



(10) **DE 11 2022 006 151 T5** 2024.10.02

(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/120546**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2022 006 151.0**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2022/046982**
(86) PCT-Anmeldetag: **20.12.2022**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **29.06.2023**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **02.10.2024**

(51) Int Cl.: **H02M 7/48** (2007.01)

(30) Unionspriorität:
2021-211311 **24.12.2021** **JP**
(71) Anmelder:
NIDEC CORPORATION, Kyoto-shi, Kyoto, JP
(74) Vertreter:
**Viering, Jentschura & Partner mbB Patent- und
Rechtsanwälte, 01099 Dresden, DE**

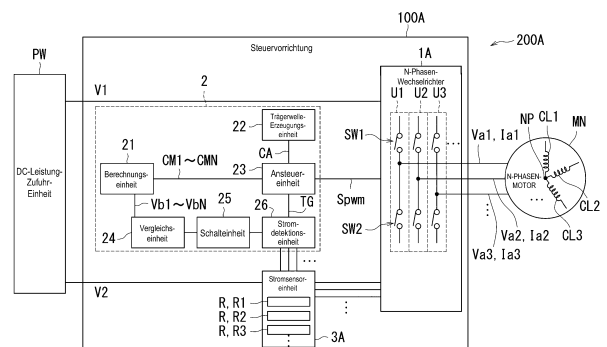
(72) Erfinder:
**Nagahisa, Tetsuzo, Kyoto, JP; Fukumura,
Tomohiro, Kyoto, JP**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **STEUERUNGSVORRICHTUNG UND STEUERUNGSVERFAHREN**

(57) Zusammenfassung: Eine Steuerungsvorrichtung steuert einen N-Phasen-Wechselrichter, der eine Spannung an jede von N Phasen anlegt, wenn N eine ungerade Zahl von drei oder mehr ist. Die Steuerungsvorrichtung weist eine Stromdetektionseinheit und eine Berechnungseinheit auf. Wenn eine Phase, an welche eine $(N + 1)/2$ -größte Spannung von Spannungen, welche an die N Phasen angelegt sind, zu einer Stromdetektionszeit angelegt ist, als eine Zwischenphase definiert ist, detektiert die Stromdetektionseinheit einen Strom von jeder von den $(N - 1)$ Phasen, die von der Zwischenphase verschieden sind, von Strömen der N Phasen. Die Berechnungseinheit berechnet einen Stromwert eines Stroms in der Zwischenphase auf der Grundlage eines Detektionsergebnisses der Stromdetektionseinheit.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft eine Steuerungsvorrichtung und ein Steuerungsverfahren.

HINTERGRUNDTECHNIK

[0002] Konventionell ist ein Mikrocomputer bekannt, der einen bürstenlosen Dreiphasen-Motor steuert (zum Beispiel Patentliteratur 1).

[0003] In einem konventionellen Mikrocomputer gibt eine PWM-Bildung-Einheit ein PWM-Signal für jede Phase, das durch Modulieren einer Trägerwelle (Dreieckswelle) von 16 kHz auf der Grundlage eines Spannung-Befehl-Wertes erlangt ist/wird, an einen Wechselrichter-Schaltkreis aus. Ein Motor wird mittels des Wechselrichter-Schaltkreises angesteuert. Ein Shunt-Widerstand ist zwischen einem Emitter eines IGBT auf der Unterer-Arm-Seite des Wechselrichter-Schaltkreises und der Masse angeordnet, und der Emitter des IGBT ist mit einem Eingangsanschluss eines Verstärkung-Bias-Schaltkreises verbunden.

[0004] Ferner werden in einem konventionellen Mikrocomputer Stromsignale für drei Phasen jedem von zwei A/D-Wandlern zugeführt, und die Eingabe eines Stromsignals irgendeiner Phase wird in jedem der Wandler umgeschaltet, um eine A/D-Wandlung durchzuführen, so dass A/D-Wandlung-Werte für zwei Phasen gleichzeitig erlangt werden. Da die Detektion des Stroms mittels eines Shunt-Widerstands nur während einer Periode durchgeführt werden kann, in der ein IGBT auf der Unterer-Arm-Seite eingeschaltet ist, wird die A/D-Umwandlung zu einem Zeitpunkt durchgeführt, an dem ein Tiefpunkt einer Dreieckswelle einer PWM-Trägerwelle erreicht ist. Falls zwei Phasen von Dreiphasen-Strömen detektiert werden können, kann die verbleibende eine Phase abgeschätzt werden.

ZITATLISTE

PATENTLITERATUR

[0005] Patentliteratur 1: JP 2003 - 164 197 A

ERLÄUTERUNG DER ERFINDUNG

TECHNISCHE AUFGABEN

[0006] Indes, in einem konventionellen Mikrocomputer werden der Strom einer Zwischenphase, die mit einer zweitgrößten Phasenspannung korrespondiert, und der Strom einer Minimalphase, die mit einer kleinsten Phasenspannung korrespondiert, zu

einer Stromdetektionszeit detektiert, von/aus Phasenspannungen dreier Phasen in/bei Zweiphasen-Modulation-Welle-Erregung.

[0007] Insbesondere hat der Erfinder der vorliegenden Anmeldung Wissen darüber, dass die Fluktuation des Stroms einer Zwischenphase größer ist als die Fluktuation des Stroms einer Minimalphase. Darüber hinaus hat der Erfinder der vorliegenden Anmeldung Wissen darüber, dass es wahrscheinlich ist, dass der Strom in der Nähe des Nulldurchgangs des Stroms gestört ist/wird. Gemäß solchem Wissen kann ein Fehler eines Detektionsergebnisses des Stroms einer Zwischenphase größer sein als ein Fehler eines Detektionsergebnisses des Stroms einer Minimalphase. Mit anderen Worten: In einem konventionellen Mikrocomputer können die Detektionswerte des Stroms, der durch jede Phase fließt, variieren.

[0008] Die vorliegende Offenbarung wurde im Hinblick auf die obige Aufgabe gemacht, und ein Ziel der vorliegenden Offenbarung ist es, eine Steuerungsvorrichtung und ein Steuerungsverfahren bereitzustellen, die imstande sind, die Variation eines Detektionswerts des durch jede Phase fließenden Stroms zu reduzieren.

LÖSUNGEN DER AUFGABEN

[0009] Eine beispielhafte Steuerungsvorrichtung der vorliegenden Offenbarung steuert einen N-Phasen-Wechselrichter, der eine Spannung an jede von N Phasen anlegt, wenn N eine ungerade Zahl von drei oder mehr ist. Die Steuerungsvorrichtung weist eine Stromdetektionseinheit und eine Rechneinheit auf. Wenn eine Phase, an welche eine $(N + 1)/2$ -t-größte Spannung von Spannungen, welche an die N Phasen angelegt sind, zu einer Stromdetektionszeit angelegt ist, als eine Zwischenphase definiert ist, detektiert die Stromdetektionseinheit einen Strom von jeder von den $(N - 1)$ Phasen, die von der Zwischenphase verschieden sind, von Strömen der N Phasen. Die Rechneinheit berechnet einen Stromwert eines Stroms in der Zwischenphase auf der Grundlage eines Detektionsergebnisses der Stromdetektionseinheit.

[0010] Ein beispielhaftes Steuerungsverfahren der vorliegenden Offenbarung wird mittels einer Steuerungsvorrichtung ausgeführt, die einen N-Phasen-Wechselrichter steuert, der eine Spannung an jede von N Phasen anlegt, wenn N eine ungerade Zahl von drei oder mehr ist. Das Steuerungsverfahren weist einen Strom-Detektion-Schritt und einen Berechnung-Schritt auf. In dem Strom-Detektion-Schritt, wenn eine Phase, an welche eine $(N + 1)/2$ -t-größte Spannung von Spannungen, welche an die N Phasen angelegt sind, zu einer Stromdetektionszeit angelegt ist, als eine Zwischenphase definiert

ist, wird ein Strom von jeder von den $(N - 1)$ Phasen, die von der Zwischenphase verschieden sind, von Strömen der N Phasen detektiert. In dem Berechnung-Schritt wird ein Stromwert eines Stroms in der Zwischenphase auf der Grundlage eines Detektionsergebnisses des Strom-Detektion-Schrittes berechnet.

VORTEILHAFTE EFFEKTE DER ERFINDUNG

[0011] Gemäß der beispielhaften vorliegenden Offenbarung ist es möglich, eine Variation eines Detektionswerts eines durch jede Phase fließenden Stroms zu reduzieren.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 ist ein Blockdiagramm, das ein Motormodul gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung darstellt.

Fig. 2 ist eine Darstellung, die eine Wellenform (Dreiphasen-Modulation) einer an jede Phase angelegten Spannung und eine Wellenform eines Stroms jeder Phase in der ersten Ausführungsform darstellt.

Fig. 3 ist eine Schaltkreisdarstellung, die einen Dreiphasen-Wechselrichter gemäß der ersten Ausführungsform darstellt.

Fig. 4 ist eine Darstellung, die ein Beispiel einer Spannung (Dreiphasen-Modulation), die an jede Phase angelegt ist, einer Trägerwelle und eines Vergleichswerts in der ersten Ausführungsform darstellt.

Fig. 5 ist eine Darstellung, die Übergänge einer Zwischenphase, einer Maximalphase und einer Minimalphase in einem Elektrischer-Winkel-Bereich von 0 [degE] bis 360 [degE] in der ersten Ausführungsform darstellt.

Fig. 6 ist eine Darstellung, die ein Beispiel einer Spannung (Dreiphasen-Modulation), die an jede Phase angelegt ist, einer Trägerwelle, eines Vergleichswerts und eines zweiten Gate-Signals in der ersten Ausführungsform darstellt.

Fig. 7 ist eine Darstellung, die ein weiteres Beispiel einer Spannung (Dreiphasen-Modulation), welche an jede Phase angelegt ist, einer Trägerwelle, eines Vergleichswerts und eines zweiten Gate-Signals in der ersten Ausführungsform darstellt.

Fig. 8 ist eine Darstellung, welche eine Stromdetektionseinheit gemäß der ersten Ausführungsform darstellt.

Fig. 9 ist eine Darstellung, die ein Beispiel einer Spannung (Zweiphasen-Modulation-Min-Typ), die an jede Phase angelegt ist, einer Trägerwelle, eines Vergleichswerts und eines zweiten

Gate-Signals in einer ersten Variation der ersten Ausführungsform darstellt.

Fig. 10 ist eine Darstellung, die ein weiteres Beispiel einer Spannung (Zweiphasen-Modulation-Min-Typ), die an jede Phase angelegt ist, einer Trägerwelle, eines Vergleichswerts und eines zweiten Gate-Signals in der ersten Variation der ersten Ausführungsform darstellt.

Fig. 11 ist eine Darstellung, die ein Beispiel einer Spannung (Zweiphasen-Modulation-Min-Max-Typ), die an jede Phase angelegt ist, einer Trägerwelle, eines Vergleichswerts und eines zweiten Gate-Signals in einer zweiten Variation der ersten Ausführungsform darstellt.

Fig. 12 ist eine Darstellung, die ein weiteres Beispiel einer Spannung (Zweiphasen-Modulation-Min-Max-Typ), die an jede Phase angelegt ist, einer Trägerwelle, eines Vergleichswerts und eines zweiten Gate-Signals in der zweiten Variation der ersten Ausführungsform darstellt.

Fig. 13 ist ein Blockdiagramm, das das Motormodul gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung darstellt.

Fig. 14 ist eine Darstellung, die ein Beispiel einer Trägerwelle und eines Vergleichswerts gemäß der zweiten Ausführungsform darstellt.

Fig. 15 ist eine Darstellung, die ein weiteres Beispiel einer Trägerwelle und eines Vergleichswerts gemäß der zweiten Ausführungsform darstellt.

Fig. 16 ist ein Flussdiagramm, das die Phase-Ermittlung-Verarbeitung zum Ermitteln einer Phase zum direkten Detektieren eines Stroms in der zweiten Ausführungsform darstellt.

Fig. 17 ist ein Flussdiagramm, das die Stromwert-Berechnung-Verarbeitung zum Berechnen eines Stromwerts von nicht-detektiertem Strom in der zweiten Ausführungsform darstellt.

Fig. 18 ist eine Darstellung, die ein Beispiel einer Spannung (Fünfphasen-Modulation), welche an jede Phase angelegt ist/wird, einer Trägerwelle und eines Vergleichswerts in der zweiten Ausführungsform darstellt.

Fig. 19 ist eine Darstellung, die eine Änderung der Größenreihenfolge einer P1 Phase zu einer P5 Phase in einem Elektrischer-Winkel-Bereich von 0 [degE] bis 360 [degE] in der Fünfphasen-Modulation in der zweiten Ausführungsform darstellt.

Fig. 20 ist eine Darstellung, welche das Motormodul gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung darstellt.

Fig. 21 ist eine Darstellung, welche eine Stromsensoreinheit gemäß der dritten Ausführungsform darstellt.

Fig. 22 ist eine Darstellung, welche die Stromsensoreinheit gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung darstellt.

Fig. 23 ist eine Darstellung, welche die Stromdetektionseinheit gemäß der vierten Ausführungsform darstellt.

BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0012] Nachfolgend wird eine Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. In den Zeichnungen sind identische oder korrespondierende Teile durch die gleichen Bezugszeichen bezeichnet und eine Beschreibung solcher Teile wird nicht wiederholt.

(Erste Ausführungsform)

[0013] Ein Motormodul 200 gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung wird unter Bezugnahme auf **Fig. 1** bis **Fig. 8** beschrieben. **Fig. 1** ist ein Blockdiagramm, das das Motormodul 200 gemäß der ersten Ausführungsform darstellt.

[0014] Wie in **Fig. 1** dargestellt, weist das Motormodul 200 eine Steuerungsvorrichtung 100 und einen Dreiphasen-Motor M3 auf. Die Steuerungsvorrichtung 100 steuert einen Dreiphasen-Wechselrichter 1, der Spannungen V_u , V_v und V_w an drei Phasen anlegt. Die drei Phasen sind eine U-Phase, eine V-Phase und eine W-Phase. Die Spannung V_u ist eine U-Phase-Spannung, die Spannung V_v ist eine V-Phase-Spannung und die Spannung V_w ist eine W-Phase-Spannung. Nachfolgend können die Spannungen V_u , V_v und V_w als die angelegten Spannungen V_u , V_v und V_w bezeichnet sein/werden. Beachten Sie, dass in dem Beispiel von **Fig. 1** die Steuerungsvorrichtung 100 den Dreiphasen-Wechselrichter 1 aufweist. Dann ist der Dreiphasen-Wechselrichter 1 mit einer DC-Leistung-Zufuhr-Einheit PW verbunden.

[0015] In der vorliegenden Beschreibung, als ein Beispiel, legt der Dreiphasen-Wechselrichter 1 die Spannungen V_u , V_v und V_w , welche unterschiedliche Phasen haben, an die U-Phase, die V-Phase und die W-Phase des Dreiphasen-Motors M3 an, um den Dreiphasen-Motor M3 zu betreiben. Ströme I_u , I_v und I_w , welche mit den Spannungen V_u , V_v und V_w korrespondieren, fließen durch die U-Phase, die V-Phase und die W-Phase des Dreiphasen-Motors M3. Der Strom I_u ist der U-Phase-Strom, der Strom I_v ist der V-Phase-Strom und der Strom I_w ist der W-Phase-Strom.

[0016] Der Dreiphasen-Motor M3 weist Spulen CLu, CLv und CLw dreier Phasen auf. Die Spule CLu ist eine U-Phase-Spule, die Spule CLv ist eine V-Phase-Spule und die Spule CLw ist eine W-Phase-Spule. Der Dreiphasen-Motor M3 ist zum Beispiel ein bürstenloser DC-Motor. Der Dreiphasen-Motor M3 hat eine U-Phase, eine V-Phase und eine W-Phase. Beachten Sie, dass hinsichtlich der Polarität der Ströme I_u , I_v und I_w die Polarität eines Stroms in einer Richtung fließend vom Dreiphasen-Wechselrichter 1 zu einem Neutralpunkt NP des Dreiphasen-Motors M3 auf positiv gesetzt ist und die Polarität eines Stroms in einer Richtung fließend vom Neutralpunkt NP zum Dreiphasen-Wechselrichter 1 auf negativ gesetzt ist.

[0017] Beachten Sie, dass ein Ansteuerungsziel des Dreiphasen-Wechselrichters 1 nicht auf den Dreiphasen-Motor M3 beschränkt ist und eine andere elektrische Vorrichtung sein kann. Ferner kann der Dreiphasen-Wechselrichter 1 außerhalb der Steuerungsvorrichtung 100 angeordnet sein.

[0018] **Fig. 2** ist eine Darstellung, die eine Wellenform der an jede Phase angelegten Spannungen V_u , V_v und V_w und eine Wellenform der Ströme I_u , I_v und I_w jeder Phase darstellt. Wie in **Fig. 2** dargestellt, stellt eine Wellenformdarstellung F1 die an jede Phase angelegten Spannungen V_u , V_v und V_w dar. In der Wellenformdarstellung F1 stellt die horizontale Achse einen elektrischen Winkel [degE] dar und die vertikale Achse stellt die Spannungen V_u , V_v und V_w dar. Für die Einfachheit der Beschreibung stellt die vertikale Achse der Wellenformdarstellung F1 einen Spannungswert dar, der mittels der Eingangsspannungen V1 bis V2 normiert ist/wird, und die Spannungen V_u , V_v und V_w nehmen einen Wert in einem Bereich von Null bis Eins an. Wie in der Wellenformdarstellung F1 dargestellt, sind die Spannungen V_u , V_v und V_w sinusförmig. Phasen der Spannungen V_u , V_v und V_w sind voneinander verschieden. In der ersten Ausführungsform wird die Erregung in einem Dreiphasen-Modulation-System ausgeführt.

[0019] Eine Wellenformdarstellung F2 stellt die Ströme I_u , I_v , und I_w jeder Phase dar. In der Wellenformdarstellung F2 stellt die horizontale Achse einen elektrischen Winkel [degE] dar und die vertikale Achse stellt die Ströme I_u , I_v und I_w [w.E.] dar. Phasen der Ströme I_u , I_v und I_w sind in Bezug auf Phasen der Spannungen V_u , V_v und V_w verzögert. Aus der Wellenformdarstellung F2 geht hervor, dass die Ströme I_u , I_v und I_w in der Nähe des Nulldurchgangs Z der Ströme I_u , I_v und I_w gestört sind.

[0020] Der Nulldurchgang Z tritt in einer Zwischenphase der Spannungen V_u , V_v , und V_w auf. Die Zwischenphase ist eine Phase, an die die zweitgrößte Spannung von den Spannungen V_u , V_v und V_w

angelegt ist/wird. Zum Beispiel, an/zu einem Zeitpunkt, zu dem ein elektrischer Winkel etwa 60 [degE] beträgt, ist die Zwischenphase eine Phase (W-Phase), an welche die zweitgrößte Spannung V_w angelegt ist/wird. Zum Beispiel, an/zu einem Zeitpunkt, zu dem ein elektrischer Winkel etwa 180 [degE] beträgt, ist die Zwischenphase eine Phase (U-Phase), an die die zweitgrößte Spannung V_u angelegt ist/wird. Zum Beispiel, an/zu einem Zeitpunkt, zu dem ein elektrischer Winkel etwa 300 [degE] beträgt, ist die Zwischenphase eine Phase (V-Phase), an die die zweitgrößte Spannung V_v angelegt ist/wird.

[0021] In der ersten Ausführungsform werden von den Strömen I_u , I_v und I_w Ströme von zwei Phasen, welche von der Zwischenphase verschieden sind, detektiert, und der Strom der Zwischenphase wird auf der Grundlage von Stromwerten der Ströme der zwei Phasen, welche von der Zwischenphase verschieden sind, berechnet. Als ein Ergebnis ist es möglich, einen durch den Nulldurchgang Z oder dergleichen verursachten Fehler im Strom der Zwischenphase zu reduzieren. Zwei Phasen, welche von der Zwischenphase verschieden sind, sind eine Maximalphase und eine Minimalphase.

[0022] Die Maximalphase ist eine Phase, an die die größte der Spannungen V_u , V_v und V_w angelegt ist/wird. Zum Beispiel, an/zu einem Zeitpunkt, an dem ein elektrischer Winkel etwa 60 [degE] beträgt, ist die Maximalphase eine Phase (U-Phase), an die die größte Spannung V_u angelegt ist/wird. Zum Beispiel, an/zu einem Zeitpunkt, an dem ein elektrischer Winkel etwa 180 [degE] beträgt, ist die Maximalphase eine Phase (V-Phase), an die die größte Spannung V_v angelegt ist/wird. Zum Beispiel, an/zu einem Zeitpunkt, an dem ein elektrischer Winkel etwa 300 [degE] beträgt, ist die Maximalphase eine Phase (W-Phase), an die die größte Spannung V_w angelegt ist/wird.

