Reihenschaltung, in der ein Synchrongleichrichterschalter und ein Ausgangskondensator in Reihe mit zwei Hauptanschlüssen des Steuerschalters verbunden sind, und eine Steuerschaltung, die abwechselnd den Steuerschalter und den Synchrongleichrichterschalter ein- und ausschaltet, so dass die Ausgangsspannung des Ausgangskondensators einen ersten vorbestimmten Wert annimmt, und die EIN-Zeit des Steuerschalters so steuert, dass ein Spitzenwert des durch den Steuerschalter fließenden Stroms proportional zur Eingangsspannung ist. Die Steuerschaltung schaltet den Steuerschalter und den Synchrongleichrichterschalter ein und aus, um einen Umkehrerregungsbetrag einzustellen, der die Drossel in umgekehrter Richtung erregt, indem er bewirkt, dass der durch die Drossel fließende Strom von einer Ausgangsspannungsseite zu einer Eingangsspannungsseite zurückfließt, und der Umkehrerregungsbetrag wird unabhängig von der Eingangsspannung auf einen zweiten vorbestimmten Wert eingestellt.

[0017] „Einstellen“ kann hier bedeuten, einen Wert näher an einen Befehlswert (z. B. einen festen oder berechneten Wert) heranzuführen oder einen Wert näher an einen Wert zu bringen, der von einem gemessenen Wert wie der Ausgangsspannung abhängt.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 ist ein Schaltkreiskonfigurationsdiagramm einer Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß einer ersten Ausführungsform.

Fig. 2 ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen einem AC-Phasenwinkel und einer Schaltfrequenz (wenn α = 1) der Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß der ersten Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 3 ist ein Diagramm zur Veranschaulichung des Eingangswechselstroms, des Stroms der Drossel und der Hüllkurve des Spitzenwerts des Stroms der Drossel der Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß der ersten Ausführungsform.

Fig. 4 ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen einem AC-Phasenwinkel und einer Schaltfrequenz (wenn α = 1,5) der Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß der ersten Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 5 ist ein Schaltkreiskonfigurationsdiagramm der Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß einem Modifikationsbeispiel der ersten Ausführungsform.

Fig. 6 ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen einem AC-Phasenwinkel und einer Schaltfrequenz der Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß einem Modifikationsbeispiel der ersten Ausführungsform darstellt.

Fig. 7 ist ein Diagramm zur Veranschaulichung des Eingangswechselstroms und der Hüllkurve des Spitzenwerts des Stroms der Drossel der Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß einem Modifikationsbeispiel der ersten Ausführungsform.

Fig. 8 ist ein Schaltkreiskonfigurationsdiagramm der Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß einer zweiten Ausführungsform.

Fig. 9 ist ein Schaltkreiskonfigurationsdiagramm, das einen Steuerschalter, die parasitäre Kapazität eines Synchrongleichrichterschalters und einen externen Kondensator der in **Fig.** 8 dargestellten Leistungsfaktorkorrekturschaltung zeigt.

Fig. 10 ist ein Diagramm, das einen Steuerschalter, einen Synchrongleichrichterschalter und einen Polaritätsumschalter bei positiver Eingangswechselspannung in der Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß **Fig.** 8 zeigt.

Fig. 11 zeigt den Steuerschalter, den Synchrongleichrichterschalter und den Polaritätsumschalter bei negativer Eingangswechselspannung in der Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß **Fig.** 8.

Fig. 12 ist ein Schaltkreiskonfigurationsdiagramm der Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß einer dritten Ausführungsform.

Fig. 13 ist ein Schaltkreiskonfigurationsdiagramm der Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß einer vierten Ausführungsform.

Fig. 14 ist ein Schaltkreiskonfigurationsdiagramm einer Leistungsfaktorkorrekturschaltung eines in Patentdokument 2 beschriebenen herkömmlichen Beispiels.

Fig. 15 ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen einem AC-Phasenwinkel und einer Schaltfrequenz der Leistungsfaktorkorrekturschaltung des in **Fig.** 14 dargestellten herkömmlichen Beispiels veranschaulicht.

Fig. 16 ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen der Eingangsspannung Vin und dem Eingangsstrom Iin sowie einen diskontinuierlichen Bereich des Eingangsstroms der Leistungsfaktorkorrekturschaltung des in **Fig.** 14 dargestellten herkömmlichen Beispiels veranschaulicht.

AUSFÜHRUNGSFORM DER ERFINDUNG

[0018] Nachfolgend wird eine Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen im Einzelnen beschrieben.

[0019] Die Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß dieser Ausführungsform ermöglicht eine Nullspannungsschaltung, wenn ein Steuerschalter bei allen Phasenwinkeln der Wechselspannung ausgeschaltet ist, und ermöglicht eine Leistungsfaktorkorrektur mit geringerer Verzerrung. Außerdem macht die Leistungsfaktorkorrekturschaltung die EIN-Zeit eines Steuerschalters konstant, wenn eine Last aufgrund der Einstellung eines Umkehrerregungsbetrags schwankt, und ermöglicht eine Leistungsfaktorkorrektur mit geringerer Verzerrung.

[0020] Da die Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß dieser Ausführungsform den Strom in eine Drossel zurückfließen lässt und einen Resonanzbetrieb (weiches Schalten) durchführt, können die Schaltverluste auf einen kleinen Wert reduziert werden, wenn ein vorhandener, relativ preiswerter FET verwendet wird. Wird für diese kritische Leistungsfaktorkorrekturschaltung eine relativ teure Schaltvorrichtung der neuesten oder übernächsten Generation verwendet, kann ein hoher Wirkungsgrad beibehalten werden, ohne eine Eigenschaft der Vorrichtung zu beeinträchtigen.

(Erste Ausführungsform)

[0021] Eine Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß einer ersten Ausführungsform wird unter Bezugnahme auf ein Schaltungskonfigurationsdiagramm beschrieben.

[0022] **Fig.** 1 ist ein Schaltungskonfigurationsdiagramm der Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß der ersten Ausführungsform. Die Leistungsfaktorkorrekturschaltung umfasst ein Wechselversorgungsnetz 1, eine Vollweg-Gleichrichterschaltung 2,

die die Eingangsspannung des Wechselversorgungsnetzes 1 vollweggleichrichtet, und einen Eingangskondensator C2, der mit beiden Enden der Vollweg-Gleichrichterschaltung 2 verbunden ist.

[0023] An beiden Enden der Vollweg-Gleichrichterschaltung 2 sind eine Drossel L und ein Steuerschalter Q1 mit einem Metalloxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor (MOSFET) in Reihe geschaltet.

[0024] Ein Synchrongleichrichterschalter Q2 und ein Ausgangskondensator C1 sind mit einem Drain-Anschluss und einem Source-Anschluss des Steuerschalters Q1 in Reihe geschaltet. Die Ausgangsspannung Vo wird an beiden Enden des Ausgangskondensators C1 ausgegeben.

[0025] Eine Steuerschaltung 10 enthält einen Fehlerverstärker 11, Vergleicher 12 und 17, RS-Flipflop-Schaltungen 14 und 18 und eine arithmetische Einheit 15. Der Fehlerverstärker 11 verstärkt die Fehlerspannung zwischen der Ausgangsspannung Vo und der Referenzspannung Vref und gibt die verstärkte Fehlerspannung an einen invertierenden Eingangsanschluss des Komparators 12 aus. Ein Stromsensor 13 erfasst den durch den Steuerschalter Q1 fließenden Drain-Strom.

[0026] Wenn die Fehlerspannung des Fehlerverstärkers 11 gleich oder größer ist als die Spannung basierend auf dem vom Stromsensor 13 erfassten Strom, gibt der Vergleicher 12 einen niedrigen Pegel an eine Rücksetzklemme R der RS-Flipflop-Schaltung 14 aus. Da zu diesem Zeitpunkt ein hoher Pegel von einem Ausgangsanschluss Q der RS-Flipflop-Schaltung 14 ausgegeben wird, wird der Steuerschalter Q1 eingeschaltet. Da von einer invertierenden Ausgangsklemme der RS-Flipflop-Schaltung 14 ein niedriger Pegel an eine Einstellklemme S der RS-Flipflop-Schaltung 18 ausgegeben wird, wird der Synchrongleichrichterschalter Q2 ausgeschaltet.

[0027] Wenn die Fehlerspannung des Fehlerverstärkers 11 kleiner ist als die Spannung basierend auf dem vom Stromsensor 13 erfassten Strom, gibt der Vergleicher 12 einen hohen Pegel an die Rücksetzklemme R der RS-Flipflop-Schaltung 14 aus. Da zu diesem Zeitpunkt an der Ausgangsklemme Q der RS-Flipflop-Schaltung 14 ein niedriger Pegel ausgegeben wird, wird der Steuerschalter Q1 ausgeschaltet. Da ein hoher Pegel von einer invertierenden Ausgangsklemme der RS-Flipflop-Schaltung 14 an die Einstellklemme S der RS-Flipflop-Schaltung 18 ausgegeben wird, wird der Synchrongleichrichterschalter Q2 eingeschaltet. Da der Steuerschalter Q1 und der Synchrongleichrichterschalter Q2 abwechselnd ein- und ausgeschaltet werden, kann die Ausgangsspannung Vo des Ausgangskondensators C1 so gesteuert werden, dass sie einen ersten vorbestimmten Wert annimmt.

[0028] Ferner steuert die Steuerschaltung 10 die EIN-Zeit des Steuerschalters Q1 so, dass ein Spitzenwert des durch den Steuerschalter Q1 fließenden Stroms proportional zur Eingangsspannung Vin ist. Aus diesem Grund verstärkt die arithmetische Einheit 15 die Ausgangsspannung Vo arithmetisch und gibt die arithmetisch verstärkte Ausgangsspannung Vo von einem invertierenden Ausgangsanschluss der RS-Flipflop-Schaltung 18 über den Vergleicher 17 an den Einstellanschluss S der RS-Flipflop-Schaltung 14 aus, um den Steuerschalter Q1 einzuschalten.

[0029] Außerdem schaltet die Steuerschaltung 10 den Steuerschalter Q1 und den Synchrongleichrichterschalter Q2 ein und aus, um einen Umkehrerregungsbetrag der Drossel L einzustellen, indem der Strom, der durch die Drossel L fließt, von der Ausgangsspannung Vo zur Eingangsspannung Vin zurückfließt.

[0030] Das heißt, unmittelbar nachdem die Erregungsenergie der Drossel L durch Einschalten des Synchrongleichrichterschalters Q2 freigesetzt wurde, wird der Synchrongleichrichterschalter Q2 kontinuierlich eingeschaltet, um einen Rückfluss des Stroms vom Ausgangskondensator C1 zur Eingangsspannung Vin zu bewirken.

[0031] Der Betrag des Stroms, der zurückfließen soll, wird mit Hilfe von mindestens einem Koeffizienten basierend auf einem Induktivitätswert L der Drossel L und einem parasitären Kapazitätswert C des Steuerschalters Q1 zur Verstärkung und der Ausgangsspannung Vo bestimmt.

[0032] Auf diese Weise wird in der Drossel L Energie zur Absorption von Ladung gespeichert, die in der parasitären Kapazität C des Steuerschalters Q1 zum Boosten geladen wird.

