



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 01 714 T2 2005.03.31**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 280 264 B1**

(51) Int Cl.⁷: **H02M 7/5387**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 01 714.9**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 251 621.5**

(96) Europäischer Anmeldetag: **07.03.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **29.01.2003**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **27.10.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **31.03.2005**

(30) Unionspriorität:

2001228145 27.07.2001 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:

Hitachi, Ltd., Tokio/Tokyo, JP

(72) Erfinder:

Hiraga, Masahiro, Narashino-shi, Chiba 275-0001, JP; Kato, Junji, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8220, JP; Kimura, Tetsuya, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8220, JP; Furukawa, Teiichi, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8220, JP

(74) Vertreter:

Strehl, Schübel-Hopf & Partner, 80538 München

(54) Bezeichnung: **Wechselstrom-Erfassungsvorrichtung für ein Wechselrichtergerät und Wechselstrom-Erfassungsverfahren für dieses**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Wechselrichtergerät zur Ausgabe einer Dreiphasen-Wechselspannung beliebiger Frequenz anhand einer Gleichspannung, um dadurch die Geschwindigkeit eines Induktionsmotors zu variieren, und insbesondere ein Wechselrichtergerät, das die Erfassung eines Ausgangswechselstroms benötigt, und ein Wechselstrom-Erfassungsverfahren für dieses.

[0002] Wie in der offengelegten japanischen Patentanmeldung Hei 4(1992)-178197 offenbart ist, kann eine Stromerfassungsschaltung zum Erfassen momentaner Phasenströme der jeweiligen U-, V- und W-Phasen eines Motors bereitgestellt werden, um die Werte von Dreiphasen-Wechselströmen zu erhalten. Es sei bemerkt, daß die vorliegende Veröffentlichung zeigt, daß die Momentanströme der jeweiligen Phasen unter Verwendung dieser Stromerfassungsschaltung und einer Stromerfassungsschaltung zum Erfassen eines Ausgangsgleichstroms bestimmt werden und daß die bestimmten Ströme addiert werden, um dadurch die von einer Last verbrauchte Leistung zu erhalten.

[0003] Falls Ausgangswechselströme mit wenigstens zwei Phasen theoretisch erfaßt werden können, werden Ausgangswechselströme von drei Phasen als die Dreiphasen-Wechselströme erhalten. Demgemäß werden Ausgangswechselstromwerte und ein Leistungsfaktorwinkel erhalten.

[0004] Daher wurde beim herkömmlichen Wechselrichtergerät ein Stromsensor für wenigstens zwei Phasen von Ausgangswechselströmen bereitgestellt, wobei es erforderlich ist, eine Stromerfassung mit guter Genauigkeit auszuführen.

[0005] Die Größenverringern des Wechselrichtergeräts hat in den letzten Jahren Fortschritte gemacht. Die belegte physikalische Größe eines Stromsensors zum Erfassen von Phasenwechselströmen in dem Wechselrichtergerät ist nicht mehr vernachlässigbar.

[0006] Wenngleich auch eine Einrichtung zum Erfassen nur eines Stroms eines Gleichstromabschnitts und zum Schätzen des Zustands eines Wechselstroms bekannt ist, ermöglicht der Strom des Gleichstromabschnitts nur die Erfassung einer Wirkstromkomponente des Wechselstroms und schließt die Erfassung einer Blindstromkomponente aus. Daher können ein wahrer Wechselstromwert und ein Leistungsfaktorwinkel nicht erhalten werden.

[0007] Wenngleich das Bereitstellen eines Wechselstrom-Erfassungssensors und eines Gleichstrom-Erfassungssensors in der offengelegten japanischen Patentanmeldung 4(1992)-207992 beschrieben

wurde, sind diese Stromsensoren als Sensoren zur Erfassung abnormer oder ungeeigneter Signale vorgesehen. Sie sind nicht zum Bestimmen eines Ausgangs-Wechselstromwerts und eines Leistungsfaktors vorgesehen.

[0008] Eine bevorzugte Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Technologie zum Einrichten eines Stromerfassungssystems hoher Genauigkeit unter Verwendung einer geringeren Anzahl von Stromsensoren und zum Implementieren einer Größenverringern eines Wechselrichtergeräts mit einer guten Stromerfassungsgenauigkeit bereitzustellen.

[0009] Falls ein Wechselstromwert $|I_1|$ und ein Leistungsfaktorwinkel θ durch Ausführen einer Erfassung eines Stroms I_{dc} eines Gleichstromabschnitts und einer Erfassung eines Wechselstroms I_u erhalten werden können, wird die Genauigkeit der Stromerfassung zufriedenstellend.

[0010] Hierzu ist es erforderlich, entweder eine Einrichtung zum Bestimmen von Schaltmustern von Hauptelementen und zum Bestimmen einer Stromkomponente von I_{dc} oder eine Einrichtung zum Erfassen eines Maximalwerts von I_{dc} bereitzustellen. Das Bereitstellen sowohl der Einrichtung zum Bestimmen der Schaltmuster der Hauptelemente und zum Bestimmen der Stromkomponente von I_{dc} als auch der Einrichtung zum Erfassen des Maximalwerts von I_{dc} ermöglicht eine stabilere Stromerfassung.

[0011] Demgemäß ist es möglich, die Anzahl der Stromsensoren zu verringern, die Genauigkeit der Erfassung eines Wechselstroms eines Wechselrichtergeräts zu erhöhen und das Wechselrichtergerät zu verkleinern.

[0012] Die Erfindung ist durch den unabhängigen Anspruch 1 definiert.

[0013] Fig. 1 ist ein Diagramm, in dem das Prinzip einer Wechselstrom-Erfassungsvorrichtung dargestellt ist, die zur Verwendung in einem Wechselrichtergerät gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung geeignet ist,

[0014] Fig. 2 ist ein Vektordiagramm, in dem die Beziehung zwischen jeweiligen Spannungen und erfaßten Strömen dargestellt ist,

[0015] Fig. 3 ist ein Blockdiagramm, in dem eine Ausführungsform einer Wechselstrom-Erfassungsvorrichtung dargestellt ist, die zur Verwendung in einem Wechselrichtergerät gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung geeignet ist,

[0016] Fig. 4 ist ein Blockdiagramm, in dem eine

weitere Ausführungsform einer Wechselstrom-Erfassungsvorrichtung dargestellt ist, die zur Verwendung in einem Wechselrichtergerät gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung geeignet ist, und

[0017] Fig. 5 ist ein Blockdiagramm, in dem eine weitere Ausführungsform einer Wechselstrom-Erfassungsvorrichtung dargestellt ist, die zur Verwendung in einem Wechselrichtergerät gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung geeignet ist.

[0018] Bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nachstehend mit Bezug auf die anliegende Zeichnung anhand mehrerer erläuterter Beispiele beschrieben.

[0019] Fig. 1 ist ein Diagramm, in dem das Prinzip einer in einem Wechselrichtergerät verwendeten Wechselstrom-Erfassungsvorrichtung dargestellt ist.