[0023] Die Minimalphase ist eine Phase, an die die kleinste Spannung von den Spannungen V_u , V_v und V_w angelegt ist/wird. Zum Beispiel, an/zu einem Zeitpunkt, an dem ein elektrischer Winkel etwa 60 [degE] beträgt, ist die Minimalphase eine Phase (V-Phase), an die die kleinste Spannung V_v angelegt ist/wird. Zum Beispiel, an/zu einem Zeitpunkt, an dem ein elektrischer Winkel etwa 180 [degE] beträgt, ist die Minimalphase eine Phase (W-Phase), an die die kleinste Spannung V_w angelegt ist/wird. Zum Beispiel, an/zu einem Zeitpunkt, an dem ein elektrischer Winkel etwa 300 [degE] beträgt, ist die Minimalphase eine Phase (U-Phase), an die die kleinste Spannung V_u angelegt ist/wird.

[0024] Zurückkehrend zu **Fig. 1** weist die Steuerungsvorrichtung 100 ferner eine Berechnungseinheit 21 und eine Stromdetektionseinheit 26 auf. Wenn

eine Phase, an die die zweitgrößte Spannung von den an drei Phasen angelegten Spannungen V_u , V_v und V_w zu einer Stromdetektionszeit angelegt ist/wird, als eine Zwischenphase definiert ist, detektiert die Stromdetektionseinheit 26 Ströme von Phasen, welche von der Zwischenphase verschieden sind, von/aus den Strömen I_u , I_v und I_w der drei Phasen. Zwei Phasen, welche von der Zwischenphase verschieden sind, sind eine Maximalphase und eine Minimalphase. Die Maximalphase ist eine Phase, an die die größte der an die drei Phasen angelegten Spannungen V_u , V_v und V_w zu einer Stromdetektionszeit angelegt ist/wird. Die Minimalphase ist eine Phase, an die die kleinste der an die drei Phasen angelegten Spannungen V_u , V_v und V_w zu einer Stromdetektionszeit angelegt ist/wird. In der ersten Ausführungsform detektiert die Stromdetektionseinheit 26 von/aus den Strömen I_u , I_v und I_w nicht den Strom der Zwischenphase, in der die Fluktuation und Störung des Stroms relativ groß sind, sondern Ströme der Maximalphase und der Minimalphase, in denen die Fluktuation und Störung des Stroms kleiner sind als diejenigen in der Zwischenphase. Daher ist/wird ein Fehler in einem Detektionsergebnis für einen direkt detektierten Strom von/aus den Strömen I_u , I_v und I_w reduziert.

[0025] Dann berechnet die Berechnungseinheit 21 einen Stromwert I_{mid} des Stroms einer Zwischenphase auf der Grundlage eines Detektionsergebnisses der Stromdetektionseinheit 26. Insbesondere berechnet die Berechnungseinheit 21 den Stromwert I_{mid} des Stroms einer Zwischenphase aus einem Gesamtwert I_{sum} eines Stromwerts des Stroms einer Maximalphase und eines Stromwerts des Stroms einer Minimalphase auf der Grundlage der Kirchhoffschen Gesetze. $I_{mid} = -I_{sum}$. Wie oben beschrieben, in der ersten Ausführungsform, berechnet die Berechnungseinheit 21 den Strom einer Zwischenphase aus einem Detektionsergebnis des Stroms einer Maximalphase und einer Minimalphase, in denen ein Fehler eines Detektionsergebnisses im Vergleich zu einer Zwischenphase reduziert ist/wird, aus/von den Strömen I_u , I_v und I_w . Das heißt, der Strom einer Zwischenphase ist/wird indirekt detektiert. Daher, im Vergleich zu einem Fall, in dem der Strom einer Zwischenphase direkt detektiert ist/wird, ist es möglich, einen Fehler in/bei dem Detektionsergebnis des Stroms der Zwischenphase zu reduzieren. Als ein Ergebnis kann eine Variation in/bei einem detektierten Wert der Ströme I_u , I_v und I_w , die durch jede Phase fließen, reduziert sein/werden.

[0026] Die Steuerungsvorrichtung 100 weist ferner eine Trägerwelle-Erzeugungseinheit 22, eine Ansteuereinheit 23, eine Vergleichseinheit 24 und eine Schalteinheit 25 auf. Insbesondere weist die Steuerungsvorrichtung 100 eine Wechselrichter-Steuereinheit 2 auf. Dann weist die Wechselrichter-

Steuereinheit 2 die Berechnungseinheit 21, die Trägerwelle-Erzeugungseinheit 22, die Ansteuereinheit 23, die Vergleichseinheit 24, die Schalteinheit 25 und die Stromdetektionseinheit 26 auf. Die Wechselrichter-Steuereinheit 2 ist zum Beispiel ein Mikrocomputer. Der Mikrocomputer ist beispielsweise ein Hardwareschaltkreis, der einen Prozessor, wie zum Beispiel eine zentrale Verarbeitungseinheit (CPU), einen Halbleiterspeicher, einen anwendungsspezifischen integrierten Schaltkreis (ASIC), einem A/D-Wandler (Analogzu-Digital-Wandler, ADC) und verschiedene elektronische Komponenten aufweist.

[0027] Insbesondere kann jede von der Berechnungseinheit 21, der Trägerwelle-Erzeugungseinheit 22, der Ansteuereinheit 23, der Vergleichseinheit 24 und der Schalteinheit 25 mittels einer verdrahteten Logik in einem Mikrocomputer realisiert sein/werden, kann mittels eines Prozessors, der ein in einem Halbleiterspeicher gespeichertes Computerprogramm ausführt, realisiert sein/werden oder kann mittels einer Kombination aus diesen realisiert sein/werden. Ferner ist/wird die Stromdetektionseinheit 26 beispielsweise mittels eines A/D-Wandlers realisiert.

[0028] Als nächstes werden die Ansteuereinheit 23 und der Dreiphasen-Wechselrichter 1 unter Bezugnahme auf **Fig. 1** und **Fig. 3** beschrieben. **Fig. 3** ist eine Schaltkreisdarstellung, die einen Dreiphasen-Wechselrichter M3 darstellt. Die Ansteuereinheit 23 gibt ein Pulsweitenmodulation (PWM)-Signal Spwm an den Dreiphasen-Wechselrichter 1 aus. Als ein Ergebnis ist/wird der Dreiphasen-Wechselrichter 1 mittels des PWM-Signals Spwm angesteuert. Das PWM-Signal Spwm weist erste Gate-Signale G1u, G1v und G1w und zweite Gate-Signale G2u, G2v und G2w auf.

[0029] Insbesondere weist der Dreiphasen-Wechselrichter 1 drei Schalteinheiten Uu, Uv und Uw auf. Die Schalteinheiten Uu, Uv und Uw legen die Spannungen Vu, Vv und Vw an drei Phasen an. Insbesondere legen die Schalteinheiten Uu, Uv und Uw die Spannungen Vu, Vv und Vw, welche unterschiedliche Phasen haben, in zugeordneter Weise an die Spulen CLu, CLv und CLw von drei Phasen an (**Fig. 1**). Die Schalteinheiten Uu, Uv und Uw sind parallel zwischen einer ersten Leistung-Zufuhr-Leitung LN1 und einer zweiten Leistung-Zufuhr-Leitung LN2 angeschlossen.

[0030] Jede der Schalteinheiten Uu, Uv und Uw weist ein erstes Schaltelement SW1 auf der Ersten-Spannung V1-Seite der DC-Leistung-Zufuhr-Einheit PW und ein zweites Schaltelement SW2 auf der Zweiten-Spannung V2-Seite der DC-Leistung-Zufuhr-Einheit PW auf. Das zweite Schaltelement SW2 ist in Reihe mit dem ersten Schaltelement SW1 geschaltet. Insbesondere sind das erste Schaltelement SW1 und das zweite Schaltelement SW2 in Reihe zwi-

schen der ersten Leistung-Zufuhr-Leitung LN1 und der zweiten Leistung-Zufuhr-Leitung LN2 angeschlossen. Die erste Spannung V1 ist/wird der ersten Leistung-Zufuhr-Leitung LN1 von der DC-Leistung-Zufuhr-Einheit PW zugeführt. Die zweite Spannung V2 wird der zweiten Leistung-Zufuhr-Leitung LN2 von der DC-Leistung-Zufuhr-Einheit PW zugeführt. In einem Beispiel aus **Fig. 1** ist die zweite Spannung V2 kleiner als die erste Spannung V1. Zum Beispiel ist die zweite Spannung V2 eine Massespannung (0 V).

[0031] Hier weist die Steuerungsvorrichtung 100 ferner drei Elektrischer-Widerstand-Einheiten Ru, Rv und Rw zum Detektieren der Ströme Iu, Iv und Iw dreier Phasen in zugeordneter Weise auf. Jede von den Elektrischer-Widerstand-Einheiten Ru, Rv und Rw oder ein generischer Begriff für diese kann als eine Elektrischer-Widerstand-Einheit R bezeichnet sein/werden. Insbesondere weist die Steuerungsvorrichtung 100 eine Stromsensoreinheit 3 zum Detektieren der Ströme Iu, Iv und Iw dreier Phasen auf. Dann weist die Stromsensoreinheit 3 die Elektrischer-Widerstand-Einheiten Ru, Rv und Rw auf. Aus diesem Grund sind das erste Schaltelement SW1 und das zweite Schaltelement SW2 der Schalteinheit Uu und die Elektrischer-Widerstand-Einheit Ru in Reihe zwischen der ersten Leistung-Zufuhr-Leitung LN1 und der zweiten Leistung-Zufuhr-Leitung LN2 angeschlossen.

[0032] Das erste Schaltelement SW1 und das zweite Schaltelement SW2 der Schalteinheit Uv und die Elektrischer-Widerstand-Einheit Rv sind zwischen der ersten Leistung-Zufuhr-Leitung LN1 und der zweiten Leistung-Zufuhr-Leitung LN2 in Reihe angeschlossen. Das erste Schaltelement SW1 und das zweite Schaltelement SW2 der Schalteinheit Uw und die Elektrischer-Widerstand-Einheit Rw sind in Reihe zwischen der ersten Leistung-Zufuhr-Leitung LN1 und der zweiten Leistung-Zufuhr-Leitung LN2 angeschlossen.

[0033] Jedes des ersten Schaltelements SW1 und des zweiten Schaltelements SW2 ist ein Halbleiter-Schaltelement. Im Beispiel von **Fig. 2** ist jedes von dem ersten Schaltelement SW1 und dem zweiten Schaltelement SW2 ein Isoliertes-Gate-Bipolartransistor (IGBT). Jedes von dem ersten Schaltelement SW1 und dem zweiten Schaltelement SW2 kann ein anderer Transistor, wie zum Beispiel ein Feldeffekttransistor, sein.

[0034] Ein Kollektor des ersten Schaltelements SW1 ist mit der ersten Leistung-Zufuhr-Leitung LN1 verbunden. Ein Emitter des ersten Schaltelements SW1 und ein Kollektor des zweiten Schaltelements SW2 sind an einem Verbindungspunkt N verbunden.

[0035] Der Verbindungspunkt N der Schalteinheit Uu ist mit der Spule CLu (**Fig. 1**) des Dreiphasen-Motors M3 verbunden. Der Verbindungspunkt N der Schalteinheit Uv ist mit der Spule CLv (**Fig. 1**) des Dreiphasen-Motors M3 verbunden. Der Verbindungspunkt N der Schalteinheit Uw ist mit der Spule CLw (**Fig. 1**) des Dreiphasen-Motors M3 verbunden.

[0036] Ein Emitter des zweiten Schaltelements SW2 der Schalteinheit Uu ist mit einem Anschluss der Elektrischer-Widerstand-Einheit Ru an einem Verbindungspunkt N1 verbunden. Ein Emitter des zweiten Schaltelements SW2 der Schalteinheit Uv ist mit einem Anschluss der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rv an einem Verbindungspunkt N2 verbunden. Ein Emitter des zweiten Schaltelements SW2 der Schalteinheit Uw ist mit einem Anschluss der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rw an einem Verbindungspunkt N3 verbunden. Ein anderer Anschluss der Elektrischer-Widerstand-Einheiten Ru, Rv, Rw ist mit der zweiten Leistung-Zufuhr-Leitung LN2 verbunden.

[0037] Die ersten Gate-Signale G1u, G1v und G1w sind/werden in zugeordneter Weise in Gates des ersten Schaltelements SW1 der Schalteinheiten Uu, Uv und Uw eingegeben. Das erste Schaltelement SW1 der Schalteinheiten Uu, Uv und Uw ist/wird in zugeordneter Weise eingeschaltet, wenn die ersten Gate-Signale G1u, G1v und G1w bei/auf einem hohen Pegel sind. Das erste Schaltelement SW1 der Schalteinheiten Uu, Uv und Uw ist/wird in zugeordneter Weise ausgeschaltet, wenn die ersten Gate-Signale G1u, G1v und G1w bei/auf einem niedrigen Pegel sind.

[0038] Die zweiten Gate-Signale G2u, G2v und G2w sind/werden in zugeordneter Weise in Gates des zweiten Schaltelements SW2 der Schalteinheiten Uu, Uv und Uw eingegeben. Das zweite Schaltelement SW2 der Schalteinheiten Uu, Uv und Uw ist/wird in zugeordneter Weise eingeschaltet, wenn die zweiten Gate-Signale G2u, G2v und G2w bei/auf einem hohen Pegel sind. Das zweite Schaltelement SW2 der Schalteinheiten Uu, Uv und Uw ist/wird in zugeordneter Weise ausgeschaltet, wenn die zweiten Gate-Signale G2u, G2v und G2w bei/auf einem niedrigen Pegel sind.

[0039] Die Polarität der zweiten Gate-Signale G2u, G2v und G2w ist in zugeordneter Weise im Grunde genommen entgegengesetzt zur Polarität der ersten Gate-Signale G1u, G1v und G1w. Das heißt, die zweiten Gate-Signale G2u, G2v und G2w und die ersten Gate-Signale G1u, G1v und G1w haben im Grunde genommen eine komplementäre Beziehung. Indes, hinsichtlich der Gate-Signale G1u, G1v und G1w und der zweiten Gate-Signale G2u, G2v und G2w kann eine Periode (Totzeit) bereitgestellt sein, in der sowohl das erste Gate-Signal als auch das

zweite Gate-Signal bei/auf einem niedrigen Pegel ist, wenn jedes von dem ersten Schaltelement SW1 und dem zweiten Schaltelement SW2 ein- und ausgeschaltet ist/wird. Ein Grund für das Bereitstellen der Totzeit ist, einen Kurzschluss zwischen der ersten Leistung-Zufuhr-Leitung LN1 und der zweiten Leistung-Zufuhr-Leitung LN2 aufgrund eines Einflusses einer Anstiegszeit und einer Abfallzeit, die für jedes des ersten Schaltelements SW1 und des zweiten Schaltelements SW2 erforderlich sind, zu vermeiden.

[0040] Das Gleichrichterelement D ist parallel mit jedem von dem ersten Schaltelement SW1 und dem zweiten Schaltelement SW2 mit der Erste-Leistung-Zufuhr-Leitung LN1-Seite als eine Kathode und der Zweite-Leistung-Zufuhr-Leitung LN2-Seite als eine Anode verbunden. In einem Fall, in dem ein Feldeffekttransistor als das erste Schaltelement SW1 und das zweite Schaltelement SW2 verwendet wird, kann eine parasitäre Diode als ein Gleichrichterelement verwendet sein/werden.

[0041] Nachfolgend werden die Elektrischer-Widerstand-Einheiten Ru, Rv und Rw unter Bezugnahme auf **Fig. 3** beschrieben. Die Elektrischer-Widerstand-Einheiten Ru, Rv und Rw sind eine Widerstandskomponente (zum Beispiel ein Widerstandselement) zum Detektieren der Ströme Iu, Iv und Iw, die in zugeordneter Weise durch die Spulen CLu, CLv und CLw dreier Phasen via den Dreiphasen-Wechselrichter 1 fließen (**Fig. 1**). In der ersten Ausführungsform sind/werden die Elektrischer-Widerstand-Einheiten Ru, Rv und Rw als ein Stromsensor verwendet, so dass die Steuerungsvorrichtung 100 kostengünstig realisiert sein/werden kann. Jede von den Elektrischer-Widerstand-Einheiten Ru, Rv und Rw ist zum Beispiel ein Shunt-Widerstand. Insbesondere werden zu jeder Stromdetektionszeit zwei der Elektrischer-Widerstand-Einheiten R von drei der Elektrischer-Widerstand-Einheiten Ru, Rv und Rw verwendet.

[0042] Die Elektrischer-Widerstand-Einheiten Ru, Rv und Rw sind in zugeordneter Weise korrespondierend mit den Schalteinheiten Uu, Uv und Uw angeordnet. Die Elektrischer-Widerstand-Einheit Ru ist zwischen dem zweiten Schaltelement SW2 der Schalteinheit Uu und der DC-Leistung-Zufuhr-Einheit PW angeordnet. Die Elektrischer-Widerstand-Einheit Rv ist zwischen dem zweiten Schaltelement SW2 der Schalteinheit Uv und der DC-Leistung-Zufuhr-Einheit PW angeordnet. Die Elektrischer-Widerstand-Einheit Rw ist zwischen dem zweiten Schaltelement SW2 der Schalteinheit Uw und der DC-Leistung-Zufuhr-Einheit PW angeordnet.

[0043] Die Steuerungsvorrichtung 100 weist ferner Signalleitungen LNu, LNv und LNw auf. Die Signalleitung LNu erstreckt sich vom Verbindungspunkt N1 der Elektrischer-Widerstand-Einheit Ru zur Stromde-

tektionseinheit 26. Die Signalleitung LNV erstreckt sich vom Verbindungspunkt N2 der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rv zur Stromdetektionseinheit 26. Die Signalleitung LNw erstreckt sich vom Verbindungspunkt N3 der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rw zur Stromdetektionseinheit 26.

[0044] Beim Detektieren des Stroms Iu detektiert die Stromdetektionseinheit 26 eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Ru, durch die der Strom Iu fließt, via die Signalleitung LNu. Eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Ru ist/wird durch einen Spannungsabfall mittels der Elektrischer-Widerstand-Einheit Ru erzeugt. Dann wandelt die Stromdetektionseinheit 26 eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Ru in Strom um, um einen Stromwert des Stroms Iu zu erlangen. Beachten Sie, dass, um den Strom Iu unter Verwendung der Elektrischer-Widerstand-Einheit Ru zu detektieren, das zweite Schaltelement SW2 der Schalteinheit Uu eingeschaltet sein/werden muss. Ferner kann die Berechnungseinheit 21 eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Ru in den Strom Iu umwandeln.

[0045] Beim Detektieren des Stroms Iv detektiert die Stromdetektionseinheit 26 eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rv, durch die der Strom Iv fließt, via die Signalleitung LNV. Dann wandelt die Stromdetektionseinheit 26 eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rv in Strom um, um einen Stromwert des Stroms Iv zu erlangen. Beachten Sie, um den Strom Iv unter Verwendung der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rv zu detektieren, das zweite Schaltelement SW2 der Schalteinheit Uv eingeschaltet sein/werden muss. Ferner kann die Berechnungseinheit 21 eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rv in den Strom Iv umwandeln. Abgesehen von den obigen Ausführungen ist die Detektion des Stroms Iv ähnlich zu dem Fall der Detektion des Stroms Iu.

[0046] Beim Detektieren des Stroms Iw detektiert die Stromdetektionseinheit 26 eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rw, durch die der Strom Iw fließt, via die Signalleitung LNw. Dann wandelt die Stromdetektionseinheit 26 eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rw in Strom um, um einen Stromwert des Stroms Iw zu erlangen. Beachten Sie, um den Strom Iw unter Verwendung der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rw zu detektieren, muss das zweite Schaltelement SW2 der Schalteinheit Uw eingeschaltet sein/werden. Ferner kann die Berechnungseinheit 21 eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elekt-

rischer-Widerstand-Einheit Rw in den Strom Iw umwandeln. Abgesehen von den obigen Ausführungen ist die Detektion des Stroms Iw ähnlich zu dem Fall der Detektion des Stroms Iu.

[0047] Die Steuerungsvorrichtung 100 weist ferner einen Kondensator C auf. Der Kondensator C ist zwischen der ersten Leistung-Zufuhr-Leitung LN1 und der zweiten Leistung-Zufuhr-Leitung LN2 angeschlossen. Der Kondensator C kann den Leistung-Zufuhr-Strom von der DC-Leistung-Zufuhr-Einheit PW stabilisieren.

[0048] Zurückkehrend zu **Fig. 1**, die Berechnungseinheit 21 berechnet Spannung-Befehl-Werte Vbu, Vbv und Vbw, die in zugeordneter Weise mit einer U-Phase, einer V-Phase und einer W-Phase korrespondieren. Die Berechnungseinheit 21 gibt die Spannung-Befehl-Werte Vbu, Vbv und Vbw an die Vergleichseinheit 24 aus.

[0049] Die Spannung-Befehl-Werte Vbu, Vbv und Vbw geben in zugeordneter Weise Spannungswerte der vom Dreiphasen-Wechselrichter 1 ausgegebenen Spannungen Vu, Vv und Vw an. Daher stimmen die Spannung-Befehl-Werte Vbu, Vbv und Vbw in zugeordneter Weise im Wesentlichen mit Spannungswerten der vom Dreiphasen-Wechselrichter 1 ausgegebenen Spannungen Vu, Vv und Vw überein. Insbesondere geben die Spannung-Befehl-Werte Vbu, Vbv und Vbw Spannungswerte an, denen von den Spannungen Vu, Vv und Vw zu folgen ist, die in zugeordneter Weise an eine U-Phase, eine V-Phase und eine W-Phase angelegt sind/werden. In der vorliegenden Beschreibung sind die Spannung-Befehl-Werte Vbu, Vbv und Vbw und die angelegten Spannungen Vu, Vv und Vw im Wesentlichen synonym/gleichbedeutend.