[0033] Zur Einstellung eines Umkehrerregungsbetrages umfasst die in **Fig.** 1 dargestellte Leistungsfaktorkorrekturschaltung die arithmetische Einheit 15, einen Stromsensor 16 und den Vergleicher 17. Die arithmetische Einheit 15 verstärkt arithmetisch die Ausgangsspannung Vo und gibt die arithmetisch verstärkte Ausgangsspannung Vo an einen invertierenden Eingangsanschluss des Vergleichers 17 aus. Die arithmetische Einheit 15 erhält einen Sollwert (zweiter vorbestimmter Wert) des umgekehrten Stroms Ir unabhängig von der Eingangsspannung Vi, wie in Formel 6 gezeigt, durch arithmetische Verstärkung der Ausgangsspannung Vo.
[Mathematische Formel 6]

$$Ir = \sqrt{\frac{C}{L}} Vo \cdot \alpha \qquad \text{... (Formel 6)}$$

[0034] Dabei stellt α einen ersten Term dar, der eine reelle Zahl mit einem Betrag von eins oder mehr ist. Da die Ausgangsspannung Vo eine Gleichspannung ist, nimmt die Ausgangsspannung Vo einen konstanten Wert an (erster vorbestimmter Wert). Aus diesem Grund erfordert die Berechnung nach Formel 6 einen geringeren Rechenaufwand als in dem Fall, in dem die Eingangsspannung Vin, deren Momentanwert sich ändert, zur Berechnung des Rückstroms Ir verwendet wird.

[0035] Der Stromsensor 16 entspricht einer Rückerregungsstrom-Erfassungseinheit und erfasst den Rückerregungsstrom, der fließt, wenn die Drossel L rückwärts erregt wird. Der Vergleicher 17 entspricht einer Nullspannungsschalt-Bestimmungseinheit, bestimmt, dass die Nullspannungsschaltung des Steuerschalters Q1 möglich ist, wenn ein vom Stromsensor 16 erfasster Wert des Rückerregungsstroms gleich oder größer als der von der arithmetischen Einheit 15 ausgegebene Wert ist, und gibt einen hohen Pegel an den Rücksetzanschluss R der RS-Flipflop-Schaltung 18 aus.

[0036] Aus diesem Grund wird der niedrige Pegel des Synchrongleichrichterschalters Q2 von der Ausgangsklemme Q der RS-Flipflop-Schaltung 18 ausgegeben, der Synchrongleichrichterschalter Q2 wird ausgeschaltet, und der Rückstrom stoppt.

[0037] Wie oben beschrieben, wird das Ein- und Ausschalten des Steuerschalters Q1 und des Synchrongleichrichterschalters Q2 gesteuert, um zu bewirken, dass Strom mit einem Wert, der durch Multiplikation der Ausgangsspannung Vo mit einem in Formel 6 dargestellten festen Zahlenwert erhalten wird, zur Drossel L zurückfließt. Dadurch kann die Nullspannungsschaltung des Steuerschalters Q1 in allen Phasenwinkelbereichen der sich in einer Sinuswelle ändernden Eingangsspannung leicht durchgeführt werden, ohne dass die Schaltungskonfiguration einer herkömmlichen Leistungsfaktorkorrekturschaltung geändert werden muss.

[0038] Der Steuerschalter Q1 und der Synchrongleichrichterschalter Q2 werden so gesteuert, dass sie durch die Bereitstellung einer Totzeit komplementär ein- und ausgeschaltet werden können.

[0039] In Patentdokument 2 wird der umgekehrte Strom Ir durch Multiplikation einer Proportionalitätskonstante mit einem Momentanwert der Eingangsspannung Vin ermittelt.

[0040] Andererseits wird in der Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß der ersten Ausführungsform die Ausgangsgleichspannung Vo (oder ein Wert Voα, der gleich oder größer als Vo ist) mit einer Proportionalitätskonstante (Formel 3) gemäß Formel 6 multipliziert, und der Rückstrom Ir wird auf einen festen Wert eingestellt.

[0041] Dadurch kann in der Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß der ersten Ausführungsform, wie sie in **Fig.** 2 (für den Fall α = 1) dargestellt ist, im Vergleich zu der in **Fig.** 15 dargestellten Leistungsfaktorkorrekturschaltung des herkömmlichen Beispiels (Patentschrift 2) mit einer ausreichend niedrigen Frequenz geschaltet werden, und insbesondere kann eine Frequenz in der Nähe eines Phasenwinkels von null Grad stark abgesenkt werden.

[0042] **Fig.** 2 ist ein Diagramm, das die Schaltfrequenz in Bezug auf den AC-Eingangsphasenwinkel zeigt, wenn ein erster Term α = 1 in Formel 6 ist. **Fig.** 3 ist ein Diagramm, das den Eingangswechselstrom, den Strom der Schaltdrossel und die Einhüllende des Spitzenwerts des Stroms der Schaltdrossel zeigt. Ein Spitzenwert (negativer Spitzenwert) zum Zeitpunkt des Rückwärtsflusses des Drossel-Schaltstroms, d. h. eine Stromeinhüllende auf der unteren Seite in **Fig.** 3 ist gerade oder im Wesentlichen gerade. Dies bedeutet, dass ein Umkehrerregungsbetrag unabhängig von der Eingangsspannung auf einen zweiten vorbestimmten Wert eingestellt wird. Bezogen auf den Strom der Drossel und den Eingangsstrom Iin in **Fig.** 3 kann, wenn der erste Term α > 1 ist, bei einem weiteren Anstieg des Rückwärtsflusses die EIN-Zeit tonQ1 des Steuerschalters Q1 und die EIN-Zeit tonQ2 des Synchrongleichrichterschalters Q2 erhöht und die Schaltfrequenz gesenkt werden, um Iin beizubehalten.

[0043] **Fig.** 4 zeigt die Beziehung zwischen einem AC-Phasenwinkel und einer Schaltfrequenz, wenn α = 1,5 ist. Durch die Einstellung von α = 1,5, wie in **Fig.** 4 dargestellt, kann die Schaltfrequenz weiter gesenkt werden, und die Schaltverluste und Umlaufverluste aufgrund parasitärer Kapazitäten können ebenfalls stark reduziert werden.

[0044] Ferner kann durch die Einstellung von α = 1,5, wie in **Fig.** 4 dargestellt, eine Schaltfrequenz in der Nähe eines Phasenwinkels von null Grad gesenkt werden. Das heißt, durch die Einstellung von α = 1,5 kann die EIN-Zeit tonQ1 des Steuerschalters Q1 in Formel 4 (Formel 13 in Patentschrift 2) erhöht werden, die Erregungsenergie der Drossel L steigt, und ein parasitärer Kondensator oder der externe Kondensator C kann veranlasst werden, die Ausgangsspannung Vo während einer Totzeitperiode zu erreichen, bis der Synchrongleichrichterschalter Q2 nach dem Ausschalten des Steuerschalters Q1 eingeschaltet wird. Aus diesem Grund kann beim Einschalten des Synchrongleichrichterschalters Q2 Drossel-Erregungsenergie zur Ausgangsseite geschickt werden, d.h. Energie kann von der

Eingangsseite zur Ausgangsseite geschickt werden, so dass die Unterbrechung des Eingangsstroms Iin verbessert wird, ein Leistungsfaktor verbessert wird und auch die harmonische Verzerrung reduziert werden kann.

(Beispiel für eine Änderung der ersten Ausführungsform)

[0045] Als nächstes wird eine Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß einem Modifikationsbeispiel der ersten Ausführungsform unter Bezugnahme auf **Fig.** 5 beschrieben.

[0046] In der Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß dem in **Fig.** 5 dargestellten Modifikationsbeispiel wird der Ausgang der Vollweg-Gleichrichterschaltung 2 im Vergleich zur Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß der in **Fig.** 1 dargestellten ersten Ausführungsform weiter in die arithmetische Einheit 15 eingegeben. Andere Konfigurationen der Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß dem Modifikationsbeispiel sind die gleichen wie die der Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß der ersten Ausführungsform und werden in der detaillierten Beschreibung weggelassen.

[0047] Da das Ausgangssignal der Vollweg-Gleichrichterschaltung 2 in die arithmetische Einheit 15 eingegeben wird, kann der Rückstrom Ir wie in Formel 7 unten eingestellt werden.
[Mathematische Formel 7]

$$Ir = \sqrt{\frac{C}{L}}\left(Vo \cdot \alpha + \beta\right) \qquad \text{... (Formel 7)}$$

[0048] Dabei ist der zweite Term β eine Oberschwingungskomponente, die das Dreifache der Eingangswechselspannung Vin beträgt und mit einer Kreisfrequenz ω wechselt. Da eine Frequenz der Eingangswechselspannung Vin, die durch einen Phasenregelkreis oder ähnliches auf eine dreifache Oberschwingung eingestellt wird, zum Rückstrom Ir in der arithmetischen Einheit 15 addiert wird, wie in **Fig.** 5 dargestellt, erhält man eine flache Form, bei der eine Schaltfrequenz in Bezug auf einen Eingangsphasenwinkel gesteuert wird, wie in **Fig.** 6 dargestellt, und der Schaltverlust kann reduziert werden, wenn eine Schaltfrequenz gesenkt wird. Da es keine unterschiedlichen Frequenzen gibt, können außerdem tatsächliche Schäden, wie z. B. die Störung einer anderen Schaltung durch bestimmte Frequenzen, verhindert werden.

[0049] **Fig.** 7 zeigt die Hüllkurve des Schaltstroms und des Eingangsstroms der Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß dem Änderungsbeispiel der ersten Ausführungsform. Der umgekehrte Strom Ir wird durch Hinzufügen einer Oberschwingung des dreifachen AC-Eingangs erhalten. Eine Oberschwingung des dreifachen AC-Eingangs wird zu einer Stromhüllkurve auf der unteren Seite in **Fig.** 7 hinzugefügt, und es erscheint eine Wellenform, die auf einen zweiten vorbestimmten Wert eingestellt ist.

[0050] Der zweite Term β kann nicht nur eine Oberschwingungskomponente enthalten, die das Dreifache der Eingangswechselspannung Vin beträgt, sondern auch eine Oberschwingungskomponente höherer Ordnung, die durch Multiplikation mit ungeraden Zahlen, z. B. dem Fünffachen und Siebenfachen, erhalten wird. Da der zweite Term β nicht nur eine Oberschwingungskomponente enthält, die dreimal so groß ist wie die Eingangswechselspannung Vin, sondern auch eine Oberschwingungskomponente höherer Ordnung, die durch Multiplikation mit ungeraden Zahlen, z. B. dem Fünffachen und dem Siebenfachen, erhalten wird, hat die in **Fig.** 6 dargestellte Schaltfrequenz eine weitere flache Form in Bezug auf einen Eingangsphasenwinkel, und die Schaltfrequenz nimmt weiter ab, so dass die Schaltverluste weiter reduziert werden können.

(Zweite Ausführungsform)

[0051] Die Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß einer zweiten Ausführungsform wird unter Bezugnahme auf **Fig.** 8 beschrieben. Die Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß der zweiten Ausführungsform ist eine brückenlose Leistungsfaktorkorrekturschaltung mit Totempfahl und umfasst ein Wechselversorgungsnetz, die Drossel L, Stromsensoren 13a und 16a, die Schalter Q1 bis Q4, einen Ausgangskondensator Co und eine Steuerschaltung 10a.

[0052] Da die Vollweg-Gleichrichterschaltung 2 (siehe **Fig.** 1 und 5) nicht verwendet wird, entstehen keine Verluste durch die Vollweg-Gleichrichterschaltung. Das heißt, es ist eine brückenlose Leistungsfaktorkorrekturschaltung vorhanden, die bei allen Phasenwinkeln (in allen Bereichen) der Wechselspannung eine Nullspannungsschaltung ermöglicht.

[0053] Die Hüllkurve des Spitzenwerts eines Drosselstroms in dieser Leistungsfaktorkorrekturschaltung zeigt eine wechselstromähnliche Kurvenform, bei der die in **Fig.** 3 oder 7 dargestellte Hüllkurve und eine durch vertikale Invertierung der Hüllkurve erhaltene Hüllkurve abwechselnd auftreten.

[0054] Der Stromsensor 13a ist in Reihe mit der Drossel L geschaltet und erfasst den Strom, der durch die Drossel L fließt.