[0020] Die in der Zeichnung dargestellte Vorrichtung beinhaltet Transistoren TrU, TrV, TrW, TrX, TrY und TrZ, die Hauptelementen zum Erzeugen einer durch ein PWM-System von einem Gleichspannungsabschnitt Vdc gesteuerten Endausgabe entsprechen, Dioden DU, DV, DW, DX, DY und DZ, die jeweils parallel zu diesen Transistoren geschaltet sind, einen Stromsensor Sdc zum Erfassen eines durch den Gleichspannungsabschnitt fließenden Stroms I_{dc} und einen Wechselstromsensor Su zum Erfassen eines beliebigen ausgegebenen Wechselstroms I_u von Dreiphasen-Wechselströmen. Eine Bezugszahl 10 gibt einen Induktionsmotor an, der durch Ströme der Phasen U, V und W, d. h. die Ströme I_u, I_v und I_w, gesteuert wird.

[0021] Weiterhin ist die Vorrichtung mit einer I_{dc}-Komponentenbestimmungseinrichtung 11 zum Bestimmen, ob der vom Gleichstromsensor Sdc erfaßte Gleichstrom I_{dc} als einer der Ströme mit den Phasen U, V und W, also als einer der Ströme I_u, I_v und I_w, erfaßt wird, einer I_{dc}-Maximalwert-Erfassungseinrichtung 12 zum Erfassen eines Maximalwerts des Stroms I_{dc} während einer vorgegebenen Zeit, einer Leistungsfaktorwinkel-Berechnungseinheit 13 zum Berechnen eines Leistungsfaktors anhand des Werts des vom Wechselstromsensor Su erfaßten Wechselstroms, beispielsweise des Wechselstroms I_u und der Ausgaben der I_{dc}-Komponentenbestimmungseinrichtung 11 und der I_{dc}-Maximalwert-Erfassungseinrichtung 12, und einer Stromwert-|I₁|-Berechnungseinheit 14 zum Berechnen eines Stromwerts |I₁| anhand des vom Wechselstromsensor Su erfaßten Wechselstroms I_u versehen. Die Leistungsfaktorwinkel-Berechnungseinheit 13 bestimmt einen Leistungsfaktorwinkel θ , und die Stromwert-|I₁|-Berechnungseinheit 14 bestimmt einen Stromwert |I₁|. Es sei bemerkt, daß der Maximalwert von I_{dc} im Fall der Dreiphasen-Wechselströme wäh-

rend eines Zyklus sechsmal erzeugt wird.

[0022] Fig. 2 ist ein Vektordiagramm, in dem die Beziehung zwischen jeweiligen Spannungen und erfaßten Strömen dargestellt ist.

[0023] In Fig. 2 ist die Grundvektorachse einer Ausgangsspannung des Wechselrichtergeräts in Richtung einer stationären V1-Koordinatenachse aufgetragen, ein U-Phasen-Spannungsvektor bei wirklichen Ausgaben entsprechenden Dreiphasen-Ausgangsspannungen in Richtung einer Vu-Achse aufgetragen, ein V-Phasen-Spannungsvektor in Richtung einer Vv-Achse aufgetragen und ein W-Phasen-Spannungsvektor in Richtung einer Vw-Achse aufgetragen. Die Ursprungspunkte der jeweiligen Koordinaten und Vektoren in Fig. 2 sind als 0 definiert, und die Vu-Achse, die Vv-Achse und die Vw-Achse geben jeweilige Drehkoordinaten an. Die Phasendifferenz zwischen den jeweiligen benachbarten Achsen wird stets als $(2 \cdot \pi / 3)$ rad angenommen. Sie werden entsprechend der Ausgabe des Wechselrichtergeräts entgegen dem Uhrzeigersinn und im Uhrzeigersinn mit dem Ursprung 0 als Mittelpunkt gedreht.

[0024] Als nächstes sei ein Fall betrachtet, in dem ein Induktionsmotor als Last an die Ausgangsseite des Wechselrichtergeräts angeschlossen ist. In diesem Fall ergibt sich die in Fig. 2 dargestellte Vektorbeziehung zwischen den Spannungen und Strömen dieser Dreiphasen-Wechselspannungsausgaben.

[0025] Nun sei in Fig. 2 der Fall betrachtet, in dem eine gegebene Dreiphasen-Wechselspannung ausgegeben wird. In diesem Fall wird zuerst eine auszugebende Phasenspannung bestimmt, und die Vektorrichtung wird in Richtung der V1-Achse oberhalb von dieser eingetragen. Es sei der Fall betrachtet, in dem V1 in Spannungskoordinatenachsen mit den jeweiligen Phasen, die wiederum als Vu, Vv bzw. Vw definiert sind, konvertiert (gedreht) wird und diesen drei Phasen entsprechende Spannungsvektoren mit einer gegebenen Winkelfrequenz ω gedreht werden. Unter der Annahme, daß jeweilige Leitungsströme, die bei den jeweiligen Phasenspannungen fließen, als I_u, I_v bzw. I_w definiert sind, werden sie so dargestellt, wie in Fig. 2 dargestellt ist. Hierbei gibt θ in Fig. 2 einen abhängig vom Zustand des Induktionsmotors bestimmten Leistungsfaktorwinkel an.

[0026] Weil im Fall eines Dreiphasen-Wechselstroms $|I_u| = |I_v| = |I_w|$ gilt, weisen I_u von der Vu-Achse, I_v von der Vv-Achse und I_w von der Vw-Achse identische Beziehungen zueinander auf. Wenn eine zur Konvertierung von V1 in die Spannungsachsen mit den jeweiligen Phasen entgegengesetzte Konvertierung für I_u, I_v und I_w ausgeführt wird, führen I_u, I_v und I_w in Fig. 2 alle zu I₁. Demgemäß kann der Leitungsstrom, der bei der zuvor bestimmten Spannung V1 fließt, mit I₁ bezeichnet werden. Falls der

Leistungsfaktorwinkel θ festgelegt ist, ist die Beziehung zwischen dem Leistungsfaktorwinkel und der V1-Achse eindeutig bestimmt. Falls die Beziehung zwischen V1 und I1 bestimmt wurde, können I_u , I_v und I_w erfaßt werden.

[0027] Ein Strom I1 wird zuerst in der in **Fig. 1** dargestellten Wechselstrom-Erfassungsvorrichtung bestimmt.

[0028] Weil ein durch den Wechselstromsensor S_u , der mit der U-Phase eines in **Fig. 1** dargestellten Wechselstromabschnitts verbunden ist, erfaßbarer Wert durch die Projektion von I1 auf die I_u -Achse erfaßt wird, wird er anhand der folgenden Gleichung in **Fig. 2** als I_{ud1} dargestellt:

$$I_{ud1} = |I1| \cos \theta_{iu} \quad (1)$$

[0029] Weil ein zwischen I_u und I1 gebildeter Winkel θ_{iu} ein gemeinsamer Winkel ist und hier $|I_u| = |I1|$ ist, sind der durch Projizieren von I_u auf die I1-Achse erhaltene Betrag $|I_{ud2}|$ von I_{ud2} und $|I_{ud1}|$ gleich. Demgemäß läßt sich I_{ud2} folgendermaßen angeben:

$$I_{ud2} = |I_u| \cos \theta_{iu} = |I1| \cos \theta_{iu} \quad (2)$$

[0030] Weiterhin wird der zwischen I_u und I1 gebildete Winkel θ_{iu} anhand eines zwischen der V_u -Achse und der V1-Achse gebildeten Winkels θ_{vu} und eines Leistungsfaktorwinkels θ bestimmt. Dieser Winkel läßt sich folgendermaßen ausdrücken:

$$\theta_{iu} = \theta_{vu} - \theta + \theta = \theta_{vu} \quad (3)$$

[0031] Weil θ_{vu} ein Drehwinkel der V_u -Achse zur V1-Achse zu dieser Zeit ist, läßt er sich anhand einer Ausgangswinkel Frequenz ω und der Zeit t bestimmen. Daher führt θ_{vu} zu einem Sollwert.