[0050] Die Berechnungseinheit 21 berechnet die Vergleichswerte CMu, CMv und CMw basierend auf den Spannung-Befehl-Werten Vbu, Vbv und Vbw. Daher korrespondieren die Vergleichswerte CMu, CMv und CMw in zugeordneter Weise mit den Spannung-Befehl-Werten Vbu, Vbv und Vbw. Die Vergleichswerte CMu, CMv und CMw geben in zugeordneter Weise direkt oder indirekt Schaltdauerwerte der ersten Gate-Signale G1u, G1v und G1w im PWM-Signal Spwm an. Insbesondere gibt ein Schaltdauerwert ein Verhältnis einer EIN-Zeit des ersten Schaltelements SW1 jeder Phase zu einer voreingestellten PWM-Periode T_{pwm} an. Die PWM-Periode T_{pwm} ist eine Periode des PWM-Signals Spwm. Insbesondere ist die PWM-Periode T_{pwm} eine Periode der ersten Gate-Signale G1u, G1v und G1w und der zweiten Gate-Signale G2u, G2v und G2w. Die Berechnungseinheit 21 gibt die Vergleichswerte CMu, CMv und CMw an die Ansteuereinheit 23 aus.

[0051] Die Trägerwelle-Erzeugungseinheit 22 erzeugt die Trägerwelle CA. Die Trägerwelle-Erzeugungseinheit 22 gibt die Trägerwelle CA an die Ansteuereinheit 23 aus. Die Trägerwelle CA ist zum Beispiel eine Dreieckswelle. Beachten Sie, dass eine Wellenform der Trägerwelle CA nicht besonders beschränkt ist.

[0052] Fig. 4 ist eine Darstellung, die ein Beispiel der Spannungen V_u , V_v und V_w , der Trägerwelle CA und der Vergleichswerte CM_u , CM_v und CM_w darstellt, die an jede Phase angelegt sind/werden. Eine Wellenformdarstellung F10 aus Fig. 4 stellt die Spannungen V_u , V_v und V_w dar, die an eine U-Phase, eine V-Phase und eine W-Phase angelegt sind/werden. In der Wellenformdarstellung F10 stellt die horizontale Achse einen elektrischen Winkel [degE] dar und die vertikale Achse stellt die Spannungen V_u , V_v und V_w dar. Die vertikale Achse der Wellenformdarstellung F10 stellt einen Spannungswert dar, der mittels der Eingangsspannungen V_1 bis V_2 normiert ist/wird, und die Spannungen V_u , V_v und V_w nehmen einen Wert in einem Bereich von Null bis Eins an. Ferner stellt dieser Wert auch ein Schaltdauerwert dar, der ein Verhältnis einer EIN-Zeit des ersten Schaltelements SW1 jeder Phase zu der PWM-Periode T_{pwm} ist. Wie in der Wellenformdarstellung F10 dargestellt, sind die Spannungen V_u , V_v und V_w sinusförmig. Phasen der Spannungen V_u , V_v und V_w sind voneinander verschieden.

[0053] In Fig. 4 sind die Trägerwelle CA und die Vergleichswerte CM_u , CM_v und CM_w in einem Elektrischer-Winkel-Bereich (Zeitbereich), der in einem Bereich A1 der Wellenformdarstellung F10 dargestellt ist, in einem rechten Bereich der Wellenformdarstellung F10 dargestellt.

[0054] Wie in Fig. 4 dargestellt, ist die PWM-Periode T_{pwm} gleich einer Periode der Trägerwelle CA. Im Beispiel von Fig. 4 gibt eine Periode von einem Minimalpunkt bis zu einem nächsten Minimalpunkt der Trägerwelle CA die PWM-Periode T_{pwm} an. Die PWM-Periode T_{pwm} ist nicht beschränkt und beträgt zum Beispiel 50 μs . Beachten Sie, dass ein Startpunkt und ein Endpunkt der PWM-Periode T_{pwm} nicht auf einen Minimalpunkt der Trägerwelle CA beschränkt sind und optional festgelegt sein/werden können.

[0055] Ferner ist/wird eine Steuerperiode T_{cnt} mittels einer Periode der Trägerwelle CA definiert. Die Steuerperiode T_{cnt} ist eine Periode zum Aktualisieren eines Schaltdauerwerts des PWM-Signals $Spwm$. Daher ist/wird ein Schaltdauerwert des PWM-Signals $Spwm$ für jede von den Steuerperioden T_{cnt} aktualisiert. Das heißt, die Vergleichswerte CM_u , CM_v und CM_w und die Spannung-Befehl-Werte V_{bu} , V_{bv} und V_{bw} sind/werden für jede der Steuerperioden T_{cnt} aktualisiert. Die Steuerperiode

T_{cnt} ist länger als die PWM-Periode T_{pwm} . Im Beispiel von Fig. 4 ist die Steuerperiode T_{cnt} ein ganzzahliges Vielfaches der PWM-Periode T_{pwm} . Die Steuerperiode T_{cnt} muss jedoch kein ganzzahliges Vielfaches einer PWM-Periode T_{pw} sein. Die Vergleichswerte CM_u , CM_v und CM_w , die für jede von den Steuerperioden T_{cnt} ermittelt sind/werden/wurden, können zum Beispiel zu einem Zeitpunkt aktualisiert sein/werden, der von einem Mikrocomputer ermittelt ist/wird, der als die Wechselrichter-Steuer-einheit des 2 verwendet wird. In diesem Fall ist ein von einem Mikrocomputer ermittelte Zeitpunkt beispielsweise ein Minimalpunkt der Trägerwelle CA. Beachten Sie, dass die Steuerperiode T_{cnt} nicht besonders beschränkt ist und zum Beispiel 200 μs beträgt. Im Beispiel von Fig. 4 sind ein Startpunkt und ein Endpunkt der Steuerperiode T_{cnt} ein Minimalpunkt der Trägerwelle CA. Beachten Sie, dass ein Startpunkt und ein Endpunkt der Steuerperiode T_{cnt} nicht auf einen Minimalpunkt der Trägerwelle CA beschränkt sind und optional festgelegt sein/werden können.

[0056] Zurückkehrend zu Fig. 1 erzeugt die Ansteuereinheit 23 das PWM-Signal $Spwm$ auf der Grundlage der Trägerwelle CA und der Vergleichswerte CM_u , CM_v und CM_w . Insbesondere vergleicht die Ansteuereinheit 23 jeden von den Vergleichswerten CM_u , CM_v und CM_w mit der Trägerwelle CA und erzeugt das PWM-Signal $Spwm$ auf der Grundlage eines Vergleichsergebnisses. Details werden später beschrieben. Dann gibt die Ansteuereinheit 23 das PWM-Signal $Spwm$ an den Dreiphasen-Wechselrichter 1 aus, um den Dreiphasen-Wechselrichter 1 anzusteuern. Als ein Ergebnis legt der Dreiphasen-Wechselrichter 1 die Spannungen V_u , V_v und V_w , die mittels der Spannung-Befehl-Werte V_{bu} , V_{bv} und V_{bw} angegeben sind/werden, in zugeordneter Weise an die Spulen CL_u , CL_v und CL_w dreier Phasen an.

[0057] Ferner erzeugt die Ansteuereinheit 23 einen Trigger TG in Synchronisation mit der Trägerwelle CA und gibt den Trigger TG an die Stromdetektionseinheit 26 aus. Der Trigger TG gibt/zeigt der Stromdetektionseinheit 26 ein Eintreten einer Stromdetektionszeit an. Zum Beispiel erzeugt die Ansteuereinheit 23 den Trigger TG zu einem Zeitpunkt, zu dem ein Maximalpunkt in der Trägerwelle CA erzeugt ist/wird, und gibt den Trigger TG an die Stromdetektionseinheit 26 aus. Beachten Sie, dass ein Ereignis zum Erzeugen des Trigger TG nicht auf einen Maximalpunkt beschränkt ist und optional eingestellt sein/werden kann.

[0058] Die Stromdetektionseinheit 26 detektiert den Strom via die Stromsensoreinheit 3 in Antwort/Reaktion auf den von der Ansteuereinheit 23 erzeugten Trigger TG. Eine Zeit, zu der der Trigger TG erzeugt ist/wird, ist eine Stromdetektionszeit. Insbesondere,

wie in **Fig. 4** dargestellt, zu einer Stromdetektionszeit t_d , die mit der Trägerwelle CA zum Erzeugen des PWM-Signals $Spwm$ synchronisiert ist, detektiert die Stromdetektionseinheit 26 den Strom jeder Phase, der durch zwei der Elektrischer-Widerstand-Einheiten R fließt, die mit zwei der zweiten Schaltelemente SW2 (**Fig. 3**) verbunden sind, die eingeschaltet sind. In dem Beispiel von **Fig. 4** ist die Stromdetektionszeit t_d eine Zeit, an/zu der ein Maximalpunkt der Trägerwelle CA erzeugt ist/wird. Beachten Sie, dass in der vorliegenden Beschreibung ein elektrischer Winkel [degE] als eine Zeit mittels eines Winkels darstellend angesehen sein/werden kann.

[0059] Hier, im Beispiel von **Fig. 4**, sind für die Einfachheit der Beschreibung eine Größenbeziehung zwischen den Vergleichswerten CM_u , CM_v und CM_w und eine Größenbeziehung zwischen den Spannung-Befehl-Werten V_{bu} , V_{bv} und V_{bw} (angelegte Spannungen V_u , V_v und V_w) aneinander angepasst. Daher wird hinsichtlich der Beschreibung der Vergleichseinheit 24 aus **Fig. 1** zur Einfachheit in **Fig. 4** eine gerade Linie, die die Vergleichswerte CM_u , CM_v und CM_w angibt, als eine gerade Linie angesehen, die die Spannung-Befehl-Werte V_{bu} , V_{bv} und V_{bw} (angelegte Spannungen V_u , V_v und V_w) angibt.

[0060] Die Vergleichseinheit 24 vergleicht die Spannung-Befehl-Werte V_{bu} , V_{bv} und V_{bw} von drei Phasen miteinander zu jeder von den Stromdetektionszeiten t_d und ermittelt die Größenreihenfolge der Spannung-Befehl-Werte V_{bu} , V_{bv} und V_{bw} . Mit anderen Worten: Die Vergleichseinheit 24 vergleicht die Spannungen V_u , V_v und V_w , die in zugeordneter Weise an eine U-Phase, eine V-Phase und eine W-Phase anzulegen sind, miteinander zu jeder der Stromdetektionszeiten t_d und ermittelt die Größenreihenfolge der Spannungen V_u , V_v und V_w . Darüber hinaus, mit anderen Worten, ermittelt die Vergleichseinheit 24 eine Zwischenphase, eine Maximalphase und eine Minimalphase aus einer U-Phase, einer V-Phase und einer W-Phase. Zum Beispiel ist in der Steuerperiode T_{cnt} in der Mitte von **Fig. 4** eine W-Phase eine Zwischenphase, ist eine V-Phase eine Maximalphase und ist eine U-Phase eine Minimalphase.

[0061] **Fig. 5** ist eine Darstellung, die einen Übergang einer Zwischenphase, einer Maximalphase und einer Minimalphase in einem Elektrischer-Winkel-Bereich von 0 [degE] bis 360 [degE] darstellt. Die horizontale Achse und die vertikale Achse in **Fig. 5** sind ähnlich zu der horizontalen Achse und der vertikalen Achse in der Wellenformdarstellung F10, welche in **Fig. 4** dargestellt ist. Im Beispiel von **Fig. 5** ändert sich eine Kombination einer Zwischenphase, einer Maximalphase und einer Minimalphase alle 60 [degE]. Zum Beispiel, in einem Elektrischer-Winkel-Bereich von 150 [degE] bis 210 [degE] ermit-

telt die Vergleichseinheit 24 eine U-Phase als eine Zwischenphase, eine V-Phase als eine Maximalphase und eine W-Phase als eine Minimalphase.

[0062] Als nächstes werden die Ansteuereinheit 23, die Vergleichseinheit 24, die Schalteinheit 25 und die Stromdetektionseinheit 26 unter Bezugnahme auf **Fig. 1**, **Fig. 6** und **Fig. 7** beschrieben. **Fig. 6** ist eine Darstellung, die ein Beispiel der an jede Phase angelegten Spannungen V_u , V_v und V_w , der Trägerwelle CA, der Vergleichswerte CM_u , CM_v und CM_w sowie der zweiten Gate-Signale $G2_u$, $G2_v$ und $G2_w$ darstellt. Eine Wellenformdarstellung F20 aus **Fig. 6** stellt die Spannungen V_u , V_v und V_w dar, die an eine U-Phase, eine V-Phase und eine W-Phase angelegt sind/werden. Die horizontale Achse und die vertikale Achse der Wellenformdarstellung F20 sind ähnlich zu der horizontalen Achse und der vertikalen Achse der Wellenformdarstellung F10 aus **Fig. 4**.

[0063] In **Fig. 6** sind die Trägerwelle CA und die Vergleichswerte CM_u , CM_v und CM_w in einem Elektrischer-Winkel-Bereich (Zeitbereich), der in einem Bereich A2 der Wellenformdarstellung F10 dargestellt ist, in einem rechten Bereich der Wellenformdarstellung F20 dargestellt. Ferner sind die zweiten Gate-Signale $G2_u$, $G2_v$ und $G2_w$, die in zugeordneter Weise an das zweite Schaltelement SW der Schalteinheiten U_u , U_v und U_w anzulegen sind, korrespondierend mit Trägerwelle CA und den Vergleichswerten CM_u , CM_v und CM_w dargestellt. Beachten Sie, dass bei der Beschreibung der Vergleichseinheit 24, auch in **Fig. 6**, ähnlich zu dem Fall in **Fig. 4**, für die Einfachheit eine gerade Linie, die die Vergleichswerte CM_u , CM_v und CM_w angibt, als eine gerade Linie angesehen wird, die die Spannung-Befehl-Werte V_{bu} , V_{bv} und V_{bw} (angelegte Spannungen V_u , V_v und V_w) angibt.

[0064] Wie in **Fig. 6** dargestellt, vergleicht die Ansteuereinheit 23 den Vergleichswert CM_u mit der Trägerwelle CA, vergleicht den Vergleichswert CM_v mit der Trägerwelle CA und vergleicht den Vergleichswert CM_w mit der Trägerwelle CA in jeder von den PWM-Perioden T_{pwm} . Als ein Ergebnis sind/werden die ersten Gate-Signale $G1_u$, $G1_v$ und $G1_w$ sowie die zweiten Gate-Signale $G2_u$, $G2_v$ und $G2_w$ erzeugt. In der ersten Ausführungsform erzeugt die Ansteuereinheit 23 die ersten Gate-Signale $G1_u$, $G1_v$ und $G1_w$ sowie die zweiten Gate-Signale $G2_u$, $G2_v$ und $G2_w$ mittels eines Mitte-Ausrichtung-Verfahrens.

[0065] Im Beispiel von **Fig. 6**, in einem Fall, in welchem der Vergleichswert CM_u kleiner ist als ein Pegel der Trägerwelle CA, stellt die Ansteuereinheit 23 das zweite Gate-Signal $G2_u$ auf einen hohen Pegel ein (stellt das erste Gate-Signal $G1_u$ auf einen niedrigen Pegel ein). Andererseits, in einem

Fall, in welchem der Vergleichswert CM_u größer oder gleich einem Pegel der Trägerwelle CA ist, stellt die Ansteuereinheit 23 das zweite Gate-Signal $G2_u$ auf einen niedrigen Pegel ein (stellt das erste Gate-Signal $G1_u$ auf einen hohen Pegel ein).

[0066] In ähnlicher Weise, im Beispiel von **Fig. 6**, in einem Fall, in dem der Vergleichswert CM_v kleiner als ein Pegel der Trägerwelle CA ist, stellt die Ansteuereinheit 23 das zweite Gate-Signal $G2_v$ auf einen hohen Pegel ein (stellt das erste Gate-Signal $G1_v$ auf einen niedrigen Pegel ein). Andererseits, in einem Fall, in dem der Vergleichswert CM_v größer oder gleich einem Pegel der Trägerwelle CA ist, stellt die Ansteuereinheit 23 das zweite Gate-Signal $G2_v$ auf einen niedrigen Pegel ein (stellt das erste Gate-Signal $G1_v$ auf einen hohen Pegel ein).

[0067] In ähnlicher Weise, im Beispiel von **Fig. 6**, in einem Fall, in dem der Vergleichswert CM_w kleiner als ein Pegel der Trägerwelle CA ist, stellt die Ansteuereinheit 23 das zweite Gate-Signal $G2_w$ auf einen hohen Pegel ein (stellt das erste Gate-Signal $G1_w$ auf einen niedrigen Pegel ein). Andererseits, in einem Fall, in dem der Vergleichswert CM_w größer oder gleich einem Pegel der Trägerwelle CA ist, stellt die Ansteuereinheit 23 das zweite Gate-Signal $G2_w$ auf einen niedrigen Pegel ein (stellt das erste Gate-Signal $G1_w$ auf einen hohen Pegel ein).

[0068] Die Vergleichseinheit 24 ermittelt eine Zwischenphase, eine Maximalphase und eine Minimalphase auf der Grundlage eines Vergleichsergebnisses der Spannung-Befehls-Werte V_{bu} , V_{bv} und V_{bw} für jede von den Stromdetektionszeiten t_d . Im Beispiel aus **Fig. 6** ist zur Stromdetektionszeit t_d die Zwischenphase eine W-Phase, die mit dem Spannung-Befehl-Wert V_{bw} korrespondiert, ist die Maximalphase ist eine V-Phase, die mit dem Spannung-Befehl-Wert V_{bv} korrespondiert, und ist die Minimalphase ist eine U-Phase, die mit dem Spannung-Befehls-Wert V_{bu} korrespondiert.

[0069] Im Beispiel aus **Fig. 6** ermittelt die Schalteinheit 25 für jede von den Stromdetektionszeiten t_d , ob eine Periode T_m , während der das zweite Schaltelement SW2 der Schalteinheit U_v zum Anlegen von Spannung an die Maximalphase (V-Phase) eingeschaltet ist, kürzer ist als die im Voraus für die Stromdetektion mittels der Stromdetektionseinheit 26 eingestellte Periode T_d oder der nicht. Im Beispiel von **Fig. 6** ermittelt die Schalteinheit 25, dass die Periode T_m größer oder der gleich Periode T_d ist.

[0070] Als ein Ergebnis, im Beispiel aus **Fig. 6**, detektiert die Stromdetektionseinheit 26 den Strom I_v der Maximalphase (V-Phase) und den Strom I_u der Minimalphase (U-Phase), die von der Zwischenphase (W-Phase) verschieden sind, in zugeordneter Weise via die Elektrischer-Widerstand-Einheiten R_v

und R_u zur Stromdetektionszeit t_d . Beachten Sie, dass zur Stromdetektionszeit t_d , da die zweiten Gate-Signale $G2_u$ und $G2_v$ auf einem hohen Pegel liegen, das zweite Schaltelement SW2 der Schalteinheiten U_u und U_v eingeschaltet ist/wird. Daher fließen die Ströme I_u und I_v in zugeordneter Weise durch die Elektrischer-Widerstand-Einheiten R_u und R_v .

[0071] **Fig. 7** ist eine Darstellung, die ein weiteres Beispiel der an jede Phase angelegten Spannungen V_u , V_v und V_w , der Trägerwelle CA, der Vergleichswerte CM_u , CM_v und CM_w und der zweiten Gate-Signale $G2_u$, $G2_v$ und $G2_w$ darstellt. Eine Wellenformdarstellung F30 aus **Fig. 7** stellt die Spannungen V_u , V_v und V_w dar, die an eine U-Phase, eine V-Phase und eine W-Phase angelegt sind/werden. Die horizontale Achse und die vertikale Achse der Wellenformdarstellung F30 sind ähnlich zu der horizontalen Achse und der vertikalen Achse der Wellenformdarstellung F20 aus **Fig. 6**. In **Fig. 7** sind die Trägerwelle CA und die Vergleichswerte CM_u , CM_v und CM_w in einem Elektrischer-Winkel-Bereich (Zeitbereich), der in einem Bereich A3 der Wellenformdarstellung F30 dargestellt ist, in einem rechten Bereich der Wellenformdarstellung F30 dargestellt. Abgesehen von den obigen Ausführungen ist eine Weise des Betrachtens von **Fig. 7** ähnlich zu einer Weise des Betrachtens von **Fig. 6**.