[0055] Der Schalter Q1 und der Schalter Q2 sind in Reihe geschaltet, und ein Ende der Drossel L ist mit einem Verbindungsende zwischen dem Schalter Q1 und dem Schalter Q2 verbunden. Eine Reihenschaltung aus dem Schalter Q3 und dem Schalter Q4 ist

mit beiden Enden einer Reihenschaltung aus dem Schalter Q1 und dem Schalter Q2 verbunden. Beide Enden des Ausgangskondensators Co sind mit beiden Enden der Reihenschaltung des Schalters Q3 und des Schalters Q4 verbunden, und die Ausgangsspannung Vo wird aus dem Ausgangskondensator Co gewonnen.

[0056] Der Schalter Q1 und der Schalter Q2 werden komplementär ein- und ausgeschaltet, wobei eine Totzeit vorgesehen ist, und der Schalter Q3 und der Schalter Q4 werden komplementär umgepolt, wobei eine Totzeit vorgesehen ist.

[0057] Zur Steuerschaltung 10a gehören der Fehlerverstärker 11, die Vergleicher 12 und 17, RS-Flipflop-Schaltungen 14a und 18a, die arithmetische Einheit 15, eine Polaritätsbestimmungseinheit 19 und Polaritätsumschalteinheiten 20 bis 22.

[0058] Die Funktionen des Fehlerverstärkers 11, der Vergleicher 12 und 17 und der arithmetischen Einheit 15, die in **Fig.** 8 dargestellt sind, sind die gleichen wie in **Fig.** 1 und werden hier nicht weiter beschrieben.

[0059] Die Ausgangsklemme Q der RS-Flipflop-Schaltung 14a ist mit einer Eingangsklemme der Polaritätsumschalteinheit 21 verbunden, und die Ausgangsklemme Q der RS-Flipflop-Schaltung 18a ist mit der anderen Eingangsklemme der Polaritätsumschalteinheit 21 verbunden.

[0060] Die Polaritätsbestimmungseinheit 19 ermittelt die positive oder negative Polarität der Eingangsspannung Vin und gibt die positive oder negative Polarität an die Polaritätsumschalteinheiten 20 bis 22 aus. Wenn die von der Polaritätsbestimmungseinheit 19 ermittelte Polarität positiv ist, schaltet die Polaritätsumschalteinheit 21 den Steuerschalter Q1 und den Synchrongleichrichterschalter Q2 ein. Der Steuerschalter Q1 wird durch die Ausgabe von der Ausgangsklemme Q der RS-Flipflop-Schaltung 14a ein- und ausgeschaltet. Der Synchrongleichrichterschalter Q2 wird durch den Ausgang der Ausgangsklemme Q der RS-Flipflop-Schaltung 18a ein- und ausgeschaltet.

[0061] Wenn die von der Polaritätsbestimmungseinheit 19 ermittelte Polarität negativ ist, schaltet die Polaritätsumschalteinheit 21 Q1 auf einen Synchrongleichrichterschalter und schaltet Q2 auf einen Steuerschalter. Der Synchrongleichrichterschalter Q1 wird durch die Ausgabe von der Ausgangsklemme Q der RS-Flipflop-Schaltung 14a ein- und ausgeschaltet. Der Steuerschalter Q2 wird durch ein Ausgangssignal von der Ausgangsklemme Q der RS-Flipflop-Schaltung 18a ein- und ausgeschaltet.

[0062] Wenn die von der Polaritätsbestimmungseinheit 19 ermittelte Polarität positiv ist, schaltet die Polaritätsumschalteinheit 22 den Polaritätsumschalter Q3 ein und den Polaritätsumschalter Q4 aus. Wenn die von der Polaritätsbestimmungseinheit 19 ermittelte Polarität negativ ist, schaltet die Polaritätsumschalteinheit 22 den Polaritätsumschalter Q3 aus und den Polaritätsumschalter Q4 ein.

[0063] **Fig.** 9 veranschaulicht die parasitäre Kapazität (durch eine gestrichelte Linie gekennzeichneter Kondensator) der Schalter Q1 bis Q4 und der externen Kondensatoren C1 bis C4 der in **Fig.** 8 dargestellten Leistungsfaktorkorrekturschaltung.

[0064] Als nächstes wird der Betrieb beschrieben, wenn die Eingangswechselspannung Vin in der Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß der in **Fig.** 10 dargestellten zweiten Ausführungsform eine positive Spannung ist. Zu diesem Zeitpunkt arbeitet Q1 durch die Polaritätsbestimmungseinheit 19 und die Polaritätsumschalteinheit 21 als Steuerschalter, Q2 arbeitet als Synchrongleichrichterschalter, der Polaritätsumschalter Q3 wird eingeschaltet und der Polaritätsumschalter Q4 wird ausgeschaltet, wie in **Fig.** 10 dargestellt.

[0065] Zur Vereinfachung eines geschlossenen Kreises wird in **Fig.** 10 die Kapazität C des Steuerschalters Q1 auf C = C1 + C2 und die Kapazität C4 des Polaritätsumschalters Q4 eingestellt. Da der Polaritätsumschalter Q3 eingeschaltet ist und C und C4 parallel geschaltet sind, wird der Rückstrom IR durch Formel 8 ausgedrückt.
[Mathematische Formel 8]

$$IR = \sqrt{\frac{C + C4}{L}} Vo \qquad \text{... (Formel 8)}$$

[0066] Zum Zeitpunkt des Rückflusses wird die Ladung des Kondensators C4 in einem ersten Pfad C4 → Q2 → L → Vin → C4 entnommen. Ferner wird die Ladung des Kondensators C in einem zweiten Pfad C → L → Vin → Q3 → C entnommen. Darüber hinaus wird in einem dritten Pfad Co → Q2 → L → Vin → Q3 → Co eine Gegenerregung für einen Teil durchgeführt, der bei der Gegenerregung durch die Kondensatoren C und C4 nicht ausreicht.

[0067] Als nächstes wird der Betrieb beschrieben, wenn die Eingangswechselspannung Vin negativ ist. Zu diesem Zeitpunkt wird durch die Polaritätsbestimmungseinheit 19 und die Polaritätsumschalteinheit 21, wie in **Fig.** 11 dargestellt, Q1 als Synchrongleichrichterschalter betrieben, Q2 arbeitet als Steuerschalter, der Polaritätsumschalter Q3 wird ausgeschaltet und der Polaritätsumschalter Q4 wird eingeschaltet.

[0068] Zur Vereinfachung eines geschlossenen Kreises wird in **Fig.** 11 die Kapazität C des Steuerschalters Q2 auf C = C1 + C2 und die Kapazität C3 des Polaritätsumschalters Q3 eingestellt. Da der Polaritätsumschalter Q4 eingeschaltet ist und C und C3 parallel geschaltet sind, wird der Rückstrom IR durch Formel 9 ausgedrückt.
[Mathematische Formel 9]

$$IR = \sqrt{\frac{C + C3}{L}} Vo \qquad \text{(Formel 9)}$$

[0069] Zum Zeitpunkt des Umkehrflusses wird die Ladung des Kondensators C3 in einem ersten Pfad C3 → vIN → L → Q1 → C3 entnommen. Ferner wird die Ladung des Kondensators C in einem zweiten Pfad C → Q4 → Vin → L → C entnommen. Darüber hinaus wird in einem dritten Pfad Co → Q4 → Vin → L → Q1 → Co eine Gegenerregung für einen Teil durchgeführt, der bei der Gegenerregung durch die Kondensatoren C und C3 nicht ausreicht.

[0070] Wie oben beschrieben, ist es mit der Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß der zweiten Ausführungsform möglich, einen hohen Wirkungsgrad durch Nullspannungsschaltung bei einem hohen Leistungsfaktor durch dieselbe Steuerung wie bei der Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß der ersten Ausführungsform zu erzielen.

(Dritte Ausführungsform)

[0071] Als nächstes wird die Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß einer dritten Ausführungsform unter Bezugnahme auf **Fig.** 12 beschrieben. In der Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß der ersten Ausführungsform und der Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß der zweiten Ausführungsform ist der Stromsensor 16 vorgesehen, um einen Rückerregungsstrom zu erfassen, der fließt, wenn die Drossel L rückwärts erregt wird.

[0072] Andererseits ist die Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß der in **Fig.** 12 dargestellten dritten Ausführungsform dadurch gekennzeichnet, dass der in **Fig.** 1 dargestellte Stromsensor 16 entfällt und ein mit Hilfe der Drossel L und des parasitären Kapazitätswerts C des Steuerschalters Q1 ermittelter Festwert zur EIN-Zeit eines herkömmlichen kritischen PFC durch digitale Steuerung addiert wird, so dass die EIN-Zeit des Steuerschalters Q1 berechnet und eine Nullspannungsschaltung realisiert wird.

[0073] In der in **Fig.** 12 dargestellten Leistungsfaktorkorrekturschaltung sind die Drossel L und der Steuerschalter Q1 mit einem MOSFET und dem Stromsensor 13a mit beiden Enden der Eingangsspannung Vin in Reihe geschaltet. Der Synchrongleichrichterschalter Q2 und ein Ausgangskondensator C0 sind mit einem Drain-Anschluss und einem Source-Anschluss des Steuerschalters Q1 in Reihe geschaltet. Eine Reihenschaltung aus einem Widerstand R1 und einem Widerstand R2 ist mit beiden Enden des Ausgangskondensators C0 verbunden. Die Ausgangsspannung Vo wird von beiden Enden des Ausgangskondensators C0 ausgegeben.

[0074] Eine Steuerschaltung 10b umfasst einen tonQ1-Rechner 31, einen tonQ2-Rechner 32, einen Multiplikator 33, einen Addierer 34, eine Sägezahnwellen-Erzeugungsschaltung 35, einen Vergleicher 36 und einen Inverter 37.

[0075] Der Stromsensor 13a ist mit der Drossel L in Reihe geschaltet und erfasst den Eingangsstrom Iin, der durch die Drossel L fließt.

[0076] Unter der Annahme, dass der durchschnittliche Strom eines Schaltzyklus dem Eingangsstrom Iin entspricht, wird die EIN-Zeit tonQ1 des Steuerschalters Q1 durch Formel 10 ausgedrückt. Der tonQ1-Rechner 31 berechnet die EIN-Zeit tonQ1 des Steuerschalters Q1 nach Formel 10.
[Mathematische Formel 10]

$$tonQ1 = \frac{2L}{Vin}(Iin + IR) = \frac{2L}{Vin}\left(Iin + \sqrt{\frac{C}{L}} Vo\right)$$

... (Formel 10)

[0077] Die erste EIN-Zeit des Steuerschalters Q1 einer herkömmlichen kritischen BLK entspricht dem ersten Term der Formel 10. Der zweite Term der Formel 10 ist die zweite EIN-Zeit, die mit Hilfe der Drossel L, der parasitären Kapazität C des Steuerschalters Q1, der Eingangsspannung Vin und der Ausgangsspannung Vo bestimmt wird, und entspricht einem Umkehrerregungsbetrag gemäß Formel 6.

[0078] Das heißt, die EIN-Zeit tonQ1 des Schalters Q1 der vorliegenden Erfindung ist die Zeit, die man erhält, indem man zur ersten EIN-Zeit des Steuerschalters Q1 der herkömmlichen kritischen BLK-Schaltung die zweite EIN-Zeit addiert, die anhand eines Induktivitätswerts der Drossel L, des parasitären Kapazitätswerts C des Steuerschalters Q1 und der Ausgangsspannung Vo bestimmt wird.