[0032] Weil zu dieser Zeit $|I_u| = |I1|$ ist und θ_{vu} der Sollwert ist, lassen sich $|I_u|$ und $|I1|$ folgendermaßen ausdrücken:

$$|I_u| = |I_{ud2}| / \cos \theta_{vu} \quad (4)$$

$$|I1| = I_{ud1} / \cos \theta_{vu} \quad (5)$$

[0033] Auf diese Weise wird $|I1|$ bestimmt. Wenn jedoch $\cos \theta_{vu} = 0$ ist, d. h. der zwischen der V1-Achse und der V_u -Achse gebildete Winkel θ_{vu} als $(\pi/2)$ rad und $(3 \cdot \pi/2)$ rad gegeben ist, hat die vorstehende Gleichung $|I1|$ keine Lösung und wird in einen nicht erfaßbaren Zustand gebracht. Weil jedoch eine Änderung $\Delta \cos \theta_{vu}$ in bezug auf den unmittelbar vorhergehenden $\cos \theta_{vu}$ zu dieser Zeit so nahe wie möglich bei null liegt, kann ein Momentanstrom $|I1|$ bei $\cos \theta_{vu} = 0$ eine Näherung für $|I1| = |I1|(n - 1)|$ bilden, falls der Strom $|I1|$, der unmittelbar vor $\cos \theta_{vu} = 0$ geflossen ist, durch $|I1|(n - 1)$ gegeben ist.

[0034] Demgemäß läßt sich $|I1|$ anhand der folgenden Gleichung bestimmen:

$$|I1| = |I_{ud1}| / \cos \theta_{vu} \quad (6)$$

[0035] Wenn jedoch θ_{vu} als $(\pi/2)$ rad und $(3 \cdot \pi/2)$ rad bestimmt ist, läßt sich $|I1|$ folgendermaßen angeben:

$$|I1| = |I1|(n - 1) \quad (7)$$

[0036] Eine Ausführungsform einer in einem Wechselrichtergerät verwendeten Wechselstrom-Erfassungsvorrichtung wird nachstehend erklärt.

[0037] **Fig. 3** ist ein Blockdiagramm, in dem eine Ausführungsform der in dem Wechselrichtergerät verwendeten Wechselstrom-Erfassungsvorrichtung dargestellt ist. Die gleichen Elemente der Struktur wie jene, die in **Fig. 1** dargestellt sind, sind jeweils mit den gleichen Bezugszahlen bezeichnet, und es wird daher auf ihre Beschreibung verzichtet.

[0038] In der Zeichnung ist ein Nebenschlußwiderstand R_{sh} als ein Gleichstromsensor S_{dc} bereitgestellt. Eine an den Nebenschlußwiderstand R_{sh} angelegte Spannung wird in einen Spannungsverstärker **31** eingegeben und durch einen A/D-Wandler (Analog/Digital-Wandler) **32** in digitale Form umgewandelt, woraufhin sie der Idc-Komponentenbestimmungseinrichtung **11** und der Idc-Maximalwert-Erfassungseinrichtung **12** zugeführt wird. Die Ausgaben der Idc-Komponentenbestimmungseinrichtung **11** und der Idc-Maximalwert-Erfassungseinrichtung **12** werden einer Leistungsfaktorwinkel- θ -Berechnungseinheit **13** zugeführt.

[0039] Ein von einem Wechselstromsensor S_u erfaßter Wechselstrom wird durch einen Spannungsverstärker **33** verstärkt und anschließend durch einen A/D-Wandler **34** in digitale Form umgewandelt und wiederum der Leistungsfaktorwinkel- θ -Berechnungseinheit **13** und einer Stromwert- $|I1|$ -Berechnungseinheit **14** zugeführt. Ein Leistungsfaktorwinkel θ und ein Stromwert $|I1|$, die dadurch jeweils berechnet wurden, werden in eine d-q-Konvertierungs- und Stromsteuereinrichtung **35** eingegeben, um Erregungsströme i_d und i_q für eine d-Achse und eine q-Achse zu bestimmen und es dadurch zu ermöglichen, einen Induktionsmotor **10** zu steuern.

[0040] Um weitere Einzelheiten zu beschreiben, sei bemerkt, daß bei der Ausführungsform aus **Fig. 3** ein Strom I_{dc} eines Gleichstromabschnitts zuerst durch einen Nebenschlußwiderstand R_{sh} fließen gelassen wird und einer Strom-Spannungs-Wandlung unterzogen wird, woraufhin er erfaßt wird.

[0041] Danach bewirkt der Spannungsverstärker **31** eine mit der Skalenverstärkung des A/D-Wandlers **32**

entsprechend einer nächsten Stufe übereinstimmende Verstärkung der erfaßten Spannung. Anschließend führt der A/D-Wandler **32** eine Konvertierung in einen Digitalwert aus. Die Idc-Komponentenbestimmungseinrichtung **11** bestimmt lue1, und die Idc-Maximalwert-Erfassungseinrichtung **12** bestimmt lue2. Sie werden an die Leistungsfaktorwinkel- θ -Berechnungseinheit **13** ausgegeben.

[0042] Andererseits wird ein einer Phase entsprechender Wechselstrom durch den Wechselstromsensor Su einer Strom-Spannungs-Wandlung unterzogen und anschließend erfaßt. Danach bewirkt der Spannungsverstärker **33** eine mit der Skalenverstärkung des A/D-Wandlers **34** einer nächsten Stufe übereinstimmende Verstärkung der erfaßten Spannung. Danach wird der durch den A/D-Wandler **34** in einen Digitalwert umgewandelte Strom lud1 an die Stromwert- $|I1|$ -Berechnungseinheit **14** und die Leistungsfaktorwinkel- θ -Berechnungseinheit **13** ausgegeben.

[0043] Die Stromwert- $|I1|$ -Berechnungseinheit bestimmt einen Stromwert $|I1|$ anhand der Eingabe lud1 und des bekannten Werts θ_{vu} und gibt ihn aus. Überdies bestimmt die Leistungsfaktorwinkel- θ -Berechnungseinheit **13** θ anhand der Eingaben lue1, lue2 und lud1 und des bekannten Werts θ_{vu} und gibt den Wert θ aus. Weil sich die Beziehung zwischen V1 und I1 anhand der vorstehend erwähnten $|I1|$ und θ verstehen läßt, wird eine d-q-Wandlung ausgeführt, so daß die Stromsteuerung vorgenommen werden kann.