[0072] Wie in dem Beispiel aus **Fig. 7** dargestellt, in einem Fall, in dem die Schalteinheit 25 ermittelt, dass die Periode T_m , in der das zweite Schaltelement SW2 der Schalteinheit U_v zum Anlegen der Spannung V_v an die Maximalphase (V-Phase) eingeschaltet ist, kürzer ist als die im Voraus zur Stromdetektion mittels der Stromdetektionseinheit 26 innerhalb der PWM-Periode T_{pwm} eingestellte Periode T_d , detektiert die Stromdetektionseinheit 26 den Strom I_w der Zwischenphase (W-Phase) anstelle der Maximalphase (V-Phase), und die Berechnungseinheit 21 berechnet einen Stromwert des Stroms I_v der Maximalphase (V-Phase) auf der Grundlage eines Detektionsergebnisses des Stroms I_w der Zwischenphase (W-Phase) und des Stroms I_u der Minimalphase (U-Phase).

[0073] Wie oben unter Bezugnahme auf **Fig. 7** beschrieben, in einem Fall, in dem die Detektion des Stroms einer Maximalphase mittels der Stromdetektionseinheit 26 nicht möglich ist, weil ein Schaltdauerwert eines ersten Gate-Signals (im Beispiel von **Fig. 7** des ersten Gate-Signals $G1_v$), das an das erste Schaltelement SW1 der Maximalphase angelegt ist/wird, nahe 100% liegt, ist/wird der Strom durch den Strom einer Zwischenphase ersetzt, so dass ein Stromwert der Ströme I_u , I_v und I_w von drei Phasen detektiert sein/werden kann. Insbesondere berechnet die Berechnungseinheit 21 einen Stromwert I_{max} des Stroms einer Maximal-

phase aus dem Gesamtwert I_{sum} eines Stromwerts eines Stroms einer Minimalphase und eines Stromwerts eines Stroms einer Zwischenphase auf der Grundlage der Kirchhoffschen Gesetze. $I_{\text{max}} = -I_{\text{sum}}$.

[0074] Beachten Sie, dass innerhalb einer PWM-Periode T_{wpm} die Periode T_m , während der das zweite Schaltelement SW2 einer Maximalphase eingeschaltet ist, kürzer ist als die Periode T_d , was bedeutet, dass eine Periode, während der das erste Schaltelement SW1 der Maximalphase innerhalb der PWM-Periode T_{wpm} eingeschaltet ist, lang ist. In diesem Fall beträgt ein Schaltdauerwert des ersten Gate-Signals (im Beispiel aus **Fig. 7** des ersten Gate-Signals $G1v$), das an das erste Schaltelement SW1 der Maximalphase angelegt ist/wird, nahezu 100%.

[0075] Ferner ist/wird zur Stromdetektionszeit t_d , da die zweiten Gate-Signale $G2u$ und $G2w$ bei/auf einem hohen Pegel liegen, das zweite Schaltelement SW2 der Schalteinheiten Uu und Uw eingeschaltet. Daher fließen die Ströme I_u und I_w in zugeordneter Weise durch die Elektrischer-Widerstand-Einheiten R_u und R_w . Als ein Ergebnis kann die Stromdetektionseinheit 26 die Ströme I_u und I_w via die Elektrischer-Widerstand-Einheiten R_u und R_w detektieren.

[0076] Als nächstes wird die Stromdetektionseinheit 26 unter Bezugnahme auf **Fig. 8** beschrieben. **Fig. 8** ist eine Darstellung, welche die Stromdetektionseinheit 26 darstellt. Wie in **Fig. 8** dargestellt, weist die Stromdetektionseinheit 26 einen ersten Detektor 31, einen zweiten Detektor 32, eine Verstärkungseinheit 33u, eine Verstärkungseinheit 33v, eine Verstärkungseinheit 33w, eine erste Auswahleinheit 41 und eine zweite Auswahleinheit 42 auf. Der erste Detektor 31 weist eine Abtast-Halte-Einheit 311 und eine Detektionseinheit 312 auf. Der zweite Detektor 32 weist eine Abtast-Halte-Einheit 321 und eine Detektionseinheit 322 auf. Die erste Auswahleinheit 41 weist drei Schaltelemente 51, 52 und 53 auf. Die zweite Auswahleinheit 42 weist drei Schaltelemente 61, 62 und 63 auf.

[0077] Zu einer Stromdetektionszeit, wenn eine Phase, an welche die größte Spannung von den an drei Phasen angelegten Spannungen V_u , V_v und V_w angelegt ist, als eine Maximalphase eingestellt ist, detektiert der erste Detektor 31 den Strom der Maximalphase von/aus den Strömen I_u , I_v und I_w der drei Phasen. Andererseits, zur Stromdetektionszeit, wenn die Phase, an welche die kleinste Spannung von den an die drei Phasen angelegten Spannungen V_u , V_v und V_w angelegt ist, die Minimalphase ist, detektiert der zweite Detektor 32 den Strom der Minimalphase von/aus den Strömen I_u , I_v und I_w von drei Phasen.

[0078] Wie oben unter Bezugnahme auf **Fig. 8** beschrieben, gemäß der ersten Ausführungsform, da dedizierte Detektoren (der erste Detektor 31 und der zweite Detektor 32) für eine Maximalphase und eine Minimalphase bereitgestellt sind, ist der von jedem Detektor detektierte Strom in einer gesamten Detektionsperiode stabil. Als ein Ergebnis kann eine Stromdetektion-Genauigkeit in einer gesamten Detektionsperiode verbessert sein/werden. Ferner kann ein Stromwert der Ströme I_u , I_v und I_w von drei Phasen mittels zwei Detektoren detektiert sein/werden.

[0079] Insbesondere, wie in **Fig. 3** und **Fig. 8** dargestellt, sind die Signalleitungen LN_u , LN_v und LN_w in zugeordneter Weise mit den Verstärkungseinheiten 33u, 33v und 33w verbunden.

[0080] In einem Fall, in welchem das zweite Schaltelement SW2 der Schalteinheit Uu zu einer Stromdetektionszeit in einem Ein-Zustand ist, ist/wird ein Spannungssignal SG_u gemäß dem durch die Elektrischer-Widerstand-Einheit R_u fließenden Strom I_u von der Signalleitung LN_u in die Verstärkungseinheit 33u eingegeben. Das heißt, das Spannungssignal SG_u bei/mit einem Pegel, der mit einer Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit R_u korrespondiert, wird von der Signalleitung LN_u in die Verstärkungseinheit 33u eingegeben.

[0081] Die Verstärkungseinheit 33u verstärkt das Spannungssignal SG_u und gibt ein verstärktes Spannungssignal SG_{ua} an die erste Auswahleinheit 41 und die zweite Auswahleinheit 42 aus. Die Verstärkungseinheit 33u weist zum Beispiel einen Verstärker, wie zum Beispiel einen Operationsverstärker, auf.

[0082] In einem Fall, in welchem das zweite Schaltelement SW2 der Schalteinheit Uv zu einer Stromdetektionszeit in einem Ein-Zustand ist, ist/wird ein Spannungssignal SG_v gemäß dem durch die Elektrischer-Widerstand-Einheit R_v fließenden Strom I_v von der Signalleitung LN_v in die Verstärkungseinheit 33v eingegeben. Das heißt, das Spannungssignal SG_v bei/mit einem Pegel, der mit einer Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit R_v korrespondiert, ist/wird von der Signalleitung LN_v in die Verstärkungseinheit 33v eingegeben.

[0083] Die Verstärkungseinheit 33v verstärkt das Spannungssignal SG_v und gibt ein verstärktes Spannungssignal SG_{va} an die erste Auswahleinheit 41 und die zweite Auswahleinheit 42 aus. Die Verstärkungseinheit 33v weist zum Beispiel einen Verstärker, wie zum Beispiel einen Operationsverstärker, auf.

[0084] In einem Fall, in welchem das zweite Schaltelement SW2 der Schalteinheit Uw zu einer Stromdetektionszeit in einem Ein-Zustand ist, ist/wird ein Spannungssignal SGw gemäß dem durch die Elektrischer-Widerstand-Einheit Rw fließenden Strom Iw von der Signalleitung LNW in die Verstärkungseinheit 33w eingegeben. Das heißt, das Spannungssignal SGw bei/mit einem Pegel, der mit einer Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rw korrespondiert, ist/wird von der Signalleitung LNW in die Verstärkungseinheit 33w eingegeben.

[0085] Die Verstärkungseinheit 33w verstärkt das Spannungssignal SGw und gibt ein verstärktes Spannungssignal SGwa an die erste Auswahleinheit 41 und die zweite Auswahleinheit 42 aus. Die Verstärkungseinheit 33w weist zum Beispiel einen Verstärker, wie zum Beispiel einen Operationsverstärker, auf.

[0086] Unter Steuerung der Schalteinheit 25 wählt die erste Auswahleinheit 41 irgendeine von den Verstärkungseinheiten 33u, 33v und 33w aus und verbindet die ausgewählte Verstärkungseinheit mit der Abtast-Halte-Einheit 311 des ersten Detektors 31. Insbesondere verbindet oder trennt das Schaltelement 51 die Verstärkungseinheit 33u und die Abtast-Halte-Einheit 311 unter Steuerung der Schalteinheit 25 elektrisch. Das Schaltelement 52 verbindet oder trennt die Verstärkungseinheit 33v und die Abtast-Halte-Einheit 311 unter Steuerung der Schalteinheit 25 elektrisch. Das Schaltelement 53 verbindet oder trennt die Verstärkungseinheit 33w und die Abtast-Halte-Einheit 311 unter Steuerung der Schalteinheit 25 elektrisch.

[0087] Unter Steuerung der Schalteinheit 25 wählt die zweite Auswahleinheit 42 irgendeine von den Verstärkungseinheiten 33u, 33v und 33w aus und verbindet die ausgewählte Verstärkungseinheit mit der Abtast-Halte-Einheit 321 des zweiten Detektors 32. Insbesondere verbindet oder trennt das Schaltelement 61 die Verstärkungseinheit 33u und die Abtast-Halte-Einheit 321 unter Steuerung der Schalteinheit 25 elektrisch. Das Schaltelement 62 verbindet oder trennt die Verstärkungseinheit 33v und die Abtast-Halte-Einheit 321 unter Steuerung der Schalteinheit 25 elektrisch. Das Schaltelement 63 verbindet oder trennt die Verstärkungseinheit 33w und die Abtast-Halte-Einheit 321 unter Steuerung der Schalteinheit 25 elektrisch.

[0088] Die Schalteinheit 25 steuert die erste Auswahleinheit 41 und die zweite Auswahleinheit 42. Insbesondere, in einem Fall des Ermitteln, den Strom einer Maximalphase und einer Minimalphase zu detektieren, steuert die Schalteinheit 25 die erste Auswahleinheit 41 so, dass ein Spannungssignal, das einen Stromwert des Stroms der Maximalphase

darstellt, von/aus den Spannungssignalen SGua, SGva und SGwa, in die Abtast-Halte-Einheit 311 des ersten Detektors 31 eingegeben ist/wird. Als ein Ergebnis gibt die erste Auswahleinheit 41 nur ein Spannungssignal, das einen Stromwert eines Stroms der Maximalphase darstellt, in die Abtast-Halte-Einheit 311 ein. Dann, in Antwort auf den Trigger TG der Ansteuereinheit 23, beginnt die Abtast-Halte-Einheit 311 ein Abtasten eines Spannungssignals, das einen Stromwert des Stroms der Maximalphase darstellt.

[0089] Dann beendet die Abtast-Halte-Einheit 311 das Abtasten eines Spannungssignals, wenn die Periode Td von/seit dem Beginn des Abtastens abgelaufen/verstrichen ist. Die Periode Td ist in der Stromdetektionseinheit 26 voreingestellt und ist eine wesentliche Periode, die dafür benötigt ist/wird, dass der erste Detektor 31 Strom detektiert. Die Abtast-Halte-Einheit 311 ist zum Beispiel ein Abtast-Halte-Schaltkreis, welcher ein Element, wie zum Beispiel einen Kondensator, aufweist.

[0090] Die Abtast-Halte-Einheit 312 wandelt ein mittels der Abtast-Halte-Einheit 311 abgetastetes Spannungssignal in ein digitales Signal um. Das heißt, die Detektionseinheit 312 wandelt ein Spannungssignal, das eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit R angibt, in ein digitales Signal um und gibt das digitale Signal an die Berechnungseinheit 21 aus. Die Berechnungseinheit 21 wandelt eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit R, die mittels des digitalen Signals angegeben ist/wird, in einen Stromwert um und erlangt einen Stromwert eines Stroms einer Maximalphase. Auf diese Weise detektiert die Detektionseinheit 312 den Strom einer Maximalphase.

[0091] Darüber hinaus, in einem Fall des Ermitteln, einen Strom einer Maximalphase und einer Minimalphase zu detektieren, steuert die Schalteinheit 25 die zweite Auswahleinheit 42 so, dass ein Spannungssignal, das einen Stromwert eines Stroms der Minimalphase darstellt, von den Spannungssignalen SGua, SGva und SGwa in die Abtast-Halte-Einheit 321 des zweiten Detektors 32 eingegeben ist/wird. Als ein Ergebnis gibt die zweite Auswahleinheit 42 nur ein Spannungssignal, das einen Stromwert des Stroms der Minimalphase darstellt, in die Abtast-Halte-Einheit 321 ein. Dann, in Antwort auf den Trigger TG der Ansteuereinheit 23, beginnt die Abtast-Halte-Einheit 321 das Abtasten eines Spannungssignals, das einen Stromwert des Stroms der Minimalphase darstellt.

[0092] Dann beendet die Abtast-Halte-Einheit 321 das Abtasten eines Spannungssignals, wenn die Periode Td von/seit dem Beginn des Abtastens abgelaufen/verstrichen ist. Die Periode Td ist in der

Stromdetektionseinheit 26 voreingestellt und ist eine wesentliche Periode, die dafür benötigt ist/wird, dass der zweite Detektor 32 Strom detektiert. Die Abtast-Halte-Einheit 321 ist zum Beispiel ein Abtast-Halte-Schaltkreis, welcher ein Element, wie zum Beispiel einen Kondensator, aufweist.

[0093] Die Detektionseinheit 322 wandelt ein mittels der Abtast-Halte-Einheit 321 abgetastetes Spannungssignal in ein digitales Signal um. Das heißt, die Detektionseinheit 322 wandelt ein Spannungssignal, das eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit R angibt, in ein digitales Signal um und gibt das digitale Signal an die Berechnungseinheit 21 aus. Die Berechnungseinheit 21 wandelt eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit R, die mittels des digitalen Signals angegeben ist/wird, in einen Stromwert um und erlangt einen Stromwert des Stroms einer Minimalphase. Auf diese Weise detektiert die Detektionseinheit 322 den Strom einer Minimalphase.

[0094] Andererseits, in einem Fall des Ermitteln, den Strom einer Zwischenphase und einer Minimalphase zu detektieren, steuert die Schalteinheit 25 die erste Auswahleinheit 41 so, dass ein Spannungssignal, das einen Stromwert des Stroms der Zwischenphase darstellt, von den Spannungssignalen SGua, SGva und SGwa in die Abtast-Halte-Einheit 311 des ersten Detektors 31 eingegeben ist/wird. Dann, in Antwort auf den Trigger TG der Ansteuereinheit 23, beginnt die Abtast-Halte-Einheit 311 das Abtasten eines Spannungssignals, das einen Stromwert des Stroms der Zwischenphase darstellt.

[0095] Dann beendet die Abtast-Halte-Einheit 311 das Abtasten eines Spannungssignals, wenn die Periode Td von/seit dem Beginn des Abtastens abgelaufen/verstrichen ist.

[0096] Die Detektionseinheit 312 wandelt ein mittels der Abtast-Halte-Einheit 311 abgetastetes Spannungssignal in ein digitales Signal um. Das heißt, die Detektionseinheit 312 wandelt ein Spannungssignal, das eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit R angibt, in ein digitales Signal um und gibt das digitale Signal an die Berechnungseinheit 21 aus. Die Berechnungseinheit 21 wandelt eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit R, die mittels des digitalen Signals angegeben ist/wird, in einen Stromwert um und erlangt einen Stromwert des Stroms einer Zwischenphase. Auf diese Weise detektiert die Detektionseinheit 312 den Strom einer Zwischenphase.

[0097] Darüber hinaus, im Fall des Ermitteln, den Strom einer Zwischenphase und einer Minimalphase zu detektieren, steuert die Schalteinheit 25 die zweite

Auswahleinheit 42 so, dass ein Spannungssignal, das einen Stromwert des Stroms der Minimalphase darstellt, von den Spannungssignalen SGua, SGva und SGwa in die Abtast-Halte-Einheit 321 des zweiten Detektors 32 eingegeben ist/wird. Abgesehen von den obigen Ausführungen ist die Strom-Detektion-Verarbeitung einer Minimalphase in einem Fall, in welchem ermittelt ist/wird, dass der Strom einer Zwischenphase und einer Minimalphase zu detektieren ist, ähnlich zu der Strom-Detektion-Verarbeitung einer Minimalphase in einem Fall, in dem ermittelt ist/wird, dass der Strom einer Maximalphase und einer Minimalphase zu detektieren ist.

[0098] Beachten Sie, dass jede von den Detektionseinheiten 312 und 322 zum Beispiel ein A/D-Wandler ist. Indes kann jeder von dem ersten Detektor 31 und dem zweiten Detektor 32 ein A/D-Wandler sein. Ferner kann jede von den Detektionseinheiten 312 und 322 eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit R in einen Stromwert umwandeln.

(Erste Variation)

[0099] Eine erste Variation der ersten Ausführungsform wird unter Bezugnahme auf **Fig. 9** und **Fig. 10** beschrieben. Die erste Variation unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform, bei der eine Erregung in einer Dreiphasen-Modulation ausgeführt wird, hauptsächlich dadurch, dass ein Zweiphasen-Modulation-Min-Typ-Modulation-System verwendet wird. Ein unterschiedlicher Punkt zwischen der ersten Variation und der ersten Ausführungsform wird hauptsächlich untenstehend beschrieben.

[0100] Eine Wellenformdarstellung F40 aus **Fig. 9** stellt die Spannungen Vu, Vv und Vw, die an eine U-Phase, eine V-Phase und eine W-Phase angelegt sind/werden, dar. Die horizontale Achse und die vertikale Achse der Wellenformdarstellung F20 sind ähnlich zu der horizontalen Achse und der vertikalen Achse der Wellenformdarstellung F10 aus **Fig. 4**. Wie in der Wellenformdarstellung F40 dargestellt, ist das Zweiphasen-Modulation-Min-Typ-Modulation-System ein Modulation-System das eine Periode hat, während welcher eine Phase von drei Phasen so fixiert ist, dass sie ausgeschaltet ist, in einer Wellenform der an jede Phase angelegten Spannungen Vu, Vv und Vw. Die Steuerungsvorrichtung 100 gemäß der ersten Variation führt die Erregung in einem Zweiphasen-Modulation-Min-Typ-Modulation-System aus.

[0101] In **Fig. 9** sind die Trägerwelle CA und die Vergleichswerte CMu, CMv und CMw in einem Elektrischer-Winkel-Bereich (Zeitbereich), der in einem Bereich A4 der Wellenformdarstellung F40 dargestellt ist, in einem rechten Bereich der Wellenformdarstellung F40 dargestellt. Abgesehen von den obi-

gen Ausführungen ist eine Weise des Betrachtens von **Fig. 9** ähnlich zu einer Weise des Betrachtens von **Fig. 6**.

[0102] Die Vergleichseinheit 24 ermittelt eine Zwischenphase, eine Maximalphase und eine Minimalphase auf der Grundlage eines Vergleichsergebnisses der Spannung-Befehl-Werte V_{bu} , V_{bv} und V_{bw} für jede von den Stromdetektionszeiten t_d . Im Beispiel aus **Fig. 9**, zur Stromdetektionszeit t_d , ist die Zwischenphase eine W-Phase, die mit dem Spannung-Befehl-Wert V_{bw} korrespondiert, ist die Maximalphase ist eine V-Phase, die mit dem Spannung-Befehl-Wert V_{bv} korrespondiert, und ist die Minimalphase eine U-Phase, die mit dem Spannung-Befehl-Wert V_{bu} korrespondiert.

[0103] Im Beispiel aus **Fig. 9**, für jede der Stromdetektionszeiten t_d , ermittelt die Schalteinheit 25, ob die Periode T_m , während der das zweite Schaltelement SW2 der Schalteinheit U_v zum Anlegen von Spannung an die Maximalphase (V-Phase) eingeschaltet ist, kürzer ist als die im Voraus für zur Detektion von Strom mittels der Stromdetektionseinheit 26 eingestellte Periode T_d oder nicht. Im Beispiel aus **Fig. 9** ermittelt die Schalteinheit 25, dass die Periode T_m größer oder gleich der Periode T_d ist.

[0104] Als ein Ergebnis, im Beispiel von **Fig. 9** detektiert die Stromdetektionseinheit 26 den Strom I_v der Maximalphase (V-Phase) und den Strom I_u der Minimalphase (U-Phase), die von der Zwischenphase (W-Phase) verschieden sind, in zugeordneter Weise via die Elektrischer-Widerstand-Einheiten R_v und R_u zur Stromdetektionszeit t_d . Dann berechnet die Berechnungseinheit 21 den Strom I_w der Zwischenphase auf der Grundlage des Stroms I_v der Maximalphase und des Stroms I_u der Minimalphase. Daher ist es gemäß der ersten Variation selbst in einem Fall, in dem ein Zweiphasen-Modulations-Min-Typ-Modulation-System verwendet wird, möglich, die Variation eines Detektionswerts der Ströme I_u , I_v und I_w , die durch jede Phase fließen, im Vergleich zu einem Fall, in dem der Strom einer Zwischenphase direkt detektiert ist/wird, zu reduzieren.