[0079] Aus diesem Grund berechnet der Rechner 31 von tonQ1 die erste EIN-Zeit des Steuerschalters Q1 basierend auf dem vom Stromsensor 13a erfassten Eingangsstrom Iin, der Eingangsspannung Vin und einem Reaktanzwert der Drossel L und addiert zu der ersten EIN-Zeit die zweite EIN-Zeit, die unter Verwendung eines Induktivitätswerts der Drossel L, des parasitären Kapazitätswerts C des Steuerschalters Q1, der Eingangsspannung Vin und der Ausgangsspannung Vo ermittelt wird, um die EIN-Zeit tonQ1 des Steuerschalters Q1 zu erhalten.

[0080] Das heißt, durch Addieren eines vorbestimmten Werts, der unter Verwendung eines Reaktanzwerts der Drossel L, des parasitären Kapazitätswerts C des Steuerschalters Q1, der Eingangsspannung Vin und der Ausgangsspannung Vo bestimmt wird, zur Zeit, die basierend auf dem Eingangsstrom Iin, der Eingangsspannung Vin und einem Reaktanzwert der Drossel L berechnet wird, kann die EIN-Zeit tonQ1 des Steuerschalters Q1 unter Berücksichtigung eines Umkehrerregungsbetrags ermittelt werden.

[0081] Durch die Ermittlung der EIN-Zeit tonQ1 des Steuerschalters Q1 unter Berücksichtigung eines Umkehrerregungsbetrags ohne Erfassung des Rückwärtsstroms (Umkehrerregungsbetrag), wie in Formel 6 durch den Stromsensor 16 dargestellt, ist es daher möglich, eine Nullspannungsschaltung des Steuerschalters Q1 zu realisieren.

[0082] Der tonQ2-Rechner 32 berechnet die Differenzspannung (Vo - Vp) zwischen der Eingangsspannung Vin (Vp) und der Ausgangsspannung Vo und erhält einen geteilten Wert, der sich aus der Division der Eingangsspannung Vp durch die Differenzspannung (Vo - Vp) ergibt.

[0083] Ferner multipliziert der Multiplikator 33 für die EIN-Zeit tonQ2 des Schalters Q2 die EIN-Zeit tonQ1 des Steuerschalters Q1 mit dem geteilten Wert, den der Rechner 32 für tonQ2 aus einer Beziehung des Spannungs-Zeit-Produkts der Drossel L erhält. Das heißt, der Multiplikator 33 berechnet die EIN-Zeit tonQ2 des Schalters Q2 nach Formel 11.
[Mathematische Formel 11]

$$tonQ2 = \frac{Vp}{Vo - Vp} tonQ1 \qquad \text{... (Formel 11)}$$

[0084] Der Addierer 34 addiert die EIN-Zeit tonQ2 des Schalters Q2 aus dem Multiplikator 33 zur EIN-Zeit tonQ1 des Steuerschalters Q1 und erhält so die Zeit T. Ein Schaltzyklus T wird durch die Zeit T bestimmt.

[0085] Die Sägezahnwellen-Erzeugungsschaltung 35 erzeugt ein Sägezahnsignal, dessen Spitzenwert T basierend auf der Zeit T des Addierers 34 ist. Der Vergleicher 36 gibt ein Sägezahnsignal von der Sägezahnwellen-Erzeugungsschaltung 35 an einen invertierenden Eingangsanschluss und die EIN-Zeit tonQ1 des Steuerschalters Q1 vom tonQ1-Rechner 31 an einen nichtinvertierenden Eingangsanschluss.

[0086] Wenn die EIN-Zeit tonQ1 des Steuerschalters Q1 aus dem Rechner 31 für tonQ1 gleich oder größer als ein Wert eines Sägezahnwellen-Signals aus der Sägezahnwellen-Erzeugungsschaltung 35 ist, legt der Vergleicher 36 ein High-Pegel-Signal an ein Gate des Steuerschalters Q1 an, um den Steuerschalter Q1 einzuschalten.

[0087] Wenn die EIN-Zeit tonQ1 des Steuerschalters Q1 aus dem tonQ1-Rechner 31 gleich oder größer als ein Wert eines Sägezahnwellen-Signals aus der Sägezahnwellen-Erzeugungsschaltung 35 ist, invertiert der Vergleicher 36 ein High-Pegel-Signal durch den Inverter 37 und legt ein Low-Pegel-Signal an ein Gate des Schalters Q2 an, um den Schalter Q2 auszuschalten.

[0088] Wenn die EIN-Zeit tonQ1 des Steuerschalters Q1 aus dem Rechner 31 für tonQ1 kleiner ist als ein Wert eines Sägezahnwellen-Signals aus der Sägezahnwellen-Erzeugungsschaltung 35, legt der Vergleicher 36 ein Low-Pegel-Signal an ein Gate des Steuerschalters Q1 an, um den Steuerschalter Q1 auszuschalten.

[0089] Wenn die EIN-Zeit tonQ1 des Steuerschalters Q1 aus dem tonQ1-Rechner 31 kleiner ist als ein Wert eines Sägezahnwellen-Signals aus der Sägezahnwellen-Erzeugungsschaltung 35, invertiert der Vergleicher 36 ein Low-Pegel-Signal durch den Inverter 37 und legt ein High-Pegel-Signal an ein Gate des Schalters Q2 an, um den Schalter Q2 einzuschalten. Darüber hinaus werden die Schalter Q1 und Q2 so gesteuert, dass sie durch den Betrieb der Sägezahnwellen-Erzeugungsschaltung 35 und des Vergleichers 36 komplementär ein- und ausgeschaltet werden, wobei eine Totzeit vorgesehen ist.

[0090] Wie oben beschrieben, wird bei der Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß der dritten Ausführungsform der Stromsensor 16 gelöscht und ein vorbestimmter Wert, der mit Hilfe der Drossel L und des parasitären Kapazitätswerts C ermittelt wurde, durch digitale Steuerung zur EIN-Zeit einer herkömmlichen kritischen BLK addiert, so dass die EIN-Zeit des Schalters Q1 berechnet werden kann und eine Nullspannungsschaltung realisiert werden kann.

(Vierte Ausführungsform)

[0091] Als nächstes wird die Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß einer vierten Ausführungsform unter Bezugnahme auf **Fig.** 13 beschrieben. Die Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß der in **Fig.** 13 dargestellten vierten Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, dass der in **Fig.** 8 dargestellte Stromsensor 16a entfällt und ein vorbestimmter Wert, der unter Verwendung der Drossel L und des parasitären Kapazitätswerts C des Steuerschalters Q1 ermittelt wurde, durch digitale Steuerung zur EIN-Zeit einer herkömmlichen kritischen BLK addiert wird, so dass die EIN-Zeit des Steuerschalters Q1 berechnet und eine Nullspannungsschaltung realisiert wird.

[0092] Eine Steuerschaltung 10c enthält die Vollweg-Gleichrichterschaltung 2, die Polaritätsbestimmungseinheit 19, die Polaritätsumschalteinheiten 20 bis 22, einen tonQ1-Rechner 31a, den tonQ2-Rechner 32, den Multiplikator 33, den Addierer 34, die Sägezahnwellen-Erzeugungsschaltung 35, einen Komparator 36a und einen Inverter 37a. Die Vollweg-Gleichrichterschaltung 2, die Polaritätsbestimmungseinheit 19 und die Polaritätsumschalteinheiten 20 bis 22 sind unter Bezugnahme auf **Fig.** 9 beschrieben und werden in der Beschreibung nicht berücksichtigt.

[0093] Der Rechner 31a berechnet die erste EIN-Zeit des Steuerschalters Q1 basierend auf dem vom Stromsensor 13a erfassten Eingangsstrom Iin, der Eingangsspannung Vin der Vollweg-Gleichrichterschaltung 2 und einem Reaktanzwert der Drossel L und addiert zu der ersten EIN-Zeit die zweite EIN-Zeit, die unter Verwendung eines Induktivitätswertes der Drossel L, des parasitären Kapazitätswertes C des Steuerschalters Q1, der Eingangsspannung Vin und der Ausgangsspannung Vo bestimmt wird, um die EIN-Zeit tonQ1 des Steuerschalters Q1 zu erhalten. Der Vergleicher 36a gibt ein Vergleicher-Ausgangssignal an die Polaritätsumschalteinheit 21 aus. Der Inverter 37a gibt einen Inverter-Ausgang an die Einheit 21 zur Polaritätsumschaltung aus.

[0094] Die Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß der vierten Ausführungsform, die wie oben beschrieben konfiguriert ist, umfasst den tonQ1-Rechner 31a, den tonQ2-Rechner 32, den Multiplikator 33, den Addierer 34, die Sägezahnwellen-Erzeugungsschaltung 35, den Komparator 36a und den Inverter 37a, so dass eine ähnliche Wirkung wie bei der Leistungsfaktorkorrekturschaltung gemäß der dritten Ausführungsform erzielt werden kann.

BESCHREIBUNG DER BEZUGSZEICHEN

1	Wechselversorgungsnetz
2	Vollweg-Gleichrichterschaltung
10, 10a, 10b, 10c	Steuerschaltung
11	Fehlerverstärker
12, 17	Vergleicher
13, 13a, 16, 30	Stromsensor
14, 14a, 18, 18a	RS-Flipflop-Schaltung
15	arithmetische Einheit
19	Polaritätsbestimmungseinheit
20, 21, 22	Einheit zur Umschaltung der Polarität
31, 31a	tonQ1-Rechner
32	tonQ2-Rechner
33	Multiplikator
34	Addierer
35	Sägezahnwellen-Erzeugungsschaltung
36, 36a	Vergleicher
37, 37a	Inverter
Vin	Eingangsspannung
C1	Ausgangskondensator
C2	Eingangskondensator
L	Drossel
Q1	Steuerschalter
Q2	Synchrongleichrichterschalter
D1, D2	interne Diode
C10, C11	externer Kondensator
R1, R2	Widerstand

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2016220342 A [0009]
- JP 2021052578 A [0009]

Patentansprüche

1. Leistungsfaktorkorrekturschaltung mit:
eine Gleichrichterschaltung, die die Eingangsspannung eines Wechselversorgungsnetzes gleichrichtet;
eine erste Reihenschaltung, bei der eine Drossel und ein Steuerschalter mit beiden Enden der Gleichrichterschaltung in Reihe geschaltet sind;
eine zweite Reihenschaltung, in der ein Synchrongleichrichterschalter und ein Ausgangskondensator mit zwei Hauptanschlüssen des Steuerschalters in Reihe geschaltet sind; und
eine Steuerschaltung, die den Steuerschalter und den Synchrongleichrichterschalter abwechselnd ein- und ausschaltet, so dass eine Ausgangsspannung des Ausgangskondensators einen ersten vorbestimmten Wert annimmt, und eine EIN-Zeit des Steuerschalters so steuert, dass ein Spitzenwert des durch den Steuerschalter fließenden Stroms proportional zur Eingangsspannung ist, wobei
die Steuerschaltung den Steuerschalter und den Synchrongleichrichterschalter ein- und ausschaltet, um einen Umkehrerregungsbetrag einzustellen, der die Drossel in umgekehrter Richtung erregt, indem er bewirkt, dass der Strom, der durch die Drossel fließt, von einer Ausgangsspannungsseite zu einer Eingangsspannungsseite rückwärts fließt, und
der Umkehrerregungsbetrag wird unabhängig von der Eingangsspannung auf einen zweiten vorbestimmten Wert eingestellt.