[0044] Weil die Leistungsfaktorwinkel- θ -Berechnungseinheit **13** gemäß der bevorzugten Ausführungsform den Leistungsfaktorwinkel θ unter Verwendung von lue1, lue2 und lud1 und dem bekannten Wert θ_{vu} bestimmt, kann der Leistungsfaktorwinkel θ genau bestimmt werden.

[0045] Als Verfahren zum Bestimmen von Leistungsfaktorwinkeln θ können ein Verfahren zum Erfassen eines Stroms Idc eines Gleichstromabschnitts entsprechend Schaltzeiten und Schaltmustern von Hauptelementen und zum Erfassen eines Wechselstromwerts entsprechend einer Phase, um dadurch einen Leistungsfaktorwinkel zu bestimmen, und ein Verfahren zum Erfassen eines Maximalwerts eines Stroms Idc eines Gleichstromabschnitts und zum Erfassen eines Wechselstromwerts entsprechend einer Phase, um dadurch einen Leistungsfaktorwinkel zu bestimmen, genannt werden.

[0046] Zuerst wird das Verfahren zum Erfassen des Gleichstroms Idc in Übereinstimmung mit den Schaltzeiten und Schaltmustern der Hauptelemente zum Erfassen eines einer Phase entsprechenden Wechselstromwerts, um dadurch den Leistungsfaktorwinkel zu bestimmen, beschrieben.

[0047] Die durch den Stromsensor Sdc des in **Fig. 1** dargestellten Gleichstromabschnitts erfaßbaren Werte sind lu, lv bzw. lw. Sie haben jeweilige als lue1, lve1 und lwe1, die durch Projizieren von lud1, lvd1 und lwd1 auf ihre entsprechenden Spannungsachsen Vu, Vv und Vw erhalten werden, erfaßte Wirkstromkomponenten.

[0048] Weil nicht wirksame Stromkomponenten von lu, lv und lw Stromkomponenten sind, die durch eine rückwärtsgerichtete elektromotorische Kraft des Motors erzeugt werden, fließen sie durch einen Weg, der durch eine Parallelschaltung der Transistoren TrU, TrV, TrW, TrX, TrY und TrZ, entsprechend den Hauptelementen und den Dioden DU, DV, DW, DX, DY und DZ, gebildet ist. Überdies fließen sie erneut zwischen dem Weg und dem Induktionsmotor (Motor) **10**. Dem entsprechend erscheinen keine Blindstromkomponenten bei dem Strom Idc des in **Fig. 1** dargestellten Gleichstromabschnitts.

[0049] Es seien Ein- und Ausschaltmuster der Hauptelemente betrachtet. Die Transistoren TrU und TrX, die Transistoren TrV und TrY und die Transistoren TrW und TrZ werden jedoch zueinander exklusiv gesteuert. Hier werden nur Kombinationen von Ein- und Ausschaltmustern der Transistoren TrX, TrY und TrZ betrachtet.

[0050] Es sei angenommen, daß wenn die jeweiligen Hauptelemente eingeschaltet gehalten werden, sie jeweils als TrX = 1, TrY = 1 und TrZ = 1 dargestellt sind, und daß wenn die Hauptelemente ausgeschaltet gehalten werden, sie jeweils als TrX = 0, TrY = 0 und TrZ = 0 dargestellt sind, und der Strom Idc des Gleichstromabschnitts kann dann folgendermaßen dargestellt werden:

$$Idc = lue1 \cdot TrX + lve1 \cdot TrY + lwe1 \cdot TrZ \quad (8)$$

Anhand der vorstehenden Gleichung ergibt sich
 Bei einer Bedingung 1: TrX = TrY = TrZ = 0, Idc = 0.
 Bei einer Bedingung 2: TrX = TrY = TrZ = 1,
 Idc = lue1 + lve1 + lwe1.
 Aus lue1 + lve1 + lwe1 = 0, Idc = 0.
 Bei einer Bedingung 3: TrX = 1 und TrY = TrZ = 0,
 Idc = lue1.
 Bei einer Bedingung 4: TrX = TrY = 1 und TrZ = 0,
 Idc = lue1 + lve1.
 Aus lue1 + lve1 + lwe1 = 0, Idc = -lwe1.
 Bei einer Bedingung 5: TrX = TrZ = 1 und TrY = 0,
 Idc = lue1 + lwe1.
 Aus lue1 + lve1 + lwe1 = 0, Idc = -lve1.
 Bei einer Bedingung 6: TrY = 1 und TrX = TrZ = 0,
 Idc = lve1.
 Bei einer Bedingung 7: TrY = TrZ = 1 und TrX = 0,
 Idc = lve1 + lwe1.
 Aus lue1 + lve1 + lwe1 = 0, Idc = -lue1.
 Bei einer Bedingung 8: TrZ = 1 und TrX = TrY = 0, Idc = lwe1.

[0051] Demgemäß erscheinen die jeweiligen Leistungsströme außer für die Bedingungen 1 und 2 bei I_{dc} . Dadurch treten die Schaltfrequenzen der jeweiligen Hauptelemente in ausreichendem Maße vor jenen der Dreiphasen-Ausgangswechselströme auf, und es wird eine ausreichend frühe Erfassung von I_{dc} an den Schaltfrequenzen der Hauptelemente vorgenommen. Folglich kann I_{dc} in jedem Schaltmuster erfaßt werden, und es können daher I_{ue1} , I_{ve1} und I_{we1} erfaßt werden. Sie lassen sich folgendermaßen darstellen:

$$I_{ue1} = I_{ud1} \cdot \cos\theta \quad (11)$$

$$I_{ve1} = I_{vd1} \cdot \cos\theta \quad (10)$$

$$I_{we1} = I_{wd1} \cdot \cos\theta \quad (11)$$

[0052] Sie werden als jene erfaßt, die auf die V_u -Achse, die V_v -Achse und die V_w -Achse projiziert werden, die als ihre Spannungsachsen verwendet werden.

[0053] Weil hier ein durch den Wechselstromsensor S_u erfaßbarer Strom I_{ud1} ist, wird die Aufmerksamkeit auf den Fall $I_{ud1} = I_{ud1} \cdot \cos\theta$ konzentriert. Folglich wird die folgende Gleichung erhalten:

$$\cos\theta = I_{ue1}/I_{ud1} \quad (12)$$

wobei I_{ud1} durch den Stromsensor S_u erfaßt wird und I_{ue1} durch den Stromsensor S_{dc} unter der Bedingung erfaßt wird, daß (wenn $\text{TrY} = \text{TrZ} = 1$ und $\text{TrX} = 0$, $I_{dc} = -I_{ue1}$) und (wenn $\text{TrX} = 1$ und $\text{TrY} = \text{TrZ} = 0$, $I_{dc} = I_{ue1}$) gilt.