[0105] **Fig. 10** ist eine Darstellung, die ein weiteres Beispiel der an jede Phase angelegten Spannungen V_u , V_v und V_w (Zweiphasen-Modulation-Min-Typ), der Trägerwelle CA, der Vergleichswerte CM_u , CM_v und CM_w und der zweiten Gate-Signale $G2_u$, $G2_v$ und $G2_w$ darstellt. Eine Wellenformdarstellung F50 aus **Fig. 10** stellt die Spannungen V_u , V_v und V_w , die an eine U-Phase, eine V-Phase und eine W-Phase angelegt sind/werden, dar. Die horizontale Achse und die vertikale Achse der Wellenformdarstellung F50 sind ähnlich zu der horizontalen Achse und der vertikalen Achse der Wellenformdarstellung F20 aus **Fig. 6**. In **Fig. 10** sind die Trägerwelle CA und die Vergleichswerte CM_u , CM_v und CM_w in

einem Elektrischer-Winkel-Bereich (Zeitbereich), der in einem Bereich A5 der Wellenformdarstellung F50 dargestellt ist, in einem rechten Bereich der Wellenformdarstellung F50 dargestellt. Abgesehen von den obigen Ausführungen ist eine Weise des Betrachtens von **Fig. 10** ähnlich zu einer Weise des Betrachtens von **Fig. 6**.

[0106] Wie in dem Beispiel aus **Fig. 10** dargestellt, in einem Fall, in dem die Schalteinheit 25 ermittelt, dass die Periode T_m , in der das zweite Schaltelement SW2 der Schalteinheit U_v zum Anlegen der Spannung V_v an die Maximalphase (V-Phase) eingeschaltet ist, kürzer ist als die im Voraus für die Detektion des Stroms mittels der Stromdetektionseinheit 26 innerhalb der PWM-Periode T_{pwm} eingestellte Periode T_d , detektiert die Stromdetektionseinheit 26 den Strom I_w der Zwischenphase (W-Phase) anstelle der Maximalphase (V-Phase), und die Berechnungseinheit 21 berechnet einen Stromwert des Stroms I_v der Maximalphase (V-Phase) auf der Grundlage eines Detektionsergebnisses des Stroms I_w der Zwischenphase (W-Phase) und des Stroms I_u der Minimalphase (U-Phase).

[0107] Wie oben unter Bezugnahme auf **Fig. 10** beschrieben, wird gemäß der ersten Variation in einem Zweiphasen-Modulation-Min-Typ-Modulation-System in einem Fall, in dem die Detektion des Stroms einer Maximalphase mittels der Stromdetektionseinheit 26 nicht möglich ist, weil ein Schaltdauerwert eines ersten Gate-Signals (im Beispiel aus **Fig. 10**, des ersten Gate-Signals $G1_v$), das an das erste Schaltelement SW1 der Maximalphase angelegt ist/wird, nahe 100% liegt, der Strom durch den Strom einer Zwischenphase ersetzt, so dass ein Stromwert der Ströme I_u , I_v und I_w von drei Phasen detektiert sein/werden kann.

(Zweite Variation)

[0108] Eine zweite Variation der ersten Ausführungsform wird unter Bezugnahme auf **Fig. 11** und **Fig. 12** beschrieben. Die zweite Variation unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform, bei der die Erregung in einer Dreiphasen-Modulation ausgeführt ist/wird, hauptsächlich dadurch, dass ein Zweiphasen-Modulation-Min-Max-Typ-Modulation-System verwendet wird. Ein Unterschiedspunkt zwischen der zweiten Variation und der ersten Ausführungsform wird hauptsächlich untenstehend beschrieben.

[0109] Eine Wellenformdarstellung F60 aus **Fig. 11** stellt die Spannungen V_u , V_v und V_w , die an eine U-Phase, eine V-Phase und eine W-Phase angelegt sind/werden, dar. Die horizontale Achse und die vertikale Achse der Wellenformdarstellung F60 sind ähnlich zu der horizontalen Achse und der vertikalen Achse der Wellenformdarstellung F10 aus **Fig. 4**. Wie in der Wellenformdarstellung F60 dargestellt,

ist das Zweiphasen-Modulation-Min-Max-Typ-Modulation-System ein Modulationssystem, welches eine Periode, während welcher eine Phase von drei Phasen so fixiert ist, dass sie eingeschaltet ist, und eine Periode, während welcher eine Phase von drei Phasen so fixiert ist, dass sie ausgeschaltet ist, in einer Wellenform der an jede Phase angelegten Spannungen V_u , V_v und V_w hat. Die Steuerungsvorrichtung 100 gemäß der zweiten Variation führt die Erregung in einem Zweiphasen-Modulation-Min-Max-Typ-Modulation-System aus.

[0110] In **Fig. 11** sind die Trägerwelle CA und die Vergleichswerte CM_u , CM_v und CM_w in einem Elektrischer-Winkel-Bereich (Zeitbereich), der in einem Bereich A6 der Wellenformdarstellung F60 dargestellt ist, in einem rechten Bereich der Wellenformdarstellung F60 dargestellt. Abgesehen von den obigen Ausführungen ist eine Weise des Betrachtens von **Fig. 11** ähnlich zu einer Weise des Betrachtens von **Fig. 6**.

[0111] Die Vergleichseinheit 24 ermittelt eine Zwischenphase, eine Maximalphase und eine Minimalphase auf der Grundlage eines Vergleichsergebnisses der Spannung-Befehl-Werte V_{bu} , V_{bv} und V_{bw} für jede der Stromdetektionszeiten t_d . Im Beispiel aus **Fig. 11**, zur Stromdetektionszeit t_d , ist die Zwischenphase eine W-Phase, die mit dem Spannung-Befehl-Wert V_{bw} korrespondiert, ist die Maximalphase ist eine V-Phase, die mit dem Spannung-Befehl-Wert V_{bv} korrespondiert, und ist die Minimalphase eine U-Phase, die mit dem Spannung-Befehl-Wert V_{bu} korrespondiert.

[0112] Im Beispiel aus **Fig. 11**, für jede von den Stromdetektionszeiten t_d , ermittelt die Schalteinheit 25, ob die Periode T_m , während der das zweite Schaltelement SW2 der Schalteinheit U_v zum Anlegen von Spannung an die Maximalphase (V-Phase) eingeschaltet ist, kürzer ist als die im Voraus zur Stromdetektion mittels der Stromdetektionseinheit 26 eingestellte Periode T_d oder nicht. Im Beispiel aus **Fig. 11** ermittelt die Schalteinheit 25, dass die Periode T_m größer oder gleich der Periode T_d ist.

[0113] Als ein Ergebnis, im Beispiel aus **Fig. 11**, detektiert die Stromdetektionseinheit 26 den Strom I_v der Maximalphase (V-Phase) und den Strom I_u der Minimalphase (U-Phase), die von der Zwischenphase (W-Phase) verschieden sind, in zugeordneter Weise via die Elektrischer-Widerstand-Einheiten R_v und R_u zur Stromdetektionszeit t_d . Dann berechnet die Berechnungseinheit 21 den Strom I_w der Zwischenphase auf der Grundlage des Stroms I_v der Maximalphase und des Stroms I_u der Minimalphase. Daher ist es gemäß der zweiten Variation selbst in einem Fall, in dem ein Zweiphasen-Modulation-Min-Max-Typ-Modulation-System verwendet wird, möglich, die Variation eines Detektionswerts der Ströme

I_u , I_v und I_w , die durch jede Phase fließen, im Vergleich zu einem Fall, in dem der Strom einer Zwischenphase direkt detektiert ist/wird, zu reduzieren.

[0114] **Fig. 12** ist eine Darstellung, die ein weiteres Beispiel der an jede Phase angelegten Spannungen V_u , V_v und V_w , der Trägerwelle CA, der Vergleichswerte CM_u , CM_v und CM_w und der zweiten Gate-Signale $G2_u$, $G2_v$ und $G2_w$ darstellt. Eine Wellenformdarstellung F70 aus **Fig. 12** stellt die Spannungen V_u , V_v und V_w , die an eine U-Phase, eine V-Phase und eine W-Phase angelegt sind/werden, dar. Die horizontale Achse und die vertikale Achse der Wellenformdarstellung F70 sind ähnlich zu der horizontalen Achse und der vertikalen Achse der Wellenformdarstellung F20 aus **Fig. 6**. In **Fig. 12** sind die Trägerwelle CA und die Vergleichswerte CM_u , CM_v und CM_w in einem Elektrischer-Winkel-Bereich (Zeitbereich), der in einem Bereich A7 der Wellenformdarstellung F70 dargestellt ist, in einem rechten Bereich der Wellenformdarstellung F70 dargestellt. Abgesehen von den obigen Ausführungen ist eine Weise des Betrachtens von **Fig. 12** ähnlich zu einer Weise des Betrachtens von **Fig. 6**.

[0115] Im Beispiel aus **Fig. 12** ist in einem Zweiphasen-Modulation-Min-Max-Typ-Modulation-System das zweite Gate-Signal $G2_v$ auf einem Nullpegel. Daher ist/wird zur Stromdetektionszeit t_d das zweite Schaltelement SW2 der Schalteinheit U_v ausgeschaltet. Als ein Ergebnis ermittelt die Schalteinheit 25, dass die Periode T_m , in der das zweite Schaltelement SW2 der Schalteinheit U_v zum Anlegen der Spannung V_v an eine Maximalphase (V-Phase) eingeschaltet ist, kürzer ist als die im Voraus zur Stromdetektion mittels der Stromdetektionseinheit 26 innerhalb der PWM-Periode T_{pwm} eingestellte Periode T_d . Daher detektiert die Stromdetektionseinheit 26 den Strom I_w einer Zwischenphase (W-Phase) anstelle einer Maximalphase (V-Phase), und die Berechnungseinheit 21 berechnet einen Stromwert des Stroms I_v einer Maximalphase (V-Phase) auf der Grundlage eines Detektionsergebnisses des Stroms I_w einer Zwischenphase (W-Phase) und des Stroms I_u einer Minimalphase (U-Phase).

[0116] Wie oben unter Bezugnahme auf **Fig. 12** beschrieben, wird gemäß der zweiten Variation in einem Zweiphasen-Modulation-Min-Max-Typ-Modulation-System in einem Fall, in dem die Detektion des Stroms einer Maximalphase mittels der Stromdetektionseinheit 26 nicht möglich ist, weil ein Schaltdauerwert eines ersten Gate-Signals (im Beispiel aus **Fig. 12**, des ersten Gate-Signals $G1_v$), das an das erste Schaltelement SW1 der Maximalphase angelegt ist/wird, 100% beträgt, der Strom durch den Strom einer Zwischenphase ersetzt, so dass ein Stromwert der Ströme I_u , I_v und I_w von drei Phasen detektiert sein/werden kann.

(Zweite Ausführungsform)

[0117] Ein Motormodul 200A gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung wird unter Bezugnahme auf **Fig. 13** bis **Fig. 17** beschrieben. Die zweite Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform, in welcher das Motormodul 200 den Dreiphasen-Wechselrichter 1 steuert, hauptsächlich dadurch, dass das Motormodul 200A gemäß der zweiten Ausführungsform einen N-Phasen-Wechselrichter 1A steuert. Nachfolgend wird hauptsächlich ein Unterschied der zweiten Ausführungsform zur ersten Ausführungsform beschrieben.

[0118] **Fig. 13** ist ein Blockdiagramm, das das Motormodul 200A gemäß der zweiten Ausführungsform darstellt. Wie in **Fig. 13** dargestellt, weist das Motormodul 200A eine Steuerungsvorrichtung 100A und einen N-Phasen-Motor MN auf. In der vorliegenden Beschreibung stellt „N“ eine ungerade Zahl von drei oder mehr dar. Die Steuerungsvorrichtung 100A steuert den N-Phasen-Wechselrichter 1A, der Spannungen Va1 bis VaN an N Phasen anlegt, wenn N eine ungerade Zahl von drei oder mehr ist. In dem Beispiel von **Fig. 13** weist die Steuerungsvorrichtung 100A den N-Phasen-Wechselrichter 1A auf. Dann ist der N-Phasen-Wechselrichter 1A mit der DC-Leistung-Zufuhr-Einheit PW verbunden. In der vorliegenden Beschreibung, als ein Beispiel, legt der N-Phasen-Wechselrichter 1A die Spannungen Va1 bis VaN, welche unterschiedliche Phasen haben, an jede Phase des N-Phasen-Motors MN an, um den N-Phasen-Motor MN zu ansteuern. Nachfolgend können die Spannungen Va1 bis VaN als die angelegten Spannungen Va1 bis VaN bezeichnet sein/werden. Ströme Ia1 bis IaN, welche mit den Spannungen Va1 bis VaN korrespondieren, fließen durch Phasen des N-Phasen-Motors MN.

[0119] Der N-Phasen-Motor MN weist Spulen CL1 bis CLN von/mit N Phasen auf. Der N-Phasen-Motor MN ist zum Beispiel ein bürstenloser DC-Motor. Der N-Phasen-Motor MN hat P1 bis PN vorzugsweise. In Bezug auf die Polarität der Ströme Ia1 bis IaN ist die Polarität des Stroms, der vom N-Phasen-Wechselrichter 1A zum Neutralpunkt NP des N-Phasen-Motors MN fließt, auf positiv eingestellt und ist die Polarität des Stroms, der vom Neutralpunkt NP zum N-Phasen-Wechselrichter 1A fließt, auf negativ eingestellt. Beachten Sie, dass ein Ansteuerungsziel des N-Phasen-Wechselrichters 1A nicht auf den N-Phasen-Motor MN beschränkt ist und eine andere elektrische Vorrichtung sein kann. Ferner kann der N-Phasen-Motor MN außerhalb der Steuerungsvorrichtung 100A angeordnet sein.

[0120] Die Steuerungsvorrichtung 100A weist ferner die Berechnungseinheit 21 und die Stromdetektionseinheit 26 auf. Wenn eine Phase, an welche die $(N + 1)/2$ -größte Spannung von den an N Phasen angelegten Spannungen Va1 bis VaN zu einer Stromdetektionszeit angelegt ist/wird, als eine Zwischenphase definiert ist/wird, detektiert die Stromdetektionseinheit 26 den Strom von jeder von $(N - 1)$ Phasen, die von der Zwischenphase verschieden sind, von/aus den Strömen Ia1 bis IaN der N Phasen. Insbesondere, wenn eine Phase, an die die $(N + 1)/2$ -größte Spannung von den an die Spulen CL1 bis CLN von N Phasen angelegten Spannungen Va1 bis VaN zu einer Stromdetektionszeit angelegt ist/wird, als eine Zwischenphase definiert ist/wird, detektiert die Stromdetektionseinheit 26 den Strom von jeder von $(N - 1)$ Phasen, die von der Zwischenphase verschieden sind, aus den Strömen Ia1 bis IaN der N Phasen. Wie oben beschrieben, in der zweiten Ausführungsform, detektiert die Stromdetektionseinheit 26 nicht den Strom einer Zwischenphase, in der die Fluktuation und Störung des Stroms relativ groß sind, sondern den Strom der anderen $(N - 1)$ Phasen, in denen die Fluktuation und Störung des Stroms kleiner sind als diejenigen der Zwischenphase, von/aus den Strömen Ia1 bis IaN. Daher wird ein Fehler in einem Detektionsergebnis für den direkt detektierten Strom von/aus Strömen Ia1 bis IaN reduziert.

1)/2-t-größte Spannung von den an N Phasen angelegten Spannungen Va1 bis VaN zu einer Stromdetektionszeit angelegt ist/wird, als eine Zwischenphase definiert ist/wird, detektiert die Stromdetektionseinheit 26 den Strom von jeder von $(N - 1)$ Phasen, die von der Zwischenphase verschieden sind, von/aus den Strömen Ia1 bis IaN der N Phasen. Insbesondere, wenn eine Phase, an die die $(N + 1)/2$ -größte Spannung von den an die Spulen CL1 bis CLN von N Phasen angelegten Spannungen Va1 bis VaN zu einer Stromdetektionszeit angelegt ist/wird, als eine Zwischenphase definiert ist/wird, detektiert die Stromdetektionseinheit 26 den Strom von jeder von $(N - 1)$ Phasen, die von der Zwischenphase verschieden sind, aus den Strömen Ia1 bis IaN der N Phasen. Wie oben beschrieben, in der zweiten Ausführungsform, detektiert die Stromdetektionseinheit 26 nicht den Strom einer Zwischenphase, in der die Fluktuation und Störung des Stroms relativ groß sind, sondern den Strom der anderen $(N - 1)$ Phasen, in denen die Fluktuation und Störung des Stroms kleiner sind als diejenigen der Zwischenphase, von/aus den Strömen Ia1 bis IaN. Daher wird ein Fehler in einem Detektionsergebnis für den direkt detektierten Strom von/aus Strömen Ia1 bis IaN reduziert.

[0121] Die Berechnungseinheit 21 berechnet den Stromwert I_{mid} des Stroms einer Zwischenphase auf der Grundlage eines Detektionsergebnisses der Stromdetektionseinheit 26. Insbesondere berechnet die Berechnungseinheit 21 den Stromwert I_{mid} des Stroms einer Zwischenphase aus dem Gesamtwert I_{sum} der Stromwerte der Ströme von $(N - 1)$ Phasen, die von der Zwischenphase verschieden sind, auf der Grundlage der Kirchhoffschen Gesetze. $I_{mid} = -I_{sum}$. Wie oben beschrieben, in der zweiten Ausführungsform, berechnet die Berechnungseinheit 21 den Strom einer Zwischenphase aus einem Detektionsergebnis von Strömen anderer $(N - 1)$ Phasen, in/bei denen ein Fehler eines Detektionsergebnisses im Vergleich zur Zwischenphase reduziert ist, von/aus den Strömen Ia1 bis IaN. Das heißt, der Strom einer Zwischenphase ist/wird indirekt detektiert. Daher, im Vergleich zu einem Fall, in dem der Strom einer Zwischenphase direkt detektiert ist/wird, ist es möglich, einen Fehler in einem Detektionsergebnis des Stroms der Zwischenphase zu reduzieren. Als ein Ergebnis kann die Variation in einem Detektionswert der Ströme Ia1 bis IaN, die durch Phasen fließen, die eine Zwischenphase und andere $(N - 1)$ Phasen aufweisen, reduziert sein/werden.

[0122] Nachfolgend wird die Steuerungsvorrichtung 100A unter Bezugnahme auf **Fig. 13** beschrieben. Der N-Phasen-Wechselrichter 1A weist N Schalteinheiten U1 bis UN auf.

[0123] Die N Schalteinheiten U1 bis UN legen die Spannungen Va1 bis VaN an N Phasen an. Insbe-

sondere legen die N Schalteinheiten U1 bis UN die Spannungen Va1 bis VaN in unterschiedlichen Phasen in zugeordneter Weise an die Spulen CL1 bis CLN von/mit N Phasen an.

[0124] Jede von den Schalteinheiten U1 bis UN weist das erste Schaltelement SW1 auf der Erste-Spannung V1-Seite der DC-Leistung-Zufuhr-Einheit PW und das zweite Schaltelement SW2 auf der Zweite-Spannung V2-Seite der DC-Leistung-Zufuhr-Einheit PW auf. Das zweite Schaltelement SW2 ist mit dem ersten Schaltelement SW1 in Reihe geschaltet. In einem Beispiel aus **Fig. 1** ist die zweite Spannung V2 kleiner als die erste Spannung V1. Zum Beispiel ist die zweite Spannung V2 die Masse-spannung (0 V).

[0125] Typischerweise wird der N-Phasen-Wechselrichter 1A mittels des PWM-Signals Spwm angesteuert. Das PWM-Signal Spwm weist N erste Gate-Signale G11 bis G1N, die in zugeordneter Weise die ersten Schaltelemente SW1 der Schalteinheiten U1 bis UN ansteuern, und N zweite Gate-Signale G21 bis G2N, die in zugeordneter Weise die zweiten Schaltelemente SW2 der Schalteinheiten U1 bis UN ansteuern, auf. In diesem Fall ist zum Beispiel jedes von dem ersten Schaltelement SW1 und dem zweiten Schaltelement SW2 ein Halbleiterschaltelement. Zum Beispiel ist jedes von dem ersten Schaltelement SW1 und dem zweiten Schaltelement SW2 ein bipolarer Transistor mit isoliertem Gate (IGBT). Jedes von dem ersten Schaltelement SW1 und dem zweiten Schaltelement SW2 kann ein anderer Transistor, wie zum Beispiel ein Feldeffekttransistor, sein.

[0126] Die Polarität der zweiten Gate-Signale G21 bis G2N ist grundsätzlich entgegengesetzt zur Polarität der ersten Gate-Signale G11 bis G1N. Das heißt, die zweiten Gate-Signale G21 bis G2N und die ersten Gate-Signale G11 bis G1N haben grundsätzlich eine komplementäre Beziehung zueinander. Der Punkt, dass eine Totzeit vorgesehen sein/werden kann, ist jedoch ähnlich zu dem Fall von drei Phasen, der unter Bezugnahme auf **Fig. 3** beschrieben ist.