2. Leistungsfaktorkorrekturschaltung mit:
eine Drossel, die mit einem Ende an ein Wechselversorgungsnetz und mit einem anderen Ende an einen ersten Hauptanschluss eines Steuerschalters angeschlossen ist;
eine erste Reihenschaltung, in der ein Synchrongleichrichterschalter und ein Ausgangskondensator mit dem ersten Hauptanschluss und einem zweiten Hauptanschluss des Steuerschalters in Reihe geschaltet sind;
eine zweite Reihenschaltung, in der ein erster Polaritätsumschalter und ein zweiter Polaritätsumschalter in Reihe mit beiden Enden einer Reihenschaltung des Steuerschalters und des Synchrongleichrichterschalters verbunden sind; und
eine Steuerschaltung, die den Steuerschalter und den Synchrongleichrichterschalter abwechselnd ein- und ausschaltet, so dass die Ausgangsspannung des Ausgangskondensators einen ersten vorbestimmten Wert annimmt, um die EIN-Zeit des Steuerschalters so zu steuern, dass ein Spitzenwert des durch den Steuerschalter fließenden Stroms proportional zur Eingangsspannung des Wechselversorgungsnetzes ist, und den Steuerschalter und den Synchrongleichrichterschalter entsprechend der Polarität der Eingangsspannung des Wechselversorgungsnetzes schaltet und die Verarbeitung des Einschaltens des ersten Polaritätsumschalters und des zweiten Polaritätsumschalters und des Ausschaltens des anderen des ersten Polaritätsumschalters und des zweiten Polaritätsumschalters schaltet, wobei
die Steuerschaltung den Steuerschalter und den Synchrongleichrichterschalter ein- und ausschaltet, um einen Umkehrerregungsbetrag der Umkehrerregung der Drossel einzustellen, indem der durch die Drossel fließende Strom von einer Ausgangsspannungsseite zu einer Eingangsspannungsseite rückwärts fließt, und
der Umkehrerregungsbetrag wird unabhängig von der Eingangsspannung auf einen zweiten vorbestimmten Wert eingestellt.

3. Leistungsfaktorkorrekturschaltung nach Anspruch 1 oder 2, bei der der Umkehrerregungsbetrag unter Verwendung eines Induktivitätswerts L der Drossel, eines parasitären Kapazitätswerts C des Steuerschalters und der Ausgangsspannung Vo bestimmt wird.

4. Leistungsfaktorkorrekturschaltung nach Anspruch 3, wobei der Umkehrerregungsbetrag durch eine erste mathematische Formel $(\sqrt{}/(C/L)) \times Vo \times \alpha$ bestimmt wird, die einen auf dem Induktivitätswert L der Drossel und der parasitären Kapazität C des Steuerschalters basierenden Koeffizienten umfasst, wobei die Ausgangsspannung Vo und einen ersten Term enthält, der eine reelle Zahl von eins oder mehr ist.

5. Leistungsfaktorkorrekturschaltung nach Anspruch 3, wobei der Umkehrerregungsbetrag durch eine zweite mathematische Formel $(\sqrt{}/(C/L)) \times (Vo \times \alpha + \beta)$ bestimmt wird, die einen Koeffizienten basierend auf dem Induktivitätswert L der Drossel und dem parasitären Kapazitätswert C des Steuerschalters, der Ausgangsspannung Vo und einem ersten Term α und einem zweiten Term β, die reelle Zahlen von eins oder mehr sind, enthält, wobei der zweite Term β eine Harmonische mit einer Frequenz ist, die das n-fache einer Eingangsfrequenz beträgt (n ist eine ganze Zahl von drei oder mehr).

6. Leistungsfaktorkorrekturschaltung nach Anspruch 5, ferner umfassend:
eine Rückerregungsstrom-Erfassungseinheit, die den Rückerregungsstrom erfasst, der fließt, wenn die Drossel rückwärts erregt wird; und
eine Nullspannungsschalt-Bestimmungseinheit, die bestimmt, dass eine Nullspannungsschaltung des Steuerschalters möglich ist, wenn ein von der Rückerregungsstrom-Erfassungseinheit erfasster Wert des Rückerregungsstroms gleich oder größer ist als ein durch die zweite mathematische Formel bestimmter Wert.

7. Leistungsfaktorkorrekturschaltung nach Anspruch 4, wobei die Steuerschaltung einen ersten

Rechner enthält, der basierend auf dem durch die Drossel fließenden Eingangsstrom, der Eingangsspannung und einem Reaktanzwert der Drossel eine erste EIN-Zeit des Steuerschalters berechnet und zu der ersten EIN-Zeit eine zweite EIN-Zeit addiert, die durch einen Reaktanzwert der Drossel, einen parasitären Kapazitätswert des Steuerschalters, die Eingangsspannung, die Ausgangsspannung Vo und den ersten Term α bestimmt wird, um eine EIN-Zeit des Steuerschalters zu erhalten.

8. Leistungsfaktorkorrekturschaltung nach Anspruch 5, wobei die Steuerschaltung einen ersten Rechner enthält, der basierend auf dem durch die Drossel fließenden Strom, der Eingangsspannung und einem Reaktanzwert der Drossel die erste EIN-Zeit des Steuerschalters berechnet und zu der ersten EIN-Zeit addiert, eine zweite EIN-Zeit, die durch einen Reaktanzwert der Drossel, einen parasitären Kapazitätswert des Steuerschalters, die Eingangsspannung, die Ausgangsspannung Vo, den ersten Term α und den zweiten Term β bestimmt wird, um eine EIN-Zeit des Steuerschalters zu erhalten, wobei der zweite Term β eine Harmonische mit einer Frequenz ist, die das n-fache einer Eingangsfrequenz beträgt (n ist eine ganze Zahl von drei oder mehr).