[0054] Demgemäß führt der Leistungsfaktorwinkel θ zu $\theta = \cos^{-1}(I_{ue1}/I_{ud1})$. Wenn jedoch $I_{ud1} = 0$ ist, hat die vorstehende Gleichung $\cos\theta$ keine Lösung und wird daher in einen nicht erfaßbaren Zustand versetzt. Dieser Zustand tritt dann auf, wenn die I_u -Achse und die I_1 -Achse orthogonal zueinander sind. Wenn andererseits der Fall betrachtet wird, in dem sich der Leistungsfaktorwinkel in jedem Moment nicht stark ändert, kann der Leistungsfaktorwinkel beim Induktionsmotor im Moment von $I_{ud1} = 0$ in etwa $\theta = \theta(n-1)$ gemacht werden, falls θ unmittelbar vor $I_{ud1} = 0$ als $\theta(n-1)$ angesehen wird. Weiterhin entspricht der Moment, in dem die I_u -Achse und die I_1 -Achse einander unter rechten Winkeln schneiden, der Zeit, zu der θ_{vu} als $(\pi/2)$ rad und $(3 \cdot \pi/2)$ rad gegeben ist, und er tritt zur gleichen Zeit auf, zu der $|I_1|$ einer Näherungsverarbeitung unterzogen wird. Demgemäß ist der Leistungsfaktorwinkel θ der folgende:

$$\theta = \cos^{-1}(I_{ue1}/I_{ud1}) \quad (13)$$

[0055] Wenn jedoch θ_{vu} als $(\pi/2)$ rad und $(3 \cdot \pi/2)$ rad gegeben ist, wird der Leistungsfaktorwinkel aus der folgenden Gleichung erhalten:

$$\theta = \theta(n-1) \quad (14)$$

[0056] Als nächstes wird das Verfahren zum Erfassen des Maximalwerts des Stroms I_{dc} des Gleichstromabschnitts und zum Erfassen des Wechselstromwerts entsprechend einer Phase, um dadurch den Leistungsfaktorwinkel zu bestimmen, beschrieben.

[0057] Wenn I_u , I_v und I_w auf ihre entsprechenden Spannungsachsen V_u , V_v und V_w projiziert werden, ergeben sich I_{ue2} , I_{ve2} bzw. I_{we2} . Weil sie Wirkstromkomponenten für die jeweiligen Phasen sind, ergibt sich $|I_{ue2}| = |I_{ve2}| = |I_{we2}|$. I_{ue2} , I_{ve2} und I_{we2} erscheinen jeweils zweimal, d. h. während eines Zyklus eines Wechselstroms insgesamt sechsmal als der Maximalwert des Stroms I_{dc} des Gleichstromabschnitts. Sie können durch den Stromsensor S_{dc} erfaßt werden.

[0058] Es sei die Beziehung zwischen dem durch den Wechselstromsensor S_u erfaßten I_{ud1} , dem durch den Gleichstromsensor S_{dc} erfaßten I_{ue2} , I_u und I_1 betrachtet. Diese Beziehung läßt sich folgendermaßen angeben:

$$I_{ue2} = |I_u| \cos\theta \quad (15)$$

$$I_{ud1} = |I_1| \cos\theta_{vu} \quad (16)$$

[0059] Aus $|I_u| = |I_1|$ wird folgendes erhalten:

$$I_{ue2}/\cos\theta = I_{ud1}/\cos\theta_{vu} \quad (17)$$

$$\cos\theta = I_{ue2} \cdot \cos\theta_{vu}/I_{ud1} \quad (18)$$

[0060] Demgemäß ergibt sich für den Leistungsfaktorwinkel θ : $\theta = \cos^{-1}(I_{ue2} \cdot \cos\theta_{vu}/I_{ud1})$. Weil die vorstehende Gleichung $\cos\theta$ jedoch keine Lösung hat, wenn $I_{ud1} = 0$ ist, wird eine ähnliche Näherungsverarbeitung wie vorstehend angegeben ausgeführt.

[0061] Demgemäß läßt sich der Leistungsfaktorwinkel θ folgendermaßen angeben:

$$\theta = \cos^{-1}(I_{ue2} \cdot \cos\theta_{vu}/I_{ud1}) \quad (19)$$

[0062] Wenn θ_{vu} jedoch als $(\pi/2)$ rad und $(3 \cdot \pi/2)$ rad gegeben ist, läßt sich θ folgendermaßen bestimmen:

$$\theta = \theta(n-1) \quad (20)$$

[0063] Fig. 4 ist ein Blockdiagramm, in dem eine weitere Ausführungsform einer zur Verwendung in einem Wechselrichtergerät geeigneten Wechselstrom-Erfassungsvorrichtung dargestellt ist. Die gleichen Elemente der Struktur wie jene, die in Fig. 1 dargestellt sind, sind mit den gleichen Bezugszahlen bezeichnet, und es wird hier auf ihre Beschreibung

verzichtet.

[0064] Die vorliegende Ausführungsform wurde angesichts der Tatsache gebildet, daß der von der Idc-Komponentenbestimmungseinrichtung **11** ausgegebene Wert I_{ue1} und der von einem Wechselstromsensor S_u erfaßte Wert I_{ud1} berechnet werden, um dadurch anhand der Gleichungen (13) und (14) einen Leistungsfaktorwinkel θ zu erhalten. Ähnlich der in **Fig. 3** dargestellten Ausführungsform wird ein Stromwert $|I_1|$ berechnet und durch eine Stromwert- $|I_1|$ -Berechnungseinheit **14** anhand der Eingabe I_{ud1} und des bereits bekannten Werts θ_{vu} bestimmt.

[0065] Selbst im Fall der vorliegenden Ausführungsform wird die d-q-Konvertierung schließlich auf der Grundlage des Stromwerts $|I_1|$ und des berechneten Winkels θ ausgeführt, wodurch es möglich wird, eine Stromsteuerung an einem Induktionsmotor **10** auszuführen.

[0066] **Fig. 5** ist ein Blockdiagramm, in dem eine weitere Ausführungsform einer zur Verwendung in einem Wechselrichtergerät geeigneten Wechselstrom-Erfassungsvorrichtung dargestellt ist. Die gleichen Elemente der Struktur wie jene, die in **Fig. 1** dargestellt sind, sind mit den gleichen Bezugszahlen bezeichnet, und es wird hier auf ihre Beschreibung verzichtet.

[0067] Die vorliegende Ausführungsform wurde angesichts der Tatsache gebildet, daß der von der Idc-Maximalwert-Erfassungseinrichtung **12** ausgegebene Wert I_{ue2} und der von einem Wechselstromsensor S_u erfaßte Wert I_{ud1} berechnet werden, um dadurch anhand der Gleichungen (19) und (20) einen Leistungsfaktorwinkel θ zu erhalten.

[0068] Ähnlich der in **Fig. 3** dargestellten Ausführungsform wird ein Stromwert $|I_1|$ berechnet und durch eine Stromwert- $|I_1|$ -Berechnungseinheit **14** anhand der Eingabe I_{ud1} und des bereits bekannten Werts θ_{vu} bestimmt.

[0069] Selbst im Fall der vorliegenden Ausführungsform wird die d-q-Konvertierung schließlich auf der Grundlage des Stromwerts $|I_1|$ und des berechneten Winkels θ ausgeführt, wodurch es möglich wird, eine Stromsteuerung an einem Induktionsmotor **10** auszuführen.