[0127] Die Steuerungsvorrichtung 100A weist ferner eine Stromsensoreinheit 3A zum Detektieren der Ströme Ia1 bis IaN von N Phasen auf. Die Stromsensoreinheit 3A weist N Elektrischer-Widerstand-Einheiten R1 bis RN zum Detektieren der Ströme Ia1 bis IaN von N Phasen auf. Jede von den Elektrischer-Widerstand-Einheiten R1 bis RN oder ein generischer Begriff von diesen kann als die Elektrischer-Widerstand-Einheit R bezeichnet sein/werden. Die Elektrischer-Widerstand-Einheiten R1 bis RN sind eine Widerstandskomponente (zum Beispiel ein Widerstandselement) zum Detektieren des Stroms, der via den N-Phasen-Wechselrichter 1A durch die Spulen CL1 bis CLN von N Phasen fließt.

Zu jeder Stromdetektionszeit werden (N - 1) der Elektrischer-Widerstand-Einheiten R von N der Elektrischer-Widerstand-Einheiten R1 bis RN verwendet.

[0128] Die Elektrischer-Widerstand-Einheiten (R1 bis RN) sind in zugeordneter Weise korrespondierend mit den Schalteinheiten (U1 bis UN) angeordnet. Dann ist jede von den Elektrischer-Widerstand-Einheiten R1 bis RN zwischen dem zweiten Schaltelement SW2 einer korrespondierenden Schalteinheit von den Schalteinheiten U1 bis UN und der DC-Leistung-Zufuhr-Einheit PW angeordnet.

[0129] Die Steuerungsvorrichtung 100A weist ferner die Trägerwelle-Erzeugungseinheit 22, die Ansteuer-einheit 23, die Vergleichseinheit 24 und die Schalteinheit 25 auf. Insbesondere weist die Steuerungsvorrichtung 100A die Wechselrichter-Steuereinheit 2 auf. Dann weist die Wechselrichter-Steuereinheit 2 die Berechnungseinheit 21, die Trägerwelle-Erzeugungseinheit 22, die Ansteuer-einheit 23, die Vergleichseinheit 24, die Schalteinheit 25 und die Stromdetektionseinheit 26 auf. Die Wechselrichter-Steuereinheit 2 ist beispielsweise ein Mikrocomputer. Zum Beispiel ist die Stromdetektionseinheit 26 mittels eines A/D-Wandlers realisiert.

[0130] Die Berechnungseinheit 21 berechnet Spannung-Befehl-Werte Vb1 bis VbN. Wenn N der Phasen, welche die N Phasen bilden, „P1 Phase bis PN Phase“ sind, berechnet die Berechnungseinheit 21 die Spannung-Befehl-Werte Vb1 bis VbN, die in zugeordneter Weise mit der P1-Phase bis zur PN-Phase korrespondieren. Die Berechnungseinheit 21 gibt die Spannung-Befehl-Werte Vb1 bis VbN an die Vergleichseinheit 24 aus.

[0131] Die Spannung-Befehl-Werte Vb1 bis VbN geben in zugeordneter Weise Spannungswerte der vom N-Phasen-Wechselrichter 1A ausgegebenen Spannungen Va1 bis VaN an. Daher stimmen die Spannung-Befehl-Werte Vb1 bis VbN im Wesentlichen in zugeordneter Weise mit den Spannungswerten der vom N-Phasen-Wechselrichter 1A ausgegebenen Spannungen Va1 bis VaN überein. Insbesondere geben die Spannung-Befehl-Werte Vb1 bis VbN Spannungswerte an, denen von den Spannungen Va1 bis VaN, die an die P1 bis PN Phasen, die die N Phasen bilden, angelegt sind/werden, zu folgen ist. In der vorliegenden Beschreibung sind die Spannung-Befehl-Werte Vb1 bis VbN und die angelegten Spannungen Va1 bis VaN im Wesentlichen synonym/gleichbedeutend.

[0132] Die Berechnungseinheit 21 berechnet Vergleichswerte CM1 bis CMN auf der Grundlage der Spannung-Befehl-Werte Vb1 bis VbN. Daher korrespondieren die Vergleichswerte CM1 bis CMN in zugeordneter Weise mit den Spannung-Befehl-Wer-

ten Vb1 bis VbN. Die Vergleichswerte CM1 bis CMN geben direkt oder indirekt einen Schaltdauerwert der ersten Gate-Signale G11 bis G1N im PWM-Signal Spwm an. Die Berechnungseinheit 21 gibt die Vergleichswerte CM1 bis CMN an die Ansteuereinheit 23 aus. Insbesondere gibt ein Schaltdauerwert ein Verhältnis einer EIN-Zeit des ersten Schaltelements SW1 jeder Phase zu einer voreingestellten PWM-Periode T_{pwm} an.

[0133] Die Trägerwelle-Erzeugungseinheit 22 erzeugt die Trägerwelle CA. Die Trägerwelle-Erzeugungseinheit 22 gibt die Trägerwelle CA an die Ansteuereinheit 23 aus. Die Trägerwelle CA ist zum Beispiel eine Dreieckswelle. Beachten Sie, dass eine Wellenform der Trägerwelle CA nicht besonders beschränkt ist.

[0134] Fig. 14 ist eine Darstellung, die ein Beispiel der Trägerwelle CA und der Vergleichswerte CM1 bis CMN darstellt. In Fig. 14 stellt „n“ eine ganze Zahl kleiner als N und größer als Eins dar. Wie in Fig. 14 dargestellt, ist die PWM-Periode T_{pwm} gleich einer Periode der Trägerwelle CA. Abgesehen von den obigen Ausführungen ist die PWM-Periode T_{pwm} der zweiten Ausführungsform ähnlich zu der PWM-Periode T_{pwm} der ersten Ausführungsform.

[0135] Ferner ist/wird eine Steuerperiode T_{cnt} mittels einer Periode der Trägerwelle CA definiert. Die Steuerperiode T_{cnt} ist eine Periode zum Aktualisieren eines Schaltdauerwerts des PWM-Signals Spwm. Daher ist/wird ein Schaltdauerwert des PWM-Signals Spwm für jede von den Steuerperioden T_{cnt} aktualisiert. Die Steuerperiode T_{cnt} ist länger als die PWM-Periode T_{pwm}. Abgesehen von den obigen Ausführungen ist die Steuerperiode T_{cnt} der zweiten Ausführungsform ähnlich zu der Steuerperiode T_{cnt} der ersten Ausführungsform.

[0136] Zurückkehrend zu Fig. 13 erzeugt die Ansteuereinheit 23 das PWM-Signal Spwm auf der Grundlage der Trägerwelle CA und der Vergleichswerte CM1 bis CMN. Dann gibt die Ansteuereinheit 23 das PWM-Signal Spwm an den N-Phasen-Wechselrichter 1A aus, um den N-Phasen-Wechselrichter 1A anzusteuern. Als ein Ergebnis legt der N-Phasen-Wechselrichter 1A die mittels der Spannung-Befehl-Werte Vb1 bis VbN angegebenen Spannungen Va1 bis VaN in zugeordneter Weise an die Spulen CL1 bis CLN der N Phasen an.

[0137] Insbesondere, wie in Fig. 14 dargestellt, vergleicht die Ansteuereinheit 23 jeden von den Vergleichswerten CM1 bis CMN mit der Trägerwelle CA und erzeugt das PWM-Signal Spwm auf der Grundlage eines Vergleichsergebnisses. Darüber hinaus, insbesondere, ermittelt die Ansteuereinheit 23, ob ein Vergleichswert größer oder gleich einem Pegel der Trägerwelle CA ist oder nicht, für jeden von den

Vergleichswerten CM1 bis CMN. Dann aktiviert oder deaktiviert die Steuereinheit 23 jedes von den ersten Gate-Signalen G11 bis G1N im PWM-Signal Spwm auf der Grundlage eines Ermittlungsergebnisses für jeden von den Vergleichswerten CM1 bis CMN. Als Ergebnis ist/wird ein Schaltdauerwert von N der ersten Gate-Signale G11 bis G1N gemäß den Vergleichswerten CM1 bis CMN eingestellt. Beachten Sie, dass von den ersten Gate-Signalen G11 bis G1N das erste Schaltelement SW1, an das ein aktiviertes erstes Gate-Signal angelegt ist/wird, eingeschaltet ist/wird. Von den ersten Gate-Signalen G11 bis G1N ist/wird das erste Schaltelement SW1, an das ein deaktiviertes erstes Gate-Signal angelegt ist/wird, ausgeschaltet.

[0138] Hier, im Beispiel aus Fig. 14 wird für die Einfachheit der Beschreibung eine Größenbeziehung zwischen den Vergleichswerten CM1 bis CMN und eine Größenbeziehung zwischen den Spannung-Befehl-Werten Vb1 bis VbN (den angelegten Spannungen Va1 bis VaN) angeglichen/in Übereinstimmung gebracht. Daher wird bei der Beschreibung der Vergleichseinheit 24 aus Fig. 13 zur Einfachheit eine gerade Linie, die die Vergleichswerte CM1 bis CMN angibt, als eine gerade Linie angesehen, die die Spannung-Befehl-Werte Vb1 bis VbN (die angelegten Spannungen Va1 bis VaN) in Fig. 14 angibt.

[0139] Die Vergleichseinheit 24 vergleicht die Spannung-Befehl-Werte Vb1 bis VbN der P1-Phase bis zur PN-Phase, welche N Phasen bilden, zu jeder der Stromdetektionszeiten t_d miteinander und ermittelt die Größenreihenfolge der Spannung-Befehl-Werte Vb1 bis VbN der P1 Phase bis zur PN-Phase. Mit anderen Worten: Die Vergleichseinheit 24 vergleicht die an die P1 bis PN Phasen anzulegenden Spannungen Va1 bis VaN zu jeder der Stromdetektionszeiten t_d miteinander und ermittelt die Größenreihenfolge der an die P1 Phase bis zur PN Phase angelegten Spannungen Va1 bis VaN. Darüber hinaus, mit anderen Worten, ermittelt die Vergleichseinheit 24 eine Zwischenphase und eine Maximalphase von/aus der P1-Phase und bis zur PN-Phase. Beachten Sie, dass die Vergleichseinheit 24 eine Minimalphase ermitteln kann. Zum Beispiel ist in der Steuerperiode T_{cnt} in der Mitte von Fig. 14 die PN-Phase eine Zwischenphase, ist die Pn-Phase eine Maximalphase und ist die P1-Phase eine Minimalphase.

[0140] Die Zwischenphase ist eine Phase, auf die der $(N + 1)/2$ -t-größte Spannung-Befehl-Wert von/aus den Spannung-Befehl-Werten Vb1 bis VbN für die P1 bis PN Phasen, die N Phasen bilden, zur Stromdetektionszeit t_d eingestellt ist/wird. Das heißt, die Zwischenphase ist eine Phase, an die die $(N + 1)/2$ -t-größte Spannung von/aus den Spannungen Va1 bis VaN, die in zugeordneter Weise an die P1

bis PN Phasen angelegt sind/werden, zur Stromdetektionszeit t_d angelegt ist/wird.

[0141] Die Maximalphase ist eine Phase, auf die der größte Spannung-Befehl-Wert von/aus den Spannung-Befehl-Werten V_{b1} bis V_{bN} für die P1 bis PN Phasen, die N Phasen bilden, zur Stromdetektionszeit t_d eingestellt ist/wird. Das heißt, die Maximalphase ist eine Phase, an die die größte Spannung von/aus den Spannungen V_{a1} bis V_{aN} , die in zugeordneter Weise an die P1 bis PN Phasen angelegt sind/werden, zur Stromdetektionszeit t_d angelegt ist/wird.

[0142] Beachten Sie, dass die Minimalphase eine Phase ist, auf die der kleinste Spannung-Befehl-Wert von/aus den Spannung-Befehl-Werten V_{b1} bis V_{bN} für die P1 bis PN Phasen, welche N Phasen bilden, zu einer Stromdetektionszeit eingestellt ist/wird. Das heißt, die Minimalphase ist eine Phase, an die die kleinste Spannung von/aus den Spannungen V_{a1} bis V_{aN} , die in zugeordneter Weise an die P1 bis PN Phasen angelegt sind/werden, zur Stromdetektionszeit t_d angelegt ist/wird.

[0143] Hier, in **Fig. 14**, als ein Beispiel, wird Augenmerk auf die Steuerperiode T_{cnt} in der Mitte von **Fig. 14** gelegt. In diesem Fall ist eine P_n Phase die Maximalphase. Die Schalteinheit 25 in **Fig. 13** ermittelt, ob die Periode T_m , während der das zweite Schaltelement SW2 einer Schalteinheit Un zum Anlegen der Spannung V_{an} an die P_n Phase als eine Maximalphase eingeschaltet ist/wird, kürzer ist als die im Voraus für die Detektion des Stroms mittels der Stromdetektionseinheit 26 eingestellte Periode T_d oder nicht. In einem Fall des Ermitteln, dass die Periode T_m nicht kürzer als die Periode T_d ist, das heißt in einem Fall des Ermitteln, dass die Periode T_m größer oder gleich der Periode T_d ist, ermittelt die Schalteinheit 25, den Strom von jeder der $(N - 1)$ Phasen, welche von einer Zwischenphase verschieden sind, zu detektieren.

[0144] Beachten Sie, im Beispiel von **Fig. 14**, in einem Fall, in dem ein Vergleichswert CM_n kleiner als ein Pegel der Trägerwelle CA ist, aktiviert die Ansteuereinheit 23 ein zweites Gate-Signal G_{2n} und schaltet das zweite Schaltelement SW2 der Schalteinheit Un ein.

[0145] **Fig. 15** ist eine Darstellung, die ein weiteres Beispiel der Trägerwelle CA und der Vergleichswerte CM_1 bis CM_N darstellt. Wie in **Fig. 15** dargestellt, zum Beispiel, ist die P_n Phase eine Maximalphase. Die Schalteinheit 25 in **Fig. 13** ermittelt, ob die Periode T_m , während der das zweite Schaltelement SW2 als eine Maximalphase eingeschaltet ist, kürzer ist als die im Voraus zur Detektion des Stroms mittels der Stromdetektionseinheit 26 eingestellte Periode T_d oder nicht. In einem Fall des Ermitteln, dass die

Periode T_m kürzer ist als die Periode T_d , ermittelt die Schalteinheit 25, den Strom jeder der $(N - 1)$ Phasen, die von der Maximalphase verschieden sind, zu detektieren. Das heißt, in diesem Fall ist/wird der Strom einer Zwischenphase anstelle einer Maximalphase detektiert.

[0146] Zurückkehrend zu **Fig. 13**, die Stromdetektionseinheit 26 detektiert den Strom via die Stromsensoreinheit 3 in Antwort auf den mittels der Ansteuereinheit 23 erzeugten Trigger TG. Eine Zeit, zu welcher der Auslöser TG erzeugt ist/wird, ist eine Stromdetektionszeit.

[0147] Insbesondere, in einem Fall, in dem die Schalteinheit 25 ermittelt, den Strom jeder der $(N - 1)$ Phasen, die von der Zwischenphase verschieden sind, zu detektieren, detektiert die Stromdetektionseinheit 26 den Strom von jeder von den $(N - 1)$ Phasen, die von der Zwischenphase verschieden sind, in Antwort auf den mittels der Ansteuereinheit 23 erzeugten Trigger TG. Dann gibt die Stromdetektionseinheit 26 ein Signal, das einen Stromwert des Stroms von jeder von den $(N - 1)$ Phasen, die von der Zwischenphase verschieden sind, angibt, an die Berechnungseinheit 21 aus. Die Berechnungseinheit 21 berechnet einen Stromwert des Stroms der Zwischenphase auf der Grundlage eines Stromwerts des Stroms von jeder der $(N - 1)$ Phasen, die von der Zwischenphase verschieden sind.

[0148] Andererseits, in einem Fall, in welchem die Schalteinheit 25 ermittelt, den Strom von jeder der $(N - 1)$ Phasen, die von der Maximalphase verschieden sind, zu detektieren, detektiert die Stromdetektionseinheit 26 den Strom von jeder der $(N - 1)$ Phasen, die von der Maximalphase verschieden sind, in Antwort auf den mittels der Ansteuereinheit 23 erzeugten Trigger TG. Dann gibt die Stromdetektionseinheit 26 ein Signal, das einen Stromwert des Stroms von jeder der $(N - 1)$ Phasen, die von der Maximalphase verschieden sind, angibt, an die Berechnungseinheit 21 aus. Die Berechnungseinheit 21 berechnet einen Stromwert des Stroms der Maximalphase auf der Grundlage eines Stromwerts des Stroms von jeder der $(N - 1)$ Phasen, die von der Maximalphase verschieden sind. Insbesondere berechnet die Berechnungseinheit 21 den Stromwert I_{max} des Stroms in der Maximalphase aus dem Gesamtwert I_{sum} der Stromwerte der $(N - 1)$ Phasen, die von der Maximalphase verschieden sind, auf der Grundlage der Kirchhoffschen Gesetze. $I_{max} = -I_{sum}$.

[0149] Wie oben unter Bezugnahme auf **Fig. 13** und **Fig. 15** beschrieben, in einem Fall, in dem die Detektion des Stroms einer Maximalphase mittels der Stromdetektionseinheit 26 nicht möglich ist, weil ein Schaltdauerwert eines ersten Gate-Signals, das an das erste Schaltelement SW1 der Maximalphase

angelegt ist/wird, nahe 100% liegt oder 100% beträgt, wird der Strom durch den Strom einer Zwischenphase ersetzt, so dass ein Stromwert der Ströme I_{a1} bis I_{aN} von N Phasen detektiert sein/werden kann.

[0150] Beachten Sie, dass innerhalb einer PWM-Periode T_{wpm} die Periode T_m , während der das zweite Schaltelement SW2 einer Maximalphase eingeschaltet ist, kürzer ist als die Periode T_d , was bedeutet, dass eine Periode, während der das erste Schaltelement SW1 der Maximalphase innerhalb der PWM-Periode T_{wpm} eingeschaltet ist, lang ist. In diesem Fall liegt ein Schaltdauerwert des ersten Gate-Signals G_{1n} der Maximalphase nahe 100%.

[0151] Ferner, innerhalb der PWM-Periode T_{wpm} ist die Periode T_m , während der das zweite Schaltelement SW2 einer Maximalphase eingeschaltet ist, Null, was bedeutet, dass das erste Schaltelement SW1 der Maximalphase in einer gesamten Periode der PWM-Periode T_{wpm} eingeschaltet ist. In diesem Fall beträgt ein Schaltdauerwert eines ersten Gate-Signals, das an das erste Schaltelement SW1 der Maximalphase angelegt ist/wird, 100%.

[0152] Als nächstes wird die Phase-Ermittlung-Verarbeitung mit Bezug auf **Fig. 13** und **Fig. 16** beschrieben. **Fig. 4** ist ein Flussdiagramm, das die Phase-Ermittlung-Verarbeitung zum Ermitteln einer Phase zum direkten Detektieren eines Stroms darstellt. Wie in **Fig. 16** dargestellt, weist die Phase-Ermittlung-Verarbeitung Schritte S1 bis S7 auf. Die Phase-Ermittlung-Verarbeitung wird in jeder von den Steuerperioden T_{cnt} wiederholt ausgeführt.

[0153] Wie in **Fig. 13** und **Fig. 16** dargestellt, in Schritt S1, berechnet die Berechnungseinheit 21 die Spannung-Befehl-Werte V_{b1} bis V_{bN} , die in zugeordneter Weise die angelegten Spannungen V_{a1} bis V_{aN} angeben.

[0154] Als nächstes, in Schritt S2, berechnet die Berechnungseinheit 21 die Vergleichswerte $CM1$ bis CMN auf der Grundlage der Spannung-Befehl-Werte V_{b1} bis V_{bN} .

[0155] Als nächstes, in Schritt S3, vergleicht die Vergleichseinheit 24 die Spannung-Befehl-Werte V_{b1} bis V_{bN} der P1 bis PN Phasen und ermittelt die Größenreihenfolge der Spannung-Befehl-Werte V_{b1} bis V_{bN} der P1 bis PN Phasen. Dann ermittelt die Vergleichseinheit 24 eine Phase, für welche der größte Spannung-Befehl-Wert von den Spannung-Befehl-Werten V_{b1} bis V_{bN} als eine Maximalphase eingestellt ist/wird. Ferner ermittelt die Vergleichseinheit 24 als eine Zwischenphase eine Phase, für welche der $(N + 1)/2$ -t-größte Spannung-Befehl-Wert von den Spannung-Befehl-Werten V_{b1} bis V_{bN} eingestellt ist/wird.

[0156] Mit anderen Worten: Die Vergleichseinheit 24 vergleicht die Spannungen V_{a1} bis V_{aN} , die an die P1 Phase bis zur PN Phase angelegt sind/werden, und ermittelt die Größenreihenfolge der Spannungen V_{a1} bis V_{aN} . Dann ermittelt die Vergleichseinheit 24 eine Phase, an welche die größte Spannung von/aus den an die P1 bis PN Phasen angelegten Spannungen V_{a1} bis V_{aN} angelegt ist/wird als eine Maximalphase. Ferner ermittelt die Vergleichseinheit 24 als eine Zwischenphase eine Phase, an welche die $(N + 1)/2$ -t-höchste Spannung von/aus den an die P1 bis PN Phasen angelegten Spannungen V_{a1} bis V_{aN} angelegt ist/wird.