Es folgen 12 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

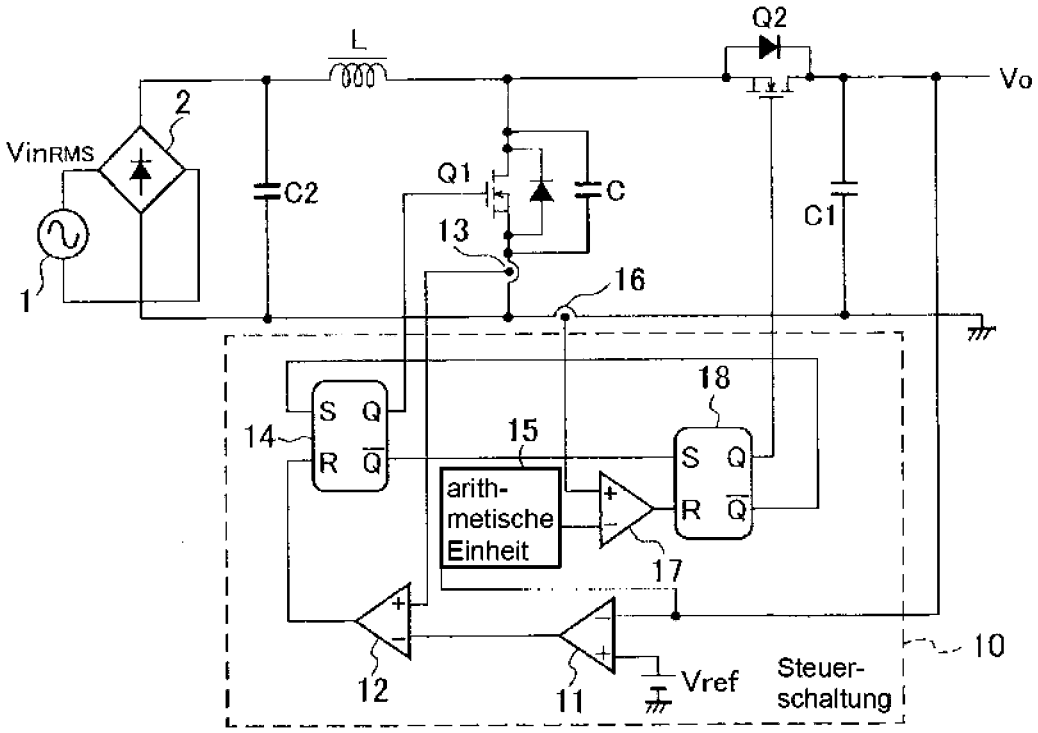


Fig. 2

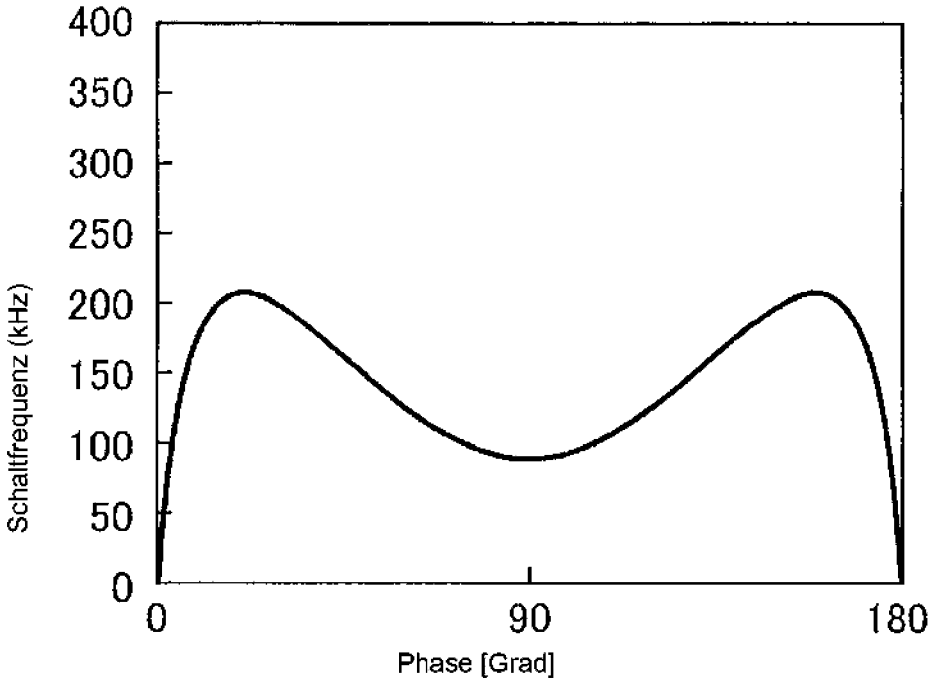


Fig. 3

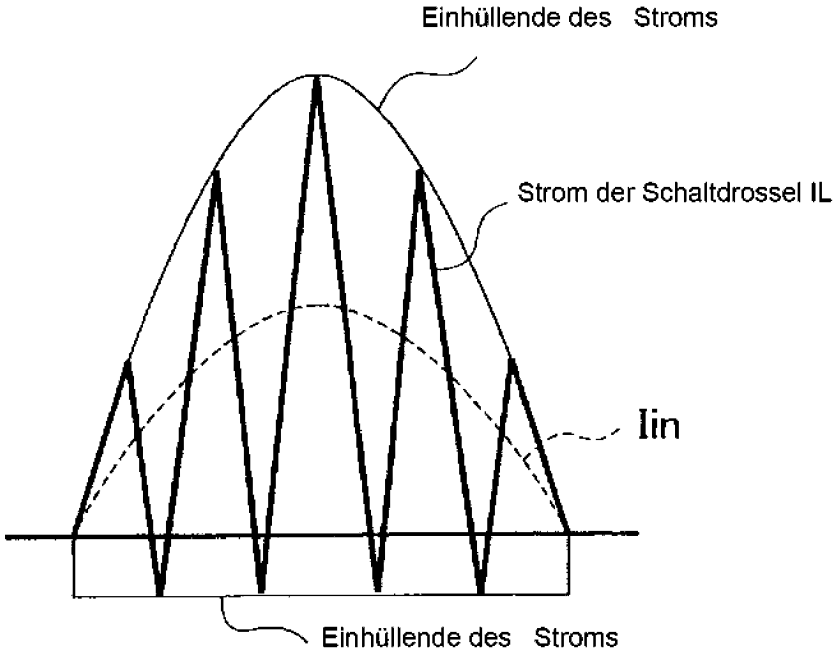

Einhüllende des Stroms
Strom der Schaltdrossel IL
Iin
Einhüllende des Stroms

Fig. 4

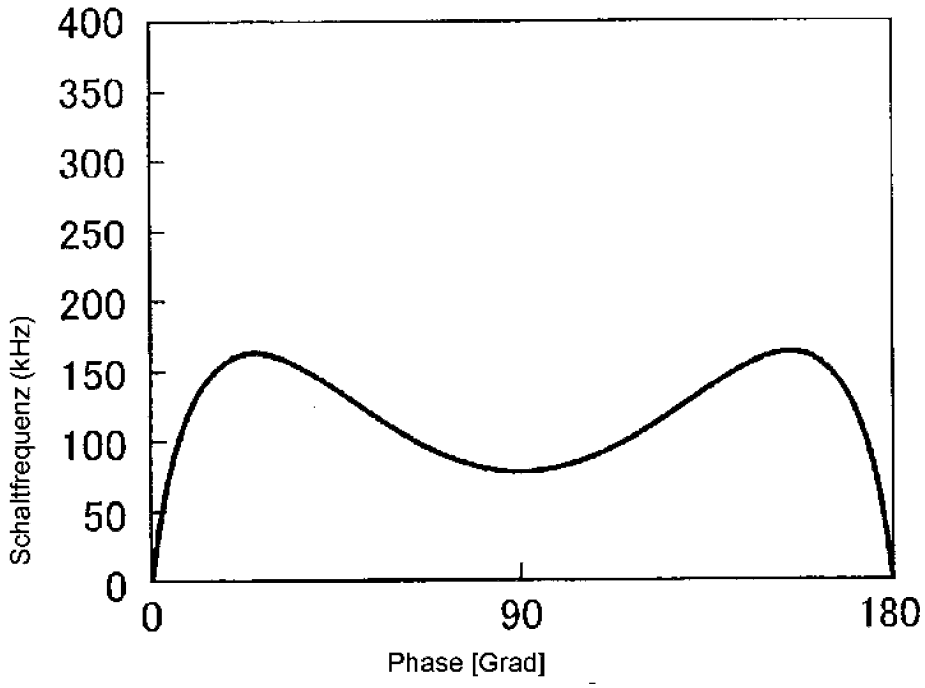

400
350
300
250
200
150
100
50
0
Schaltfrequenz (kHz)
0
90
180
Phase [Grad]

Fig. 5

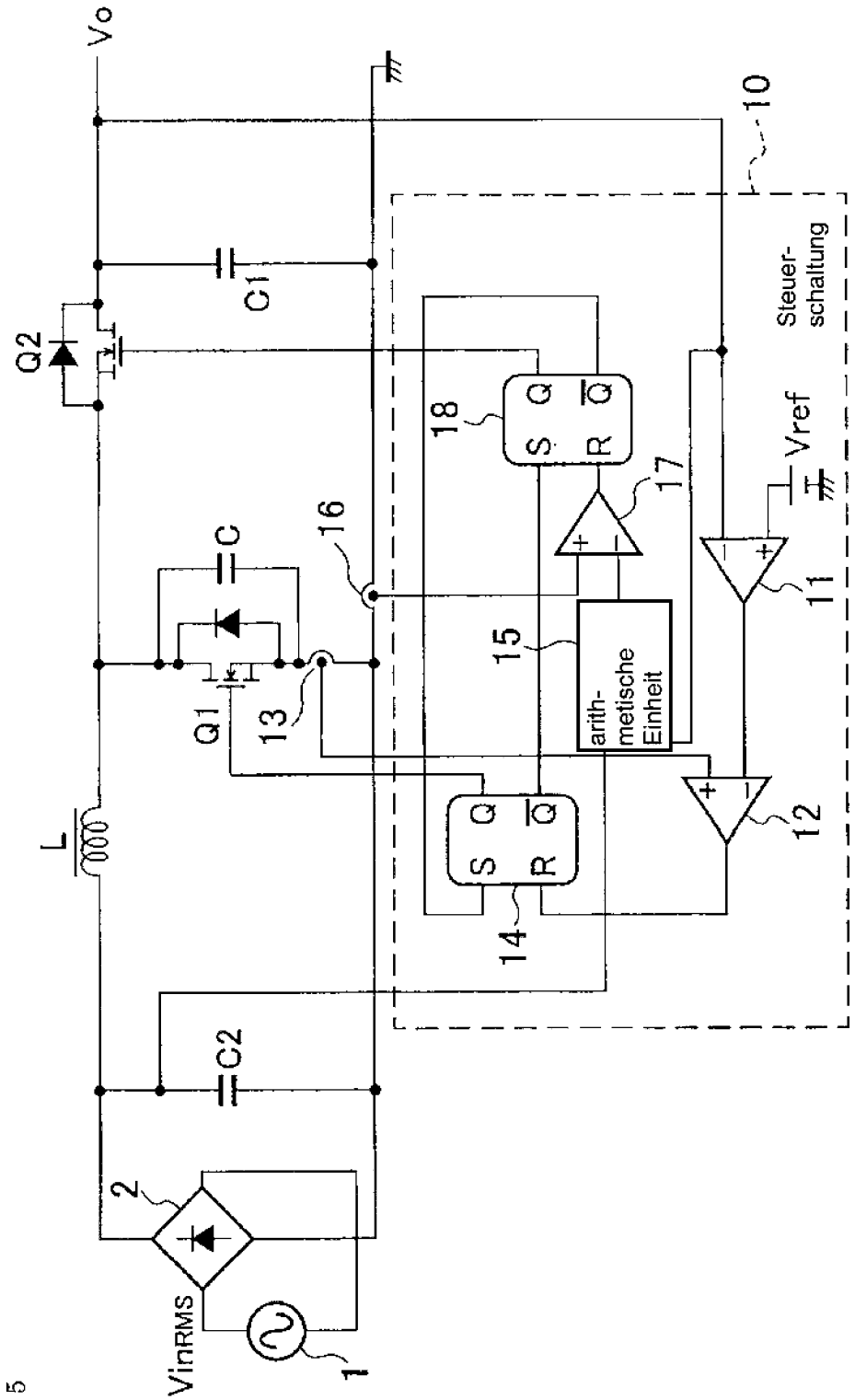

Vo
10
Steuer-
schaltung
C1
Q2
18
S
Q
R
Q̄
17
Vref
16
C
11
15
arith-
metische
Einheit
Q1
13
L
12
14
C2
2
VinRMS
1

Fig. 6

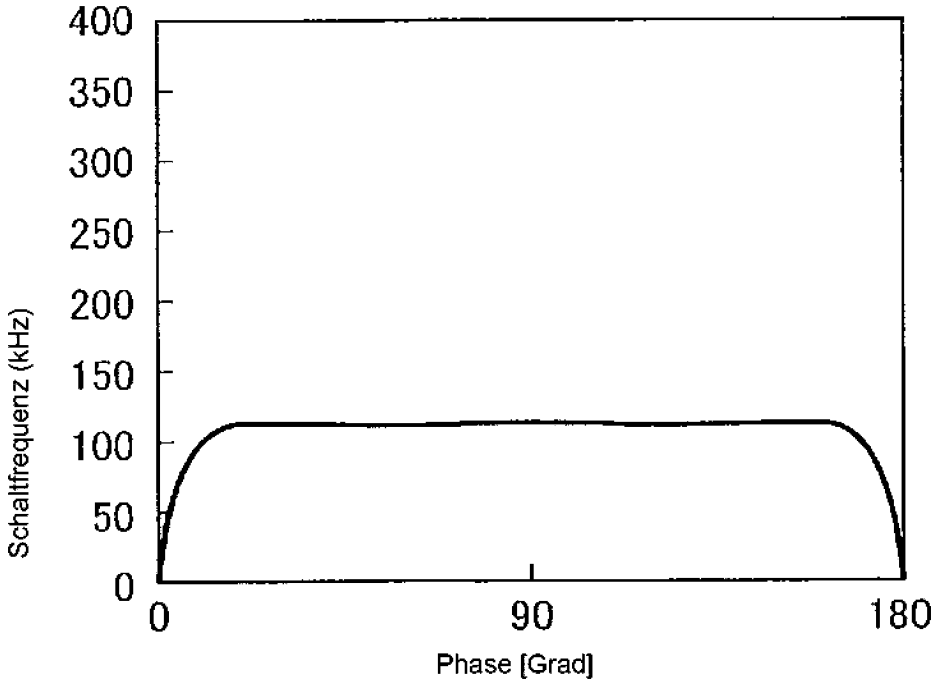
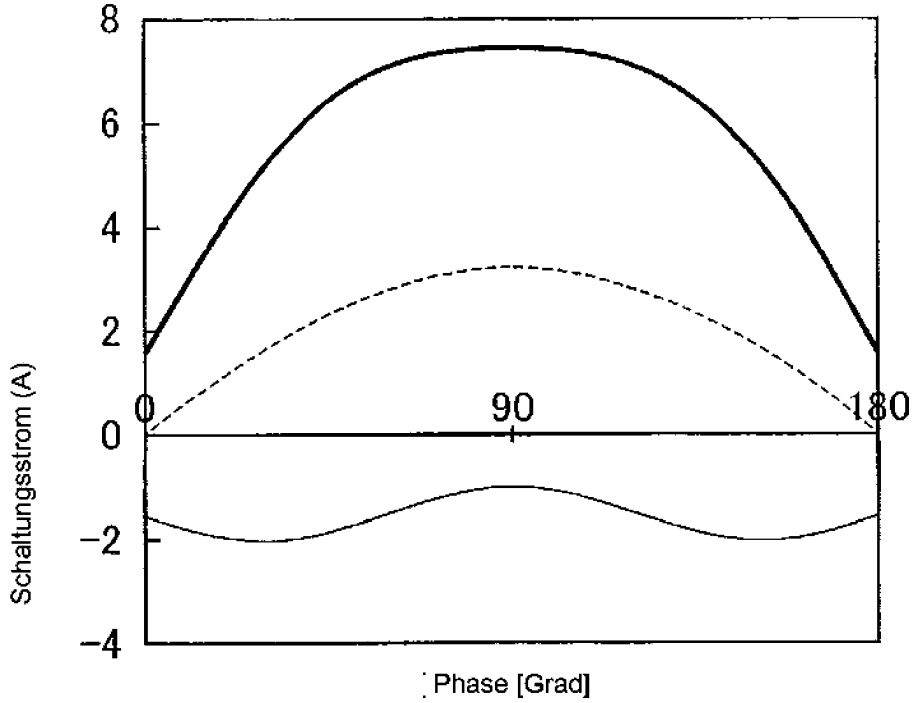

400
350
300
250
200
150
100
50
0
Schaltfrequenz (kHz)
0
90
180
Phase [Grad]

Fig. 7



Gebrochene Linie: Eingangsstrom Iin
Durchgezogene Linie: Hüllkurve des Schaltstroms