[0070] Wie vorstehend beschrieben wurde, ist ein einziger Wechselstromsensor in der Lage, den Betrag $|I_1|$ eines Ausgangswechselstroms und einen Leistungsfaktorwinkel θ zu bestimmen, wodurch die Beziehung zwischen einer Wechselspannung V_1 und einem Wechselstrom I_1 erfaßt werden kann. Es ist daher möglich, einen Ausgangswechselstrom eines Wechselrichtergeräts mit zufriedenstellender Genauigkeit zu erfassen.

[0071] Beim herkömmlichen Wechselrichtergerät hat ein Ausgangswechselstromabschnitt zwei oder mehr Stromsensoren benötigt, weil zwei Phasen entsprechende Ausgangswechselströme erfaßt werden, wenn versucht wird, einen Wechselstromwert und ein Leistungsfaktorwinkel zu erfassen.

[0072] Falls in diesem Fall ein Stromsensor verwendet wird, bei dem ein Hall-Element eingesetzt wird, ist der Stromsensor selbst physikalisch groß, was dazu führt, daß der Größenverringung des Wechselrichtergeräts Grenzen gesetzt werden. In dem Fall, in dem ein Nebenschlußwiderstand oder dergleichen in einem Wechselstromabschnitt verwendet wird, um einen Strom zu erfassen, werden zweckgebundene Leistungsversorgungen in Form zweier Systeme hinzugefügt, und es ergibt sich infolge der vom Nebenschlußwiderstand erzeugten Wärme eine nachteilige Wirkung, was ähnlich dem Stromsensor, bei dem das Hall-Element oder dergleichen verwendet wird, zu einer Begrenzung der Größenverringung des Wechselrichtergeräts führt.

[0073] Vorzugsweise kann gemäß der vorliegenden Erfindung die Erfassung eines Wechselstromwerts und eines Leistungsfaktorwinkels mit einer Verringerung der Anzahl der Stromsensoren verwirklicht werden.

[0074] Vorzugsweise sind gemäß der vorliegenden Erfindung ein Wechselstromsensor und ein Gleichstromsensor jeweils in der Lage, einzeln einen Wechselstromwert und einen Leistungsfaktorwinkel zu erhalten.

Patentansprüche

1. Wechselstrom-Erfassungsvorrichtung eines Wechselrichtergeräts zur Ausgabe einer Dreiphasen-Wechselspannung beliebiger Frequenz aus einer Gleichspannung, um dadurch die Geschwindigkeit eines Induktionsmotors zu variieren, aufweisend: eine Gleichstrom-Erfassungseinheit zur Erfassung eines durch einen Gleichstromabschnitt fließenden Stroms, und eine Wechselstrom-Erfassungseinheit zur Erfassung eines Ausgangswechselstroms entsprechend mindestens einer Phase, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Vorrichtung außerdem folgendes aufweist: von einer Gleichstromkomponenten-Bestimmungseinrichtung zur Bestimmung, ob der von der Gleichstrom-Erfassungseinheit erfaßte Gleichstrom einem der Dreiphasenströme entspricht, oder einer Maximalwert-Stromerfassungseinrichtung zur Erfassung eines Maximalwerts des Gleichstroms mindestens eine davon, eine Leistungsfaktorwinkel-Berechnungseinheit, und eine Ausgangsstromwert-Berechnungseinheit, wobei der von der Wechselstrom-Erfassungseinheit

erfaßte Ausgangswechselstrom und die Ausgabe der genannten mindestens einen Einrichtung der Leistungsfaktorwinkel-Berechnungseinheit zur Berechnung eines Leistungsfaktorwinkels zugeführt werden und der von der Wechselstrom-Erfassungseinheit erfaßte Ausgangswechselstrom der Ausgangsstromwert-Berechnungseinheit zur Berechnung eines Ausgangsstromwerts zugeführt wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Maximalwert-Stromerfassungseinrichtung den Maximalwert des Gleichstroms während $1/6$ Zyklus einer Ausgangs-Wechselstromfrequenz erfaßt.

3. Wechselstrom-Erfassungsverfahren zur Verwendung in einem Wechselrichtergerät zur Ausgabe einer Dreiphasen-Wechselspannung beliebiger Frequenz aus einer Gleichspannung, um dadurch die Geschwindigkeit eines Induktionsmotors zu variieren, aufweisend:

einen Gleichstrom-Erfassungsschritt zur Erfassung eines durch einen Gleichstromabschnitt fließenden Stroms,

einen Wechselstrom-Erfassungsschritt zur Erfassung eines Ausgangswechselstroms entsprechend mindestens einer Phase, und

gekennzeichnet durch

einen Schritt zur Berechnung eines Ausgangsstromwerts aufgrund des Wechselstrom-Erfassungsschritts und eines Leistungsfaktorwinkels aufgrund der vom Gleichstrom-Erfassungsschritt und vom Wechselstrom-Erfassungsschritt erfaßten Ströme.

4. Wechselstrom-Erfassungsverfahren zur Verwendung in einem Wechselrichtergerät zur Ausgabe einer Dreiphasen-Wechselspannung beliebiger Frequenz aus einer Gleichspannung, um dadurch die Geschwindigkeit eines Induktionsmotors zu variieren, aufweisend:

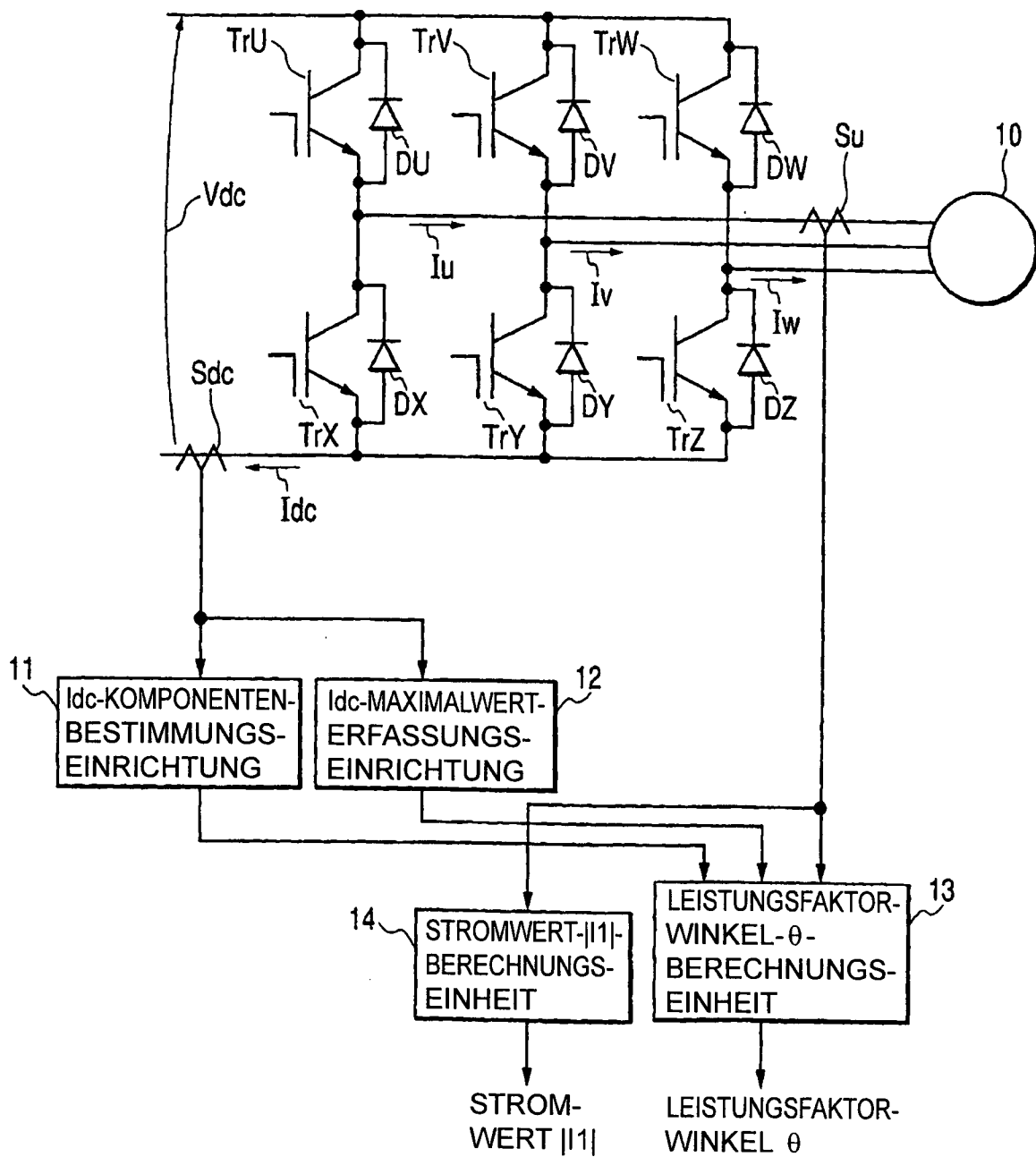
mindestens entweder einen Gleichstromkomponenten-Bestimmungsschritt zur Erfassung eines durch einen Gleichstromabschnitt fließenden Stroms und Bestimmung, ob der erfaßte Gleichstrom einem der Dreiphasenströme entspricht, oder einen Maximalwert-Stromerfassungsschritt zur Erfassung eines Maximalwerts des Gleichstroms,

einen Wechselstrom-Erfassungsschritt zur Erfassung eines Ausgangswechselstroms entsprechend mindestens einer Phase, und

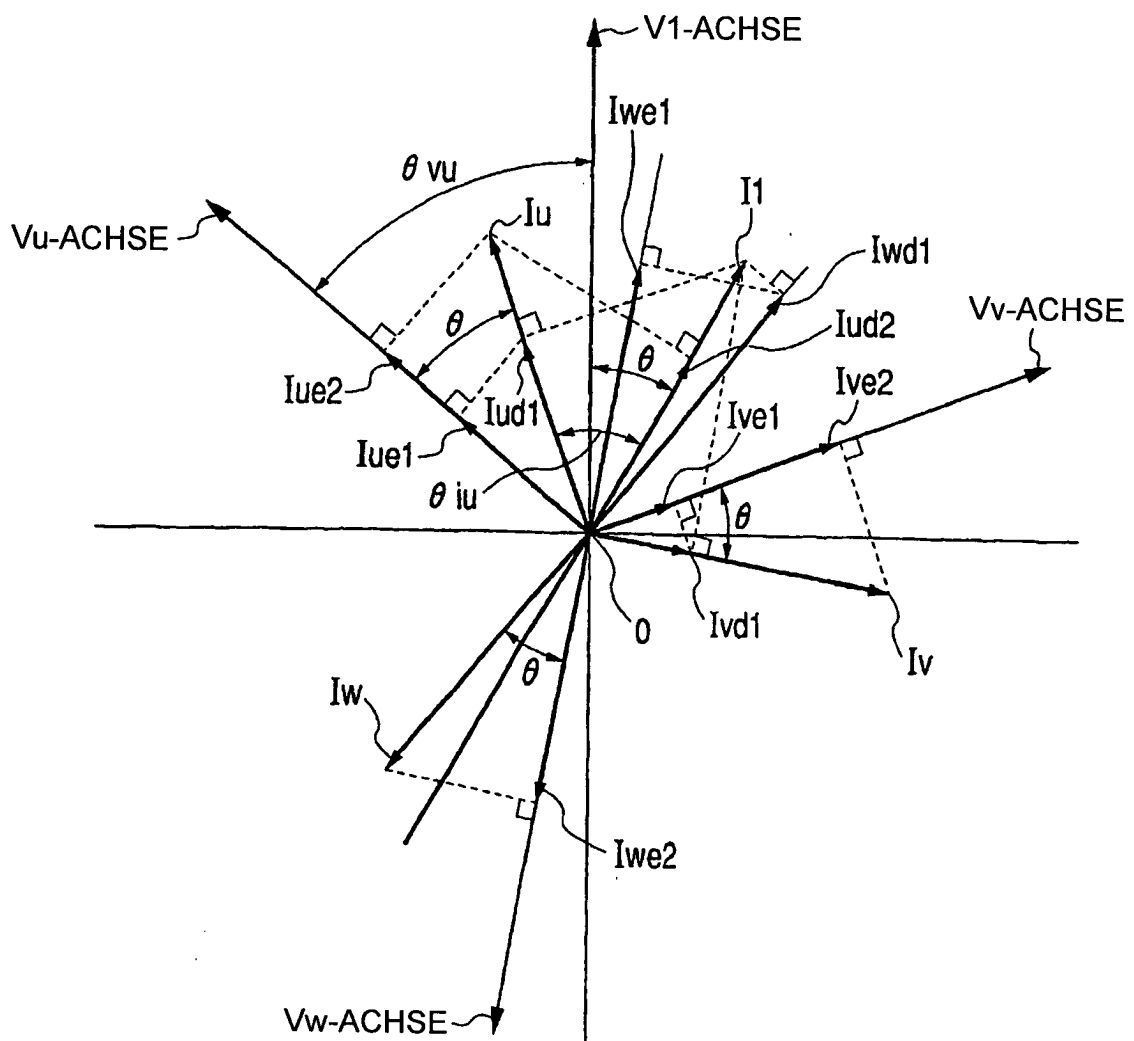
einen Schritt zur Berechnung eines Ausgangsstromwerts und eines Leistungsfaktorwinkels unter Verwendung des in dem genannten mindestens einen Schritt erhaltenen Werts und des im Wechselstrom-Erfassungsschritt erhaltenen Werts.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