[0157] Als nächstes, in Schritt S4, ermittelt die Schalteinheit 25, ob die Ein-Periode T_m des zweiten Schaltelements SW2, die mit der Maximalphase korrespondiert, kürzer ist als die Periode T_d , die für die Stromdetektion für die Stromdetektionseinheit 26 voreingestellt ist, oder nicht.

[0158] In einem Fall, in dem in Schritt S4 (Nein) ermittelt ist/wird, dass die Ein-Periode T_m nicht kürzer als die Periode T_d ist, fährt die Verarbeitung mit Schritt S5 fort. Das heißt, in einem Fall, in welchem in Schritt S4 ermittelt ist/wird, dass die Ein-Periode T_m größer oder gleich der Periode T_d ist, fährt die Verarbeitung mit Schritt S5 fort.

[0159] Als nächstes, in Schritt S5, ermittelt die Schalteinheit 25, den Strom von $(N - 1)$ Phasen, welche von der Zwischenphase verschieden sind, zu detektieren. Zum Beispiel setzt die Schalteinheit 25 ein Flag, das angibt, dass Strom von $(N - 1)$ Phasen, welche von der Zwischenphase verschieden sind, detektiert ist/wird.

[0160] Andererseits, in einem Fall, in welchem in Schritt S4 (Ja) ermittelt ist/wird, dass die Ein-Periode T_m kleiner ist als die Periode T_d , fährt die Verarbeitung mit Schritt S6 fort.

[0161] Als nächstes, in Schritt S6, ermittelt die Schalteinheit 25, den Strom von $(N - 1)$ Phasen, welche von der Maximalphase verschieden sind, zu detektieren. Zum Beispiel setzt die Schalteinheit 25 ein Flag, das angibt, dass ein Strom von $(N - 1)$ Phasen, welche von der Maximalphase verschieden sind, detektiert ist/wird.

[0162] Als nächstes, in Schritt S7 nach Schritt S5 und Schritt S6, stellt die Berechnungseinheit 21 die in Schritt S2 berechneten Vergleichswerte $CM1$ bis CMN für die Ansteuereinheit 23 ein. Dann endet die Verarbeitung.

[0163] Hier sind/werden die Vergleichswerte $CM1$ bis CMN , die für die Ansteuereinheit 23 in Schritt S7, welcher in der bestimmten Steuerperiode T_{cnt} ausgeführt ist/wird/wurde, eingestellt sind/werden/-

wurden, von der Ansteuereinheit 23 in der nächsten Steuerperiode Tcnt oder zu einem Zeitpunkt, der von einem als die Wechselrichter-Steuereinheit 2 verwendeten Mikrocomputer ermittelt ist/wird, reflektiert. Ferner wird die Ermittlung in den Schritten S5 und S6, die in der bestimmten Steuerperiode Tcnt ausgeführt sind/werden/wurden, von der Schalteinheit 25 und der Stromdetektionseinheit 26 bei der nächsten Steuerperiode Tcnt oder zu einem Zeitpunkt, der von einem als die Wechselrichter-Steuereinheit 2 verwendeten Mikrocomputer ermittelt ist/wird, reflektiert.

[0164] Als nächstes wird die Stromwert-Berechnung-Verarbeitung unter Bezugnahme auf **Fig. 13** und **Fig. 17** beschrieben. **Fig. 17** ist ein Flussdiagramm, das die Stromwert-Berechnung-Verarbeitung zum Berechnen eines Stromwerts von nicht-detektiertem Strom darstellt. Wie in **Fig. 17** dargestellt, weist die Stromwert-Berechnung-Verarbeitung Schritte S11 bis S17 auf. Die Stromwert-Berechnung-Verarbeitung wird für jede der PWM-Perioden T_{pwm} wiederholt ausgeführt. Schritte S11 bis S17 korrespondieren mit einem Beispiel für ein „Steuerungsverfahren, das mittels einer Steuerungsvorrichtung ausgeführt ist/wird“.

[0165] Wie in **Fig. 13** und **Fig. 17** dargestellt, in Schritt S11, ermittelt die Schalteinheit 25, ob ein Strom von (N - 1) Phasen, die von der Maximalphase verschieden sind, ermittelt ist/wird, detektiert zu sein/werden oder nicht. Das heißt, die Schalteinheit 25 ermittelt, ob ein Flag, das angibt, dass ein Strom von (N - 1) Phasen, welche verschieden von der Maximalphase sind, detektiert ist/wird, gesetzt ist/wird oder nicht.

[0166] In einem Fall, in welchem in Schritt S11 ermittelt ist/wird, dass der Strom von (N - 1) Phasen, die verschieden von der Maximalphase sind, nicht ermittelt ist/wird, detektiert zu sein/werden (Nein), fährt die Verarbeitung mit Schritt S12 fort. Das heißt, in einem Fall, in welchem in Schritt S11 ermittelt ist/wird, dass Strom von (N - 1) Phasen, die verschieden von der Zwischenphase sind, ermittelt ist/wird, detektiert zu sein/werden, fährt die Verarbeitung mit Schritt S12 fort.

[0167] Als nächstes, in Schritt S12, ermittelt die Stromdetektionseinheit 26, ob eine Stromdetektionszeit gekommen ist oder nicht. Das heißt, die Stromdetektionseinheit 26 ermittelt, ob die Ansteuereinheit 23 den Trigger TG ausgibt oder nicht.

[0168] In einem Fall, in dem in Schritt S12 ermittelt ist/wird, dass eine Stromdetektionszeit nicht gekommen ist (Nein), wiederholt die Verarbeitung Schritt S12.

[0169] Andererseits, in einem Fall, in welchem in Schritt S12 ermittelt ist/wird, dass eine Stromdetek-

tionszeit gekommen ist (Ja), fährt die Verarbeitung mit Schritt S13 fort.

[0170] Als nächstes, in Schritt S13, detektiert die Stromdetektionseinheit 26 den Strom von (N - 1) Phasen, die von der Zwischenphase verschieden sind. Schritt S13 korrespondiert mit einem Beispiel für einen „Strom-Detektion-Schritt“.

[0171] Als nächstes, in Schritt S14, berechnet die Berechnungseinheit 21 einen Stromwert des Stroms der Zwischenphase auf der Grundlage eines Detektionsergebnisses des Stroms jeder von (N - 1) Phasen, die verschieden von der Zwischenphase sind. Schritt S14 korrespondiert mit einem Beispiel für einen „Berechnung-Schritt“. Dann endet die Verarbeitung.

[0172] Andererseits, in einem Fall, in welchem in Schritt S11 ermittelt ist/wird, dass ein Strom von (N - 1) Phasen, die von der Maximalphase verschieden sind, ermittelt ist/wird, detektiert zu sein/werden (Ja), fährt die Verarbeitung mit Schritt S15 fort.

[0173] Als nächstes, in Schritt S15, ermittelt die Stromdetektionseinheit 26, ob eine Stromdetektionszeit gekommen ist oder nicht. Das heißt, die Stromdetektionseinheit 26 ermittelt, ob die Ansteuereinheit 23 den Trigger TG ausgibt oder nicht.

[0174] In einem Fall, in dem in Schritt S15 ermittelt ist/wird, dass eine Stromdetektionszeit nicht gekommen ist (Nein), wiederholt die Verarbeitung Schritt S15.

[0175] Andererseits, in einem Fall, in welchem in Schritt S15 ermittelt ist/wird, dass eine Stromdetektionszeit gekommen ist (Ja), fährt die Verarbeitung mit Schritt S16 fort.

[0176] Als nächstes, in Schritt S16, detektiert die Stromdetektionseinheit 26 den Strom von (N - 1) Phasen, die von der Maximalphase verschieden sind.

[0177] Als nächstes, in Schritt S17, berechnet die Berechnungseinheit 21 einen Stromwert des Stroms der Maximalphase auf der Grundlage eines Detektionsergebnisses des Stroms von jeder von (N - 1) Phasen, die von der Maximalphase verschieden sind. Dann endet die Verarbeitung.

[0178] Als nächstes wird ein Beispiel, bei dem N „5“ ist und N Phasen fünf Phasen sind, unter Bezugnahme auf **Fig. 18** und **Fig. 19** beschrieben. **Fig. 18** ist eine Darstellung, die ein Beispiel der Spannungen Va1, Va2, Va3, Va4 und Va5, welche an fünf Phasen angelegt sind/werden, der Trägerwelle CA und der Vergleichswerte CM1, CM2, CM3, CM4 und CM5 in der zweiten Ausführungsform darstellt.

[0179] Eine Wellenformdarstellung F100 aus **Fig. 18** stellt die Spannungen Va1, Va2, Va3, Va4 und Va5, die in zugeordneter Weise an die P1 Phase, die P2 Phase, die P3 Phase, die P4 Phase und die P5 Phase angelegt sind/werden, dar. In der Wellenformdarstellung F100 stellt die horizontale Achse einen elektrischen Winkel [degE] dar und die vertikale Achse stellt die Spannungen Va1 bis Va5 dar. Die vertikale Achse der Wellenformdarstellung F100 stellt einen Spannungswert dar, der mittels der Eingangsspannungen V1 bis V2 normiert ist, und die Spannungen Va1 bis Va5 nehmen einen Wert in einem Bereich von Null bis Eins an. Ferner stellt dieser Wert auch einen Schaltdauerwert dar, welcher ein Verhältnis einer EIN-Zeit des ersten Schaltelements SW1 jeder Phase zur PWM-Periode T_{pwm} ist. Wie in der Wellenformdarstellung F100 dargestellt, sind die Spannungen Va1 bis Va5 sinusförmig. Phasen der Spannungen Va1 bis Va5 sind unterschiedlich zueinander. Im Beispiel aus **Fig. 18** wird die Erregung mittels Fünfphasen-Modulation ausgeführt.

[0180] In **Fig. 18** sind die Trägerwelle CA und die Vergleichswerte CM1 bis CM5 in einem Elektrischer-Winkel-Bereich (Zeitbereich), der in einem Bereich A10 der Wellenformdarstellung F100 dargestellt ist, in einem rechten Bereich der Wellenformdarstellung F100 dargestellt. Die Vergleichswerte CM1 bis CM5 und die Spannung-Befehl-Werte Vb1 bis Vb5 (angelegte Spannungen Va1 bis Va5) sind/werden für jede von den Steuerperioden T_{cnt} aktualisiert.

[0181] Die Ansteuereinheit 23 vergleicht jeden von den Vergleichswerten CM1 bis CM5 mit der Trägerwelle CA in jeder von den PWM-Perioden T_{pwm} . Als ein Ergebnis sind/werden die ersten Gate-Signale G11 bis G15 und die zweiten Gate-Signale G21 bis G25 erzeugt. In der zweiten Ausführungsform erzeugt die Ansteuereinheit 23 die ersten Gate-Signale G11 bis G15 und die zweiten Gate-Signale G21 bis G25 mittels eines Mitte-Ausrichtung-Systems.

[0182] Hier, auch in **Fig. 18**, wird, ähnlich zu dem Fall aus **Fig. 4**, bei der Beschreibung der Vergleichseinheit 24 zur Einfachheit eine gerade Linie, welche die Vergleichswerte CM1 bis CM5 angibt, als eine gerade Linie angesehen, welche die Spannung-Befehl-Werte Vb1 bis Vb5 (die angelegten Spannungen Va1 bis Va5) angibt.

[0183] Die Vergleichseinheit 24 vergleicht die Spannung-Befehl-Werte Vb1 bis Vb5 von fünf Phasen zu jeder von den Stromdetektionszeiten t_d miteinander und ermittelt die Größenreihenfolge der Spannung-Befehl-Werte Vb1 bis Vb5. Den Fokus auf die Steuerperiode T_{cnt} in der Mitte von **Fig. 18** legend, ermittelt die Vergleichseinheit 24, dass der Spannung-Befehl-Wert Vb3 der erstgrößte ist, der Span-

nung-Befehl-Wert Vb2 der zweitgrößte ist, der Spannung-Befehl-Wert Vb4 der drittgrößte ist, der Spannung-Befehl-Wert Vb1 der viertgrößte ist und der Spannung-Befehl-Wert Vb5 der fünftgrößte ist.

[0184] Daher ermittelt die Vergleichseinheit 24 eine Phase, für welche der Spannung-Befehl-Wert Vb3 als eine Maximalphase eingestellt ist, und ermittelt eine Phase, für welche der Spannung-Befehl-Wert Vb4 als eine Zwischenphase eingestellt ist. Als ein Ergebnis detektiert die Stromdetektionseinheit 26 den Strom von vier Phasen, welche verschieden von der Phase P4 sind, welche eine Zwischenphase ist. Insbesondere detektiert die Stromdetektionseinheit 26 den Strom Ia1 der P1 Phase, den Strom Ia2 der P2 Phase, den Strom Ia3 der P3 Phase (Maximalphase) und den Strom Ia5 der P5 Phase via die Elektrischer-Widerstand-Einheiten R1, R2, R3 und R5.

[0185] Dann berechnet die Berechnungseinheit 21 einen Stromwert des Stroms Ia4 einer Zwischenphase auf der Grundlage eines Stromwerts des Stroms Ia1, des Stroms Ia2, des Stroms Ia3 und des Stroms Ia5.

[0186] **Fig. 19** ist eine Darstellung, die eine Änderung der Größenreihenfolge der P1 Phase zur P5 Phase in einem Elektrischer-Winkel-Bereich von 0 [degE] bis 360 [degE] in der Fünfphasen-Modulation darstellt. Die horizontale Achse und die vertikale Achse in **Fig. 19** sind ähnlich zu der horizontalen Achse und der vertikalen Achse in der Wellenformdarstellung F100 in **Fig. 18**. In **Fig. 19** ist die Größenreihenfolge von Nr. 1 bis Nr. 5 für die P1 bis P5 Phasen dargestellt. Wie in **Fig. 19** dargestellt, ändert sich die Größenreihenfolge der P1 bis P5 Phasen für jeden vorbestimmten elektrischen Winkel [degE].

[0187] Wie oben unter Bezugnahme auf **Fig. 18** und **Fig. 19** beschrieben, als ein Beispiel, in einem Fall, in dem eine Erregung der Fünfphasen-Modulation ausgeführt wird, ist/wird der Strom von vier Phasen, welche von einer Zwischenphase verschieden sind, detektiert und der Strom einer Zwischenphase ist/wird berechnet, so dass es möglich ist, die Variation eines Detektionswertes der Ströme Ia1 bis Ia5 von fünf Phasen zu reduzieren.

(Dritte Ausführungsform)

[0188] Ein Motormodul 200B gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung wird unter Bezugnahme auf **Fig. 20** und **Fig. 21** beschrieben. Die dritte Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform, in der die Stromsensoreinheit 3 eines Elektrischer-Widerstand-Typ bereitgestellt ist, hauptsächlich dadurch, dass eine Stromsensoreinheit 3B eines Klemme-Typs bereitgestellt ist. Nachfolgend wird ein Unter-

schiedspunkt zwischen der dritten Ausführungsform und der ersten Ausführungsform hauptsächlich beschrieben.

[0189] Fig. 20 ist eine Darstellung, welche das Motormodul 200B gemäß der dritten Ausführungsform darstellt. Wie in Fig. 20 dargestellt, weist das Motormodul 200B eine Steuerungsvorrichtung 100B auf. Die Steuerungsvorrichtung 100B weist die Stromsensoreinheit 3B zum Detektieren der Ströme I_u , I_v und I_w von drei Phasen auf. Der Stromsensor 3B ist zum Beispiel ein Klemme-Typ. Die Stromsensoreinheit 3B ist zwischen dem Dreiphasen-Wechselrichter 1 und dem Drehphasen-Motor M3 angeordnet.

[0190] Fig. 21 ist eine Darstellung, welche die Stromsensoreinheit 3B gemäß der dritten Ausführungsform darstellt. Wie in Fig. 21 dargestellt, weist die Stromsensoreinheit 3B einen Magnetkern CPU zum Detektieren des Stroms I_u einer U-Phase, einen Magnetkern CPv zum Detektieren des Stroms I_v einer V-Phase, einen Magnetkern CPw zum Detektieren des Stroms einer W-Phase, einen Stromsensor MG_u, einen Stromsensor MG_v und einen Stromsensor MG_w auf. Zum Beispiel umgeben die Magnetkerne CPU, CPv und CPw Leitungen L_u , L_v und L_w in zugeordneter Weise.

[0191] Der Magnetkern CPU ist an der Leitung L_u angeordnet. Die Leitung L_u ist ein elektrischer Draht, der den Verbindungspunkt N in der Schalteinheit U_u und die Spule CL_u einer U-Phase verbindet. Der Magnetkern CPU detektiert einen magnetischen Fluss, der mit einem Stromwert des durch die Leitung L_u fließenden Stroms I_u korrespondiert. Zum Beispiel ist ein magnetischer Fluss proportional zu einem Stromwert. Der Magnetkern CPU ist mit dem Stromsensor MG_u verbunden. Der Stromsensor MG_u wandelt einen mittels des Magnetkerns CPU detektierten magnetischen Fluss in das Spannungssignal SG_u um und gibt das Spannungssignal SG_u an die Stromdetektionseinheit 26 aus. Das Spannungssignal SG_u stellt einen Stromwert des Stroms I_u dar, der durch die Leitung L_u fließt. Der Stromsensor MG_u ist mit der Verstärkungseinheit 33u in Fig. 8 mittels der Signalleitung LN_u verbunden. Daher ist/wird, ähnlich zu der ersten Ausführungsform, das Spannungssignal SG_u in die Verstärkungseinheit 33u eingegeben. Der Stromsensor MG_u weist zum Beispiel einen Magnetsensor, zum Beispiel ein Hall-Element, auf. Um die Magnetischer-Fluss-Detektion-Genauigkeit zu gewährleisten, ist der Stromsensor MG_u zum Beispiel in der Nähe des Magnetkerns CPU oder im Magnetkern CPU angeordnet.

[0192] Der Magnetkern CPv ist an der Leitung L_v angeordnet. Die Leitung L_v ist ein elektrischer Draht, der den Verbindungspunkt N in der Schalteinheit U_v und die Spule CL_v einer V-Phase verbindet.

Der Magnetkern CPv detektiert einen magnetischen Fluss, der mit einem Stromwert des Stroms I_v korrespondiert, der durch die Leitung L_v fließt. Zum Beispiel ist ein magnetischer Fluss proportional zu einem Stromwert. Der Stromsensor MG_v wandelt einen mittels des Magnetkerns CPv detektierten magnetischen Fluss in das Spannungssignal SG_v um und gibt das Spannungssignal SG_v an die Stromdetektionseinheit 26 aus. Das Spannungssignal SG_v stellt einen Stromwert des Stroms I_v dar, der durch die Leitung L_v fließt. Der Stromsensor MG_v ist mit der Verstärkungseinheit 33v in Fig. 8 mittels der Signalleitung LN_v verbunden. Daher ist/wird, ähnlich zu der ersten Ausführungsform, das Spannungssignal SG_v in die Verstärkungseinheit 33u eingegeben. Der Stromsensor MG_v weist zum Beispiel einen Magnetkern, wie zum Beispiel ein Hall-Element, auf. Um die Magnetischer-Fluss-Detektion-Genauigkeit zu gewährleisten, ist der Stromsensor MG_v zum Beispiel in der Nähe des Magnetkerns CPv oder im Magnetkern CPv angeordnet.

[0193] Der Magnetkern CPw ist an der Leitung L_w angeordnet. Die Leitung L_w ist ein elektrischer Draht, der den Verbindungspunkt N in der Schalteinheit U_w und die Spule CL_w einer W-Phase verbindet. Der Magnetkern CPw detektiert einen magnetischen Fluss, der mit einem Stromwert des Stroms I_w korrespondiert, der durch die Leitung L_w fließt. Zum Beispiel ist ein magnetischer Fluss proportional zu einem Stromwert. Der Stromsensor MG_w wandelt einen mittels des Magnetkerns CPw detektierten magnetischen Fluss in das Spannungssignal SG_w um und gibt das Spannungssignal SG_w an die Stromdetektionseinheit 26 aus. Das Spannungssignal SG_w stellt einen Stromwert des Stroms I_w dar, der durch die Leitung L_w fließt. Der Stromsensor MG_w ist mit der Verstärkungseinheit 33w in Fig. 8 mittels der Signalleitung LN_w verbunden. Daher wird, ähnlich zu der ersten Ausführungsform, das Spannungssignal SG_w in die Verstärkungseinheit 33w eingegeben. Der Stromsensor MG_w weist zum Beispiel einen Magnetsensor, wie zum Beispiel ein Hall-Element, auf. Um die Magnetischer-Fluss-Detektion-Genauigkeit zu gewährleisten, ist der Stromsensor MG_w zum Beispiel in der Nähe des Magnetkerns CPw oder im Magnetkern CPw angeordnet.