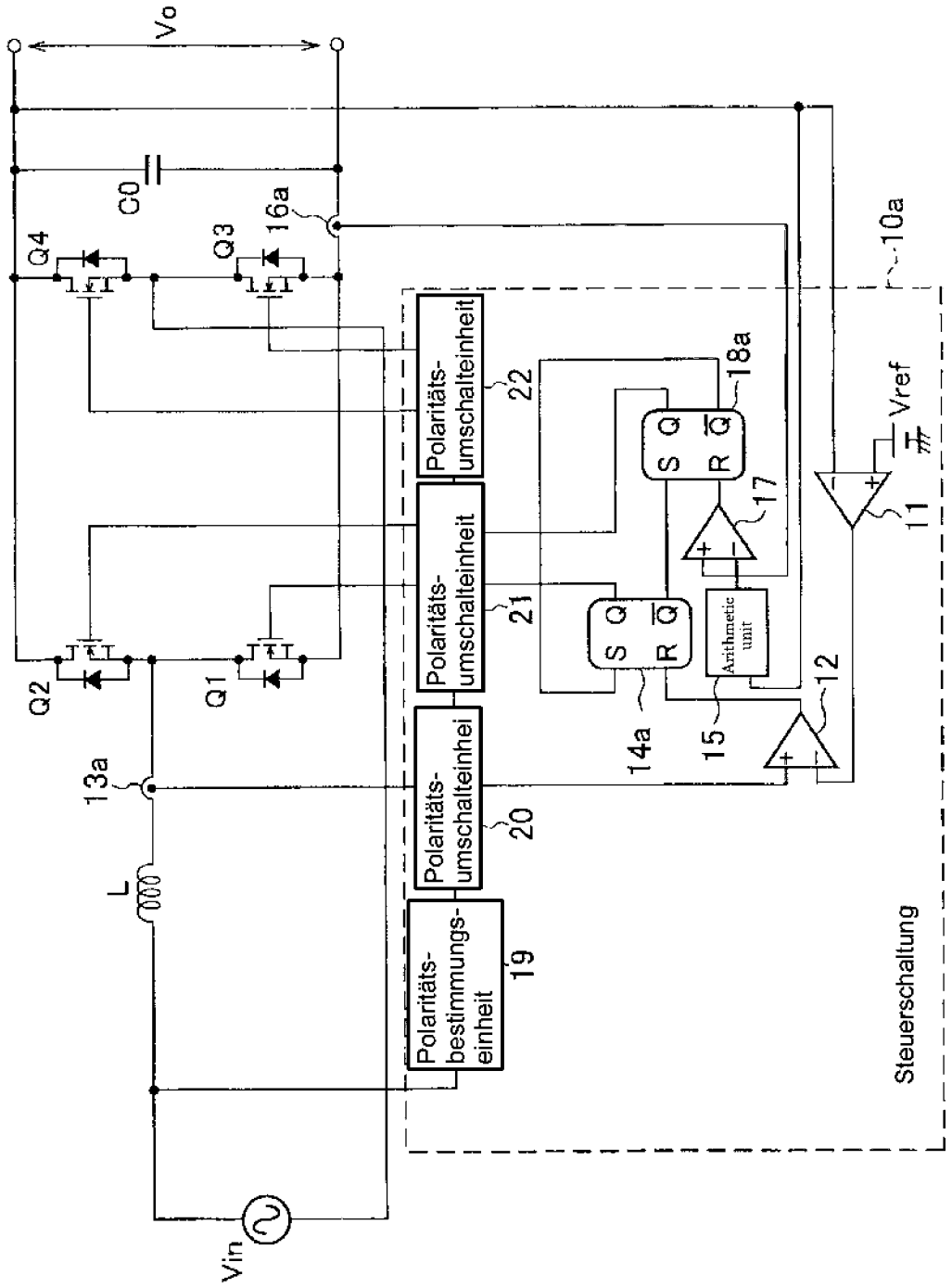

Vo
C0
16a
Q4
Q3
Q2
Q1
13a
L
Vin
Polaritäts-bestimmungs-einheit
19
Polaritäts-umschalteinhei
20
Polaritäts-umschalteinheit
21
Polaritäts-umschalteinheit
22
S Q
R Q̄
14a
15
Arithmetic unit
17
18a
12
11
Vref
10a
Steuerschaltung

Fig. 8

Fig. 9

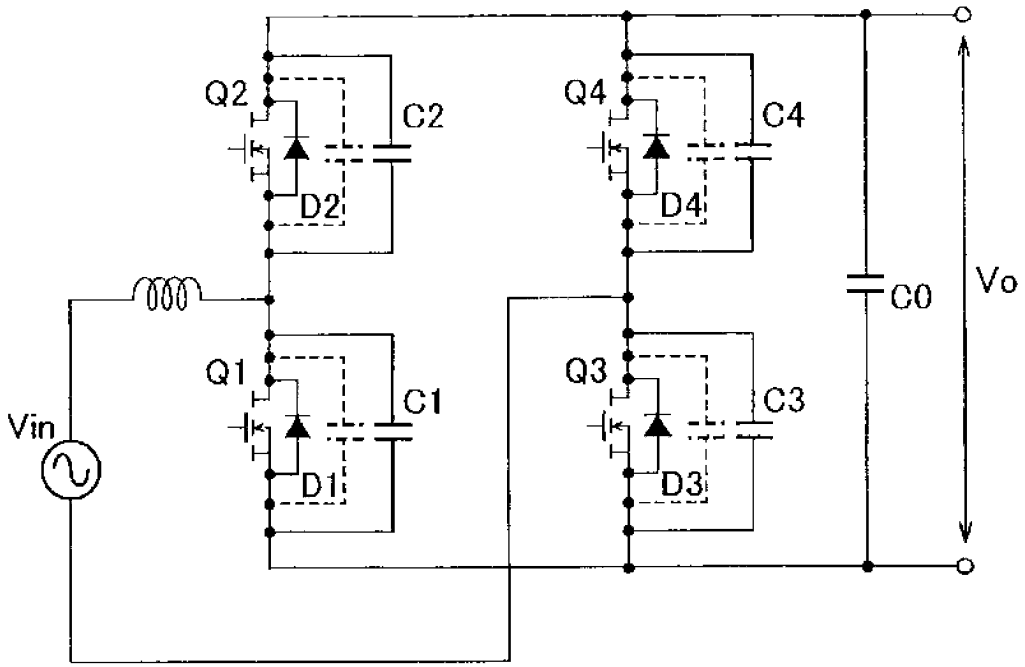

Q2
C2
D2
Q4
C4
D4
C0
Vo
Q1
C1
D1
Q3
C3
D3
Vin

Fig. 10

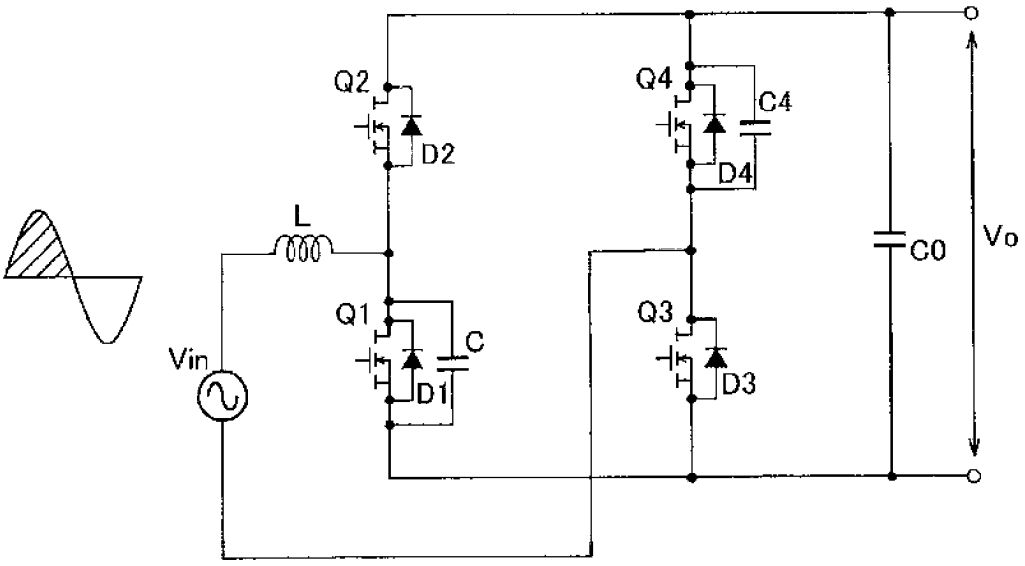

Q2
D2
Q4
C4
D4
L
C0
Vo
Q1
C
D1
Q3
D3
Vin

Fig. 11

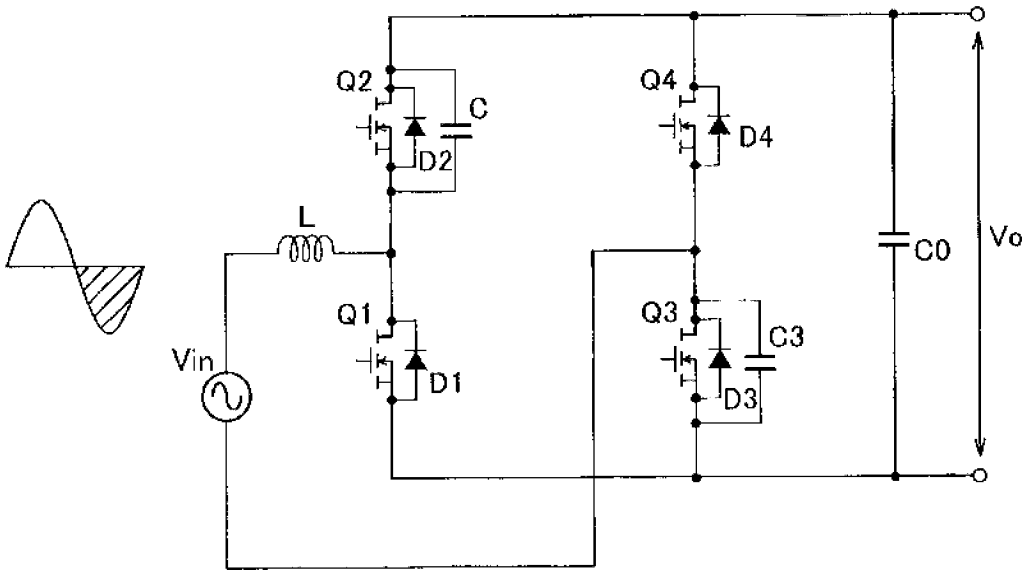


Fig. 12

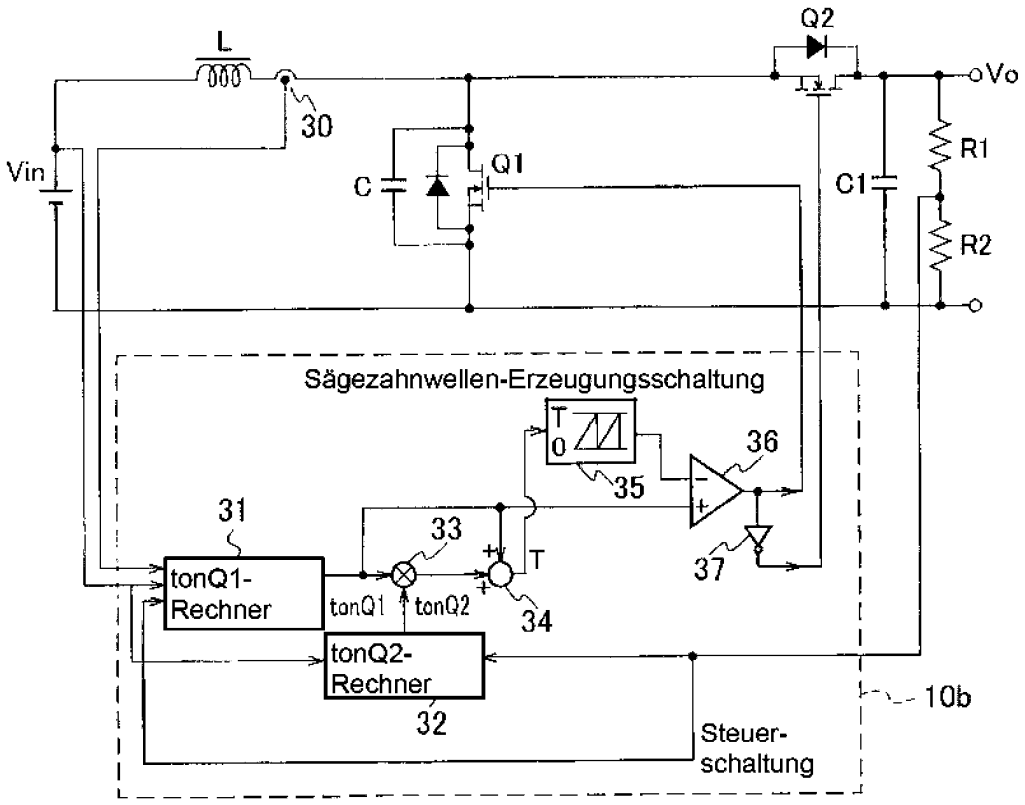

L
Q2
Vo
30
Vin
C
Q1
C1
R1
R2
Sägezahnwellen-Erzeugungsschaltung
T
0
35
36
31
33
T
37
tonQ1-
Rechner
tonQ1
tonQ2
34
tonQ2-
Rechner
32
10b
Steuer-
schaltung