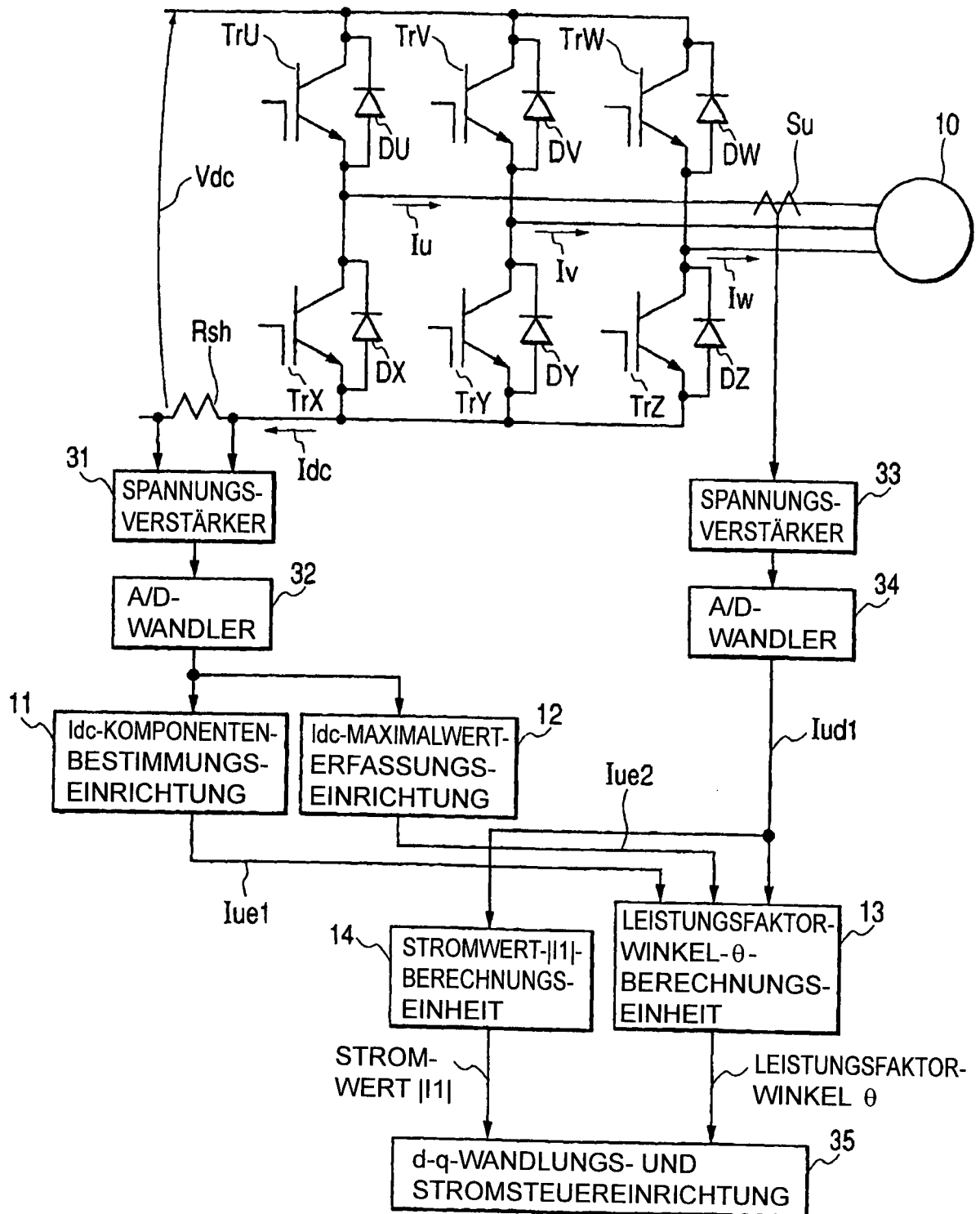
Figur 1



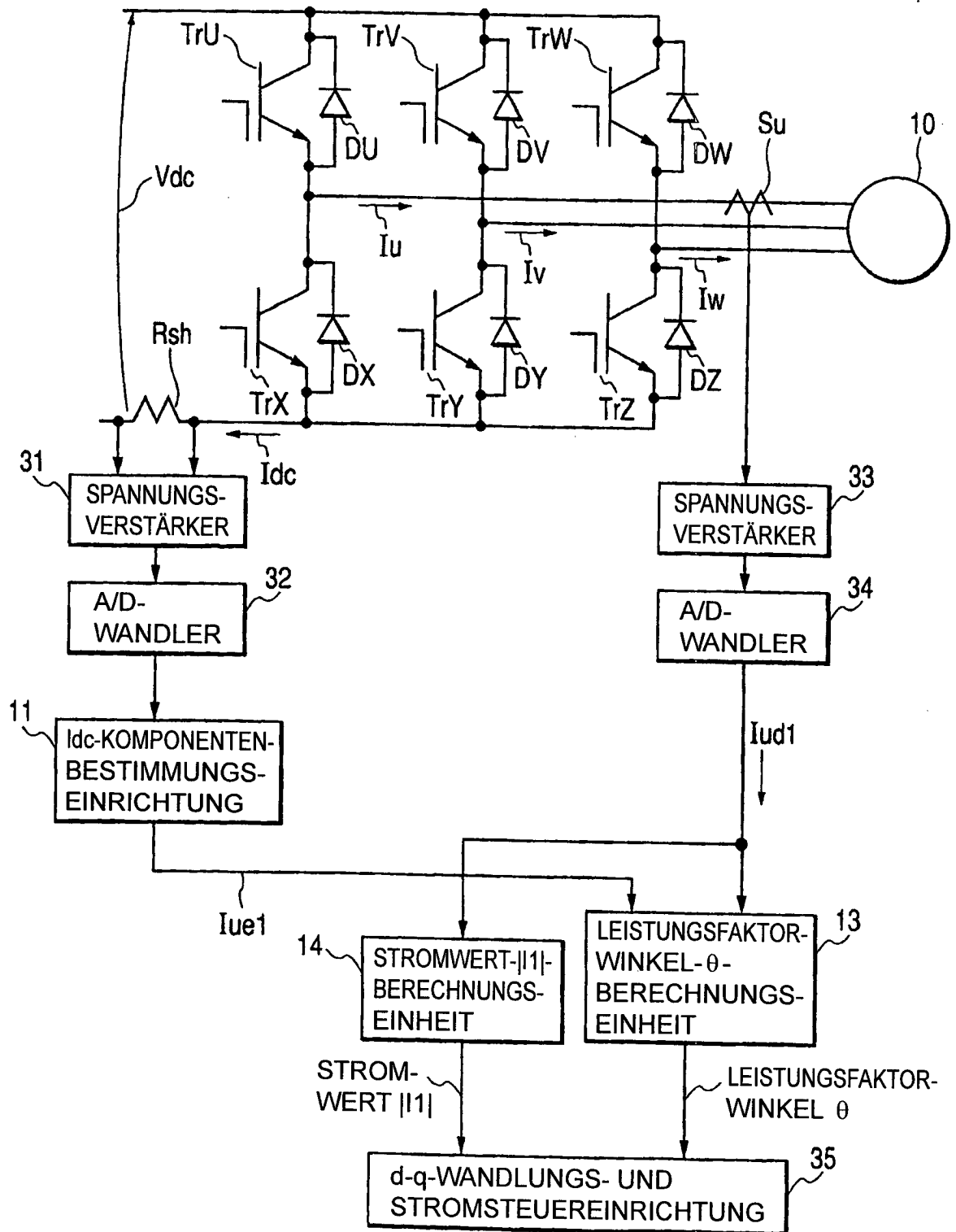
Figur 2



Figur 3



Figur 4



Figur 5