Fig. 13

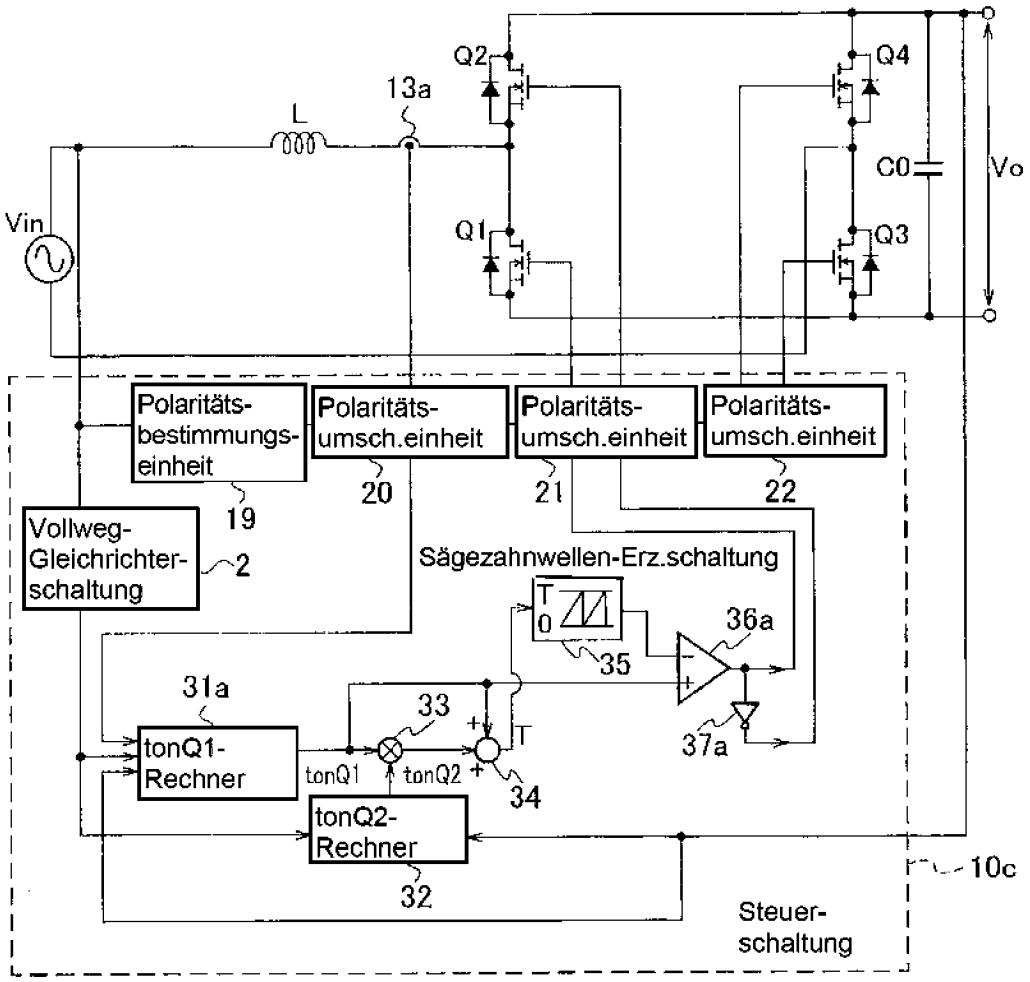

Q2
13a
L
Q4
C0
Vo
Vin
Q1
Q3
Polaritäts-
bestimmungs-
einheit
19
Polaritäts-
umsch.einheit
20
Polaritäts-
umsch.einheit
21
Polaritäts-
umsch.einheit
22
Vollweg-
Gleichrichter-
schaltung
2
Sägezahnwellen-Erz.schaltung
T
0
35
36a
31a
33
T
37a
tonQ1-
Rechner
tonQ1
tonQ2
34
tonQ2-
Rechner
32
10c
Steuer-
schaltung

Fig. 14

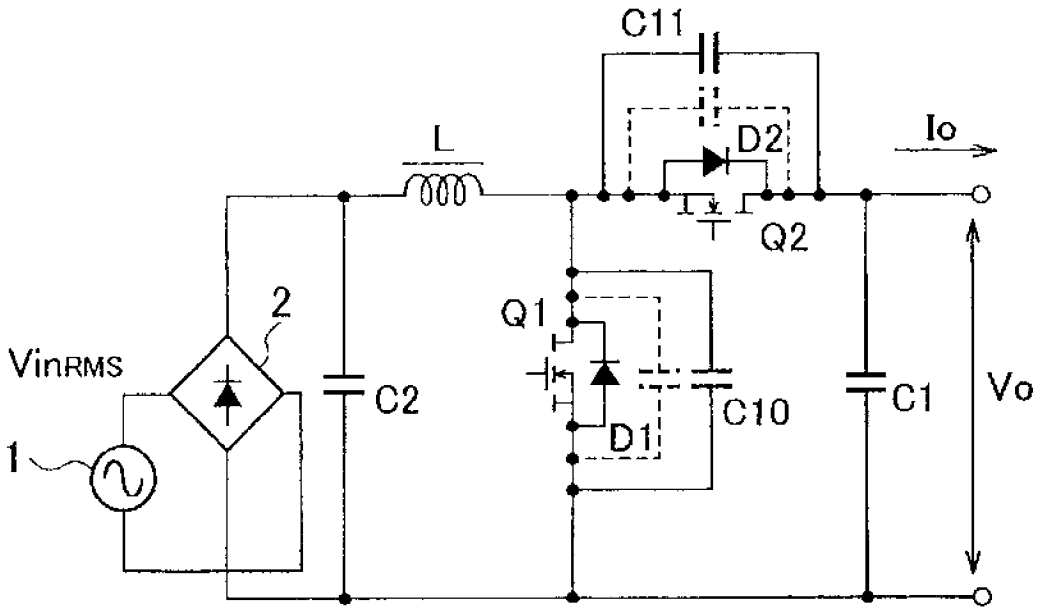

C11
L
D2
Io
Q2
2
Q1
VinRMS
C2
C10
C1
Vo
1
D1

Fig. 15

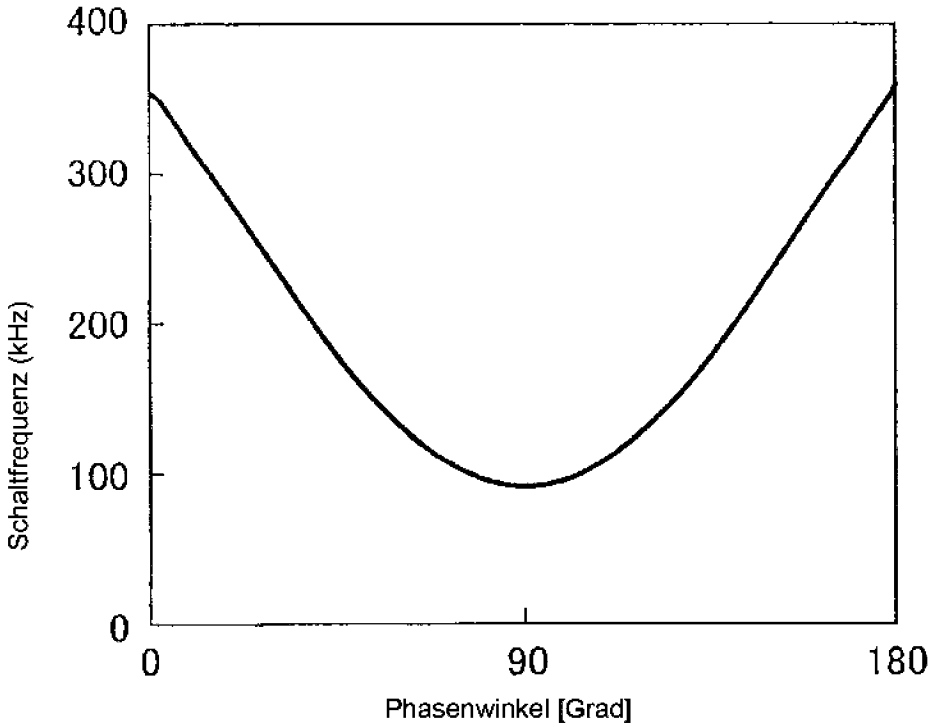
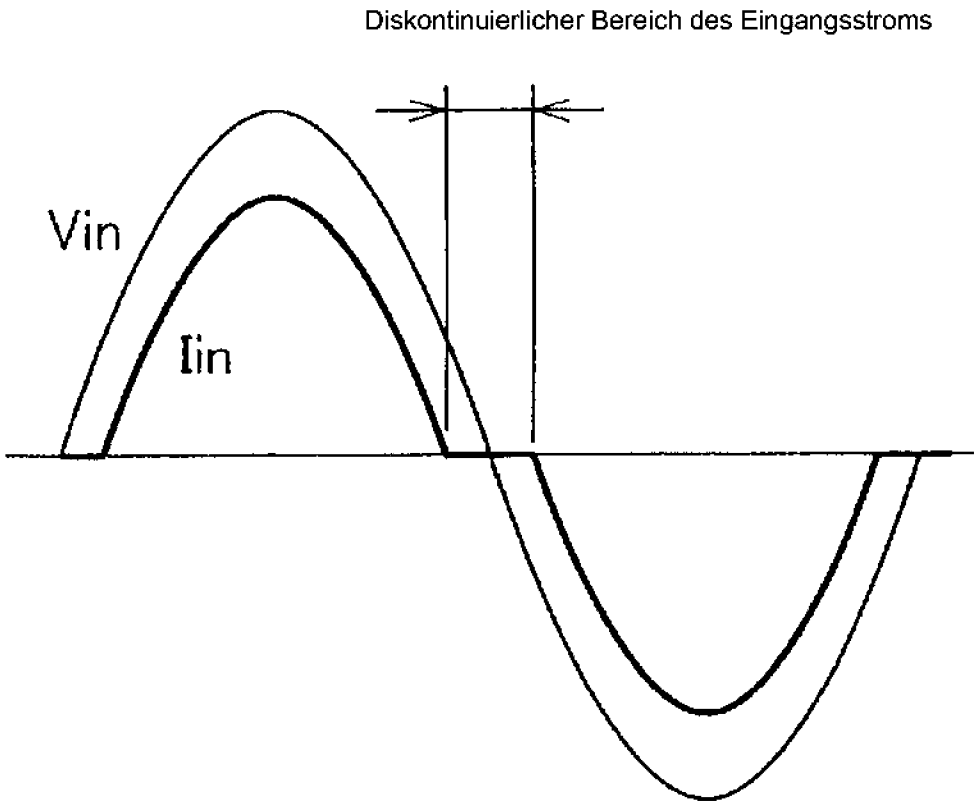

400
300
200
100
0
Schaltfrequenz (kHz)
0
90
180
Phasenwinkel [Grad]

Fig. 16



 Das Dokument wurde durch die Firma Luminess hergestellt.