[0194] Wie oben unter Bezugnahme auf Fig. 20 und Fig. 21 beschrieben, gemäß der dritten Ausführungsform, sind die Leitungen L_u , L_v und L_w in zugeordneter Weise mit den Verbindungspunkten N in den Schalteinheiten U_u, U_v und U_w verbunden. Dann fließt ein Strom einer Maximalphase und einer Minimalphase von den Strömen I_u , I_v und I_w in die Stromsensoreinheit 3B von den Leitungen L_u , L_v und L_w . Daher kann die Stromdetektionseinheit 26 den Strom einer Maximalphase und einer Minimalphase durch die Stromsensoreinheit 3B detektieren, unab-

hängig davon, ob das zweite Schaltelement SW2 ein- oder ausgeschaltet ist/wird. Das heißt, die Stromdetektionseinheit 26 kann den Strom einer Maximalphase und einer Minimalphase detektieren, ohne von dem zweiten Schaltelement SW2 eingeschränkt zu sein/werden.

(Vierte Ausführungsform)

[0195] Das Motormodul 200B gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung wird unter Bezugnahme auf **Fig. 20**, **Fig. 22** und **Fig. 23** beschrieben. Eine Gesamt-Konfiguration des Motormoduls 200B gemäß der vierten Ausführungsform ist ähnlich zu einer Gesamt-Konfiguration des Motormoduls 200B gemäß der dritten Ausführungsform, die in **Fig. 20** dargestellt ist. Die vierte Ausführungsform unterscheidet sich von der dritten Ausführungsform, bei der die Stromsensoreinheit 3B die Magnetkerne CPu, CPv und CPw aufweist, hauptsächlich dadurch, dass die Stromsensoreinheit 3B der vierten Ausführungsform die Elektrischer-Widerstand-Einheiten Ru, Rv und Rw aufweist. Nachfolgend wird ein Unterschiedspunkt zwischen der vierten Ausführungsform und der dritten Ausführungsform hauptsächlich beschrieben.

[0196] **Fig. 22** ist eine Darstellung, welche die Stromsensoreinheit 3B gemäß der vierten Ausführungsform darstellt. Wie in **Fig. 22** dargestellt, weist die Stromsensoreinheit 3B die Elektrischer-Widerstand-Einheiten Ru, Rv und Rw zum Detektieren der Ströme Iu, Iv und Iw von drei Phasen in zugeordneter Weise auf. Eine Konfiguration der Elektrischer-Widerstand-Einheiten Ru, Rv und Rw ist zum Beispiel ähnlich zu einer Konfiguration der Elektrischer-Widerstand-Einheiten Ru, Rv und Rw in **Fig. 3**. Ferner ist in der vierten Ausführungsform eine später zu beschreibende Stromdetektionseinheit 26A anstelle der in **Fig. 20** und **Fig. 21** dargestellten Stromdetektionseinheit 26 bereitgestellt.

[0197] Die Elektrischer-Widerstand-Einheit Ru ist an der Leitung Lu angeordnet, durch die der Strom Iu einer U-Phase fließt. Die Leitung Lu erstreckt sich vom Verbindungspunkt N in der Schalteinheit Uu bis zur Spule CLu (**Fig. 20**). Das heißt, die Elektrischer-Widerstand-Einheit Ru ist zwischen dem Verbindungspunkt N und der Spule CLu angeschlossen. Die Elektrischer-Widerstand-Einheit Rv ist an der Leitung Lv angeordnet, durch die der Strom Iv einer V-Phase fließt. Die Leitung Lv erstreckt sich vom Verbindungspunkt N der Schalteinheit Uv bis zur Spule CLv (**Fig. 20**). Das heißt, die Elektrischer-Widerstand-Einheit Rv ist zwischen dem Verbindungspunkt N und der Spule CLv angeschlossen. Die Elektrischer-Widerstand-Einheit Rw ist an der Leitung Lw angeordnet, durch die der Strom Iw einer W-Phase fließt. Die Leitung Lw erstreckt sich vom Verbindungspunkt N der Schalteinheit Uw bis zur

Spule CLw (**Fig. 20**). Das heißt, die Elektrischer-Widerstand-Einheit Rw ist zwischen dem Verbindungspunkt N und der Spule CLw angeschlossen.

[0198] Die Signalleitungen Lu1 und Lu2 erstrecken sich von beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Ru zur Stromdetektionseinheit 26A. Daher kann die Stromdetektionseinheit 26A eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Ru detektieren. Die Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Ru hat eine Größe, die mit dem Strom Iu korrespondiert, der durch die Elektrischer-Widerstand-Einheit Ru fließt. Ein Stromwert des Stroms Iu kann berechnet sein/werden, indem eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Ru durch einen Widerstandswert der Elektrischer-Widerstand-Einheit Ru geteilt ist/wird. Signalleitungen Lv1 und Lv2 erstrecken sich von beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rv zur Stromdetektionseinheit 26A. Daher kann die Stromdetektionseinheit 26A eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rv detektieren. Die Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rv hat eine Größe, die mit dem Strom Iv korrespondiert, der durch die Elektrischer-Widerstand-Einheit Rv fließt. Ein Stromwert des Stroms Iv kann berechnet sein/werden, indem eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rv durch einen Widerstandswert der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rv geteilt ist/wird. Signalleitungen Lw1 und Lw2 erstrecken sich von beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rw zur Stromdetektionseinheit 26A. Daher kann die Stromdetektionseinheit 26A eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rw detektieren. Die Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rw hat eine Größe, die mit dem Strom Iw korrespondiert, der durch die Elektrischer-Widerstand-Einheit Rw fließt. Ein Stromwert des Stroms Iw kann berechnet sein/werden, indem eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rw durch einen Widerstandswert der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rw dividiert ist/wird.

[0199] **Fig. 23** ist eine Darstellung, welche die Stromdetektionseinheit 26A gemäß der vierten Ausführungsform darstellt. Wie in **Fig. 23** dargestellt, weist die Stromdetektionseinheit 26A Differenzverstärkungseinheiten 39u, 39v und 39w anstelle der in **Fig. 8** dargestellten Verstärkungseinheiten 33u, 33v und 33w auf. Jede von den Differenzverstärkungseinheiten 39u, 39v und 39w ist beispielsweise eine Differenzverstärkungseinheit, welche einen Operationsverstärker oder dergleichen aufweist.

[0200] Die Signalleitungen Lu1 und Lu2 sind mit der Differenzverstärkungseinheit 39u verbunden. Daher verstärkt die Differenzverstärkungseinheit 39u eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Ru (**Fig. 22**) und gibt das Spannungssignal SGu, das die verstärkte Potentialdifferenz angibt, an die erste Auswahleinheit 41 und die zweite Auswahleinheit 42 aus. Die Verarbeitung des Spannungssignals SGu in und nach der Differenzverstärkungseinheit 39u ist ähnlich zu der Verarbeitung des Spannungssignals SGv in und nach der Verstärkungseinheit 33u, die in **Fig. 8** dargestellt ist. Beachten Sie, zum Beispiel, nachdem das Spannungssignal SGu in ein digitales Signal mittels der Detektionseinheit 312 oder der Detektionseinheit 322 umgewandelt ist/wird/wurde, berechnet die Berechnungseinheit 21 einen Stromwert des Stroms Iu, indem sie eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Ru, welche von einem digitalen Signal angezeigt ist/wird, durch einen Widerstandswert der Elektrischer-Widerstand-Einheit Ru dividiert.

[0201] Die Signalleitungen Lv1 und Lv2 sind mit der Differenzverstärkungseinheit 39v verbunden. Daher verstärkt die Differenzverstärkungseinheit 39v eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rv (**Fig. 22**) und gibt das Spannungssignal SGv, das die verstärkte Potentialdifferenz angibt, an die erste Auswahleinheit 41 und die zweite Auswahleinheit 42 aus. Die Verarbeitung des Spannungssignals SGv in und nach der Differenzverstärkungseinheit 39v ist ähnlich zu der Verarbeitung des Spannungssignals SGv in und nach der Verstärkungseinheit 33v, die in **Fig. 8** dargestellt ist. Beachten Sie, nachdem das Spannungssignal SGv in ein digitales Signal mittels der Detektionseinheit 312 oder der Detektionseinheit 322 umgewandelt ist/wird/wurde, berechnet die Berechnungseinheit 21 einen Stromwert des Stroms Iv, indem sie eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rv, welche von einem digitalen Signal angegeben ist/wird, durch einen Widerstandswert der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rv dividiert.

[0202] Die Signalleitungen Lw1 und Lw2 sind mit der Differenzverstärkungseinheit 39w verbunden. Daher verstärkt die Differenzverstärkungseinheit 39w eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rw (**Fig. 22**) und gibt das Spannungssignal SGw, das die verstärkte Potentialdifferenz angibt, an die erste Auswahleinheit 41 und die zweite Auswahleinheit 42 aus. Die Verarbeitung des Spannungssignals SGw in und nach der Differenzverstärkungseinheit 39w ist ähnlich zu der Verarbeitung des Spannungssignals SGw in und nach der Verstärkungseinheit 33w, die in **Fig. 8** dargestellt ist. Beachten Sie, nachdem das Spannungssignal SGw in ein digitales Signal mittels der Detektionsein-

heit 312 oder der Detektionseinheit 322 umgewandelt ist/wird/wurde, berechnet die Berechnungseinheit 21 einen Stromwert des Stroms Iw, indem sie eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rw, welche von einem digitalen Signal angegeben ist/wird, durch einen Widerstandswert der Elektrischer-Widerstand-Einheit Rw dividiert.

[0203] Wie oben unter Bezugnahme auf **Fig. 22** beschrieben, gemäß der vierten Ausführungsform, sind die Leitungen Lu, Lv und Lw in zugeordneter Weise mit den Verbindungspunkten N in den Schalteinheiten Uu, Uv und Uw verbunden. Dann fließt ein Strom einer Maximalphase und einer Minimalphase von den Strömen Iu, Iv und Iw in die Stromsensoreinheit 3B von den Leitungen Lu, Lv und Lw. Daher kann die Stromdetektionseinheit 26A den Strom einer Maximalphase und einer Minimalphase durch die Stromsensoreinheit 3B detektieren, unabhängig davon, ob das zweite Schaltelement SW2 ein- oder ausgeschaltet ist/wird. Das heißt, die Stromdetektionseinheit 26A kann den Strom einer Maximalphase und einer Minimalphase detektieren, ohne von dem zweiten Schaltelement SW2 eingeschränkt zu sein/werden. Ferner, da die Elektrischer-Widerstand-Einheiten Ru, Rv und Rw verwendet werden, kann die Steuerungsvorrichtung 100B relativ kostengünstig realisiert sein/werden.

[0204] Die Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind obenstehend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf die obenstehenden Ausführungsformen beschränkt und kann in verschiedenen Aspekten in einem Bereich implementiert sein/werden, der nicht vom Inhalt der vorliegenden Erfindung abweicht. Ferner können eine Mehrzahl von Bestandteilelementen, welche in den obenstehenden Ausführungsformen offenbart sind, adäquat modifiziert sein/werden. Zum Beispiel kann ein Bestandteilelement aller in einer Ausführungsform dargestellten Bestandteilelemente zu einem Bestandteilelement einer anderen Ausführungsform hinzugefügt sein/werden, oder manche Bestandteilelemente aller in einer Ausführungsform gezeigten Komponenten können aus der Ausführungsform entfernt sein/werden.

[0205] Ferner stellen die Zeichnungen jedes Bestandteilelement hauptsächlich schematisch dar, um das Verständnis der Erfindung zu erleichtern, und die Dicke, Länge, Anzahl, Abstand und dergleichen der dargestellten Bestandteilelemente können für die Einfachheit der Erstellung der Zeichnungen verschieden von den tatsächlichen sein. Ferner ist eine in der obenstehenden Ausführungsform dargestellte Konfiguration jedes Bestandteilelements ein Beispiel und ist nicht besonders beschränkt, und es versteht sich von selbst, dass verschiedene Modifi-

kationen gemacht werden können, ohne wesentlich von dem Effekt der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

[0206] In **Fig. 20** bis **Fig. 22** steuert die Steuerungsvorrichtung 100B den Dreiphasen-Wechselrichter 1. Indes kann die Steuerungsvorrichtung 100B den N-Phasen-Wechselrichter 1A steuern. In diesem Fall, zum Beispiel, in **Fig. 21**, weist die Stromsensoreinheit 3B N Magnetkerne und N Stromsensoren auf. Zum Beispiel, in **Fig. 22**, weist die Stromsensoreinheit 3B N der Elektrischer-Widerstand-Einheiten R auf.

GEWERBLICHE ANWENDBARKEIT

[0207] Die vorliegende Erfindung kann in geeigneter Weise für eine Steuerungsvorrichtung und ein Steuerungsverfahren verwendet werden.

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 2003164197 A [0005]

Patentansprüche

1. Steuerungsvorrichtung, die einen N-Phasen-Wechselrichter steuert, der eine Spannung an jede von N Phasen anlegt, wenn N eine ungerade Zahl von drei oder mehr ist, wobei die Steuerungsvorrichtung aufweist:

eine Stromdetektionseinheit, die einen Strom von jeder von $(N - 1)$ Phasen, die von einer Zwischenphase verschieden sind, von Strömen der N Phasen detektiert, wenn eine Phase, an welche eine $(N + 1)/2$ -t-größte Spannung von Spannungen, welche an die N Phasen angelegt sind, zu einer Stromdetektionszeit angelegt ist, als die Zwischenphase definiert ist; und

eine Berechnungseinheit, die einen Stromwert eines Stroms der Zwischenphase auf der Grundlage eines Detektionsergebnisses der Stromdetektionseinheit berechnet.

2. Steuerungsvorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei das N „3“ ist und die N Phasen drei Phasen sind.

3. Steuerungsvorrichtung gemäß Anspruch 2, wobei

die Stromdetektionseinheit einen ersten Detektor und einen zweiten Detektor aufweist, der erste Detektor einen Strom einer Maximalphase von Strömen der drei Phasen detektiert, wenn eine Phase, an welche die größte Spannung von Spannungen, welche an die drei Phasen angelegt sind, zur Stromdetektionszeit angelegt ist, als die Maximalphase eingestellt ist, und der zweite Detektor einen Strom einer Minimalphase von den Strömen der drei Phasen detektiert, wenn eine Phase, an welche die kleinste Spannung von Spannungen, welche an die drei Phasen angelegt sind, zur Stromdetektionszeit angelegt ist, als die Minimalphase eingestellt ist.

4. Steuerungsvorrichtung gemäß Anspruch 3, wobei

der N-Phasen-Wechselrichter ein Dreiphasen-Wechselrichter ist, der mittels eines PWM-Signals angesteuert ist, der Dreiphasen-Wechselrichter drei Schalteinheiten aufweist, die eine Spannung an die drei Phasen anlegen, und jede von den drei Schalteinheiten aufweist ein erstes Schaltelement auf einer Erste-Spannungs-Seite einer DC-Leistung-Zufuhr-Einheit und ein zweites Schaltelement auf einer Zweite-Spannungs-Seite der DC-Leistung-Zufuhr-Einheit, wobei das zweite Schaltelement in Reihe mit dem ersten Schaltelement geschaltet ist, wobei die Steuerungsvorrichtung ferner drei Elektrischer-Widerstand-Einheiten zum Detektieren des Stroms von jeder der drei Phasen aufweist, wobei

jede von den drei Elektrischer-Widerstand-Einheiten zwischen dem zweiten Schaltelement und der DC-Leistung-Zufuhr-Einheit angeschlossen ist, und die Stromdetektionseinheit den Strom von jeder Phase detektiert, der durch zwei der drei Elektrischer-Widerstand-Einheiten fließt, die mit zwei der zweiten Schaltelemente verbunden sind, die zur Stromdetektionszeit eingeschaltet sind, welche mit einer Trägerwelle zum Erzeugen des PWM-Signals synchronisiert ist.

5. Steuerungsvorrichtung gemäß Anspruch 4, wobei in einem Fall, in dem ermittelt ist, dass eine Periode (T_m in **Fig. 7**), in der das zweite Schaltelement zum Anlegen von Spannung an die Maximalphase eingeschaltet ist, kürzer ist als eine Periode (T_d in **Fig. 7**), die im Voraus zur Detektion von Strom mittels der Stromdetektionseinheit eingestellt ist, die Stromdetektionseinheit einen Strom der Zwischenphase anstelle der Maximalphase detektiert und die Berechnungseinheit einen Stromwert eines Stroms der Maximalphase auf der Grundlage eines Detektionsergebnisses des Stroms der Zwischenphase und des Stroms der Minimalphase berechnet.

6. Steuerungsverfahren, welches mittels einer Steuerungsvorrichtung ausgeführt wird, die einen N-Phasen-Wechselrichter steuert, der eine Spannung an jede von N Phasen anlegt, wenn N eine ungerade Zahl von drei oder mehr ist, wobei das Steuerungsverfahren aufweist:

einen Strom-Detektion-Schritt des Detektierens eines Stroms von jeder von $(N - 1)$ Phasen, die von einer Zwischenphase verschieden sind, von Strömen der N Phasen, wenn eine Phase, an welche eine $(N + 1)/2$ -t-größte Spannung von Spannungen, welche an die N Phasen angelegt sind, zu einer Stromdetektionszeit angelegt ist, als die Zwischenphase definiert ist; und einen Berechnung-Schritt des Berechnens eines Stromwertes eines Stroms der Zwischenphase auf der Grundlage eines Detektionsergebnisses des Strom-Detektion-Schrittes.

Es folgen 23 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

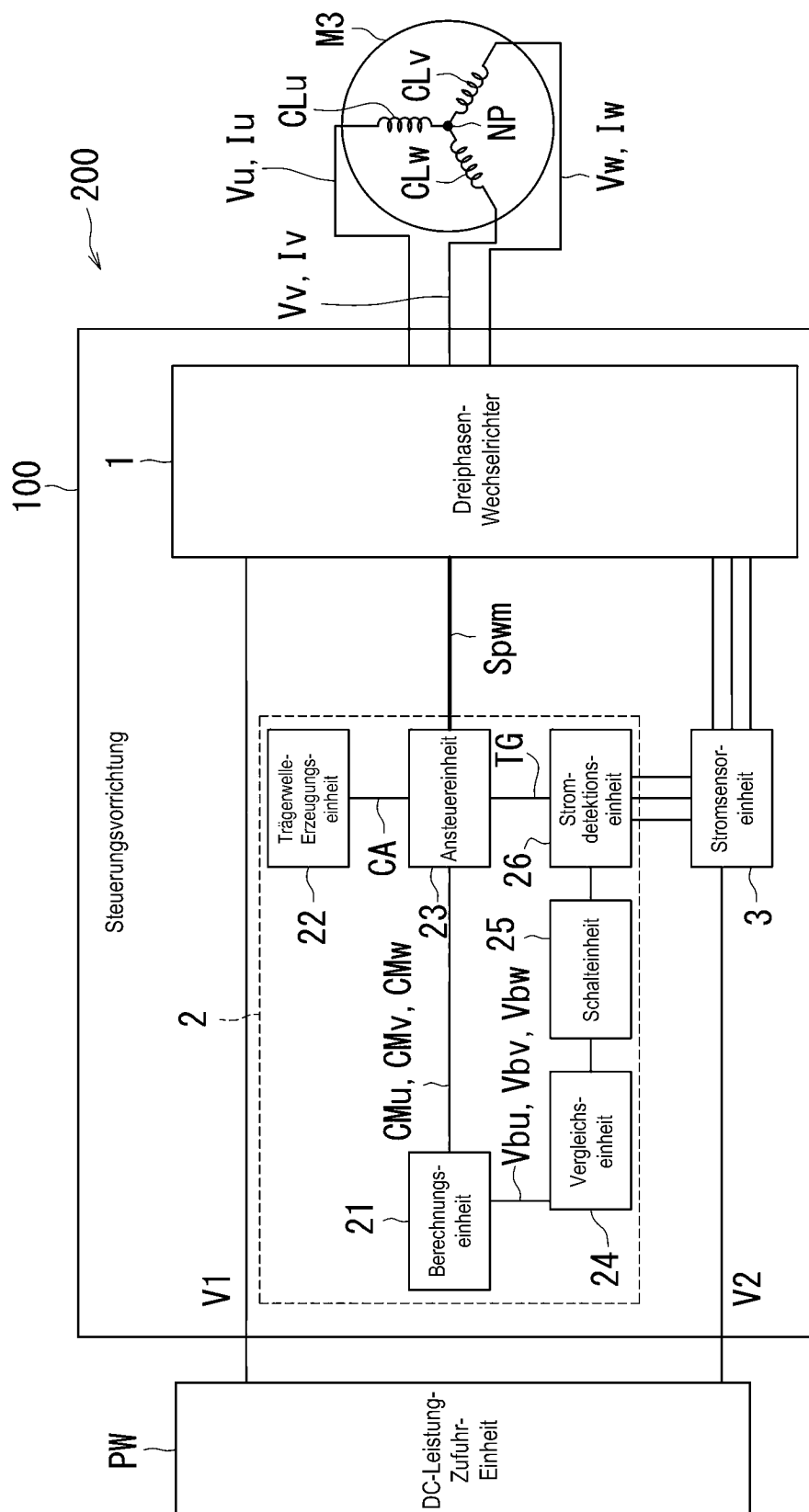


Fig. 2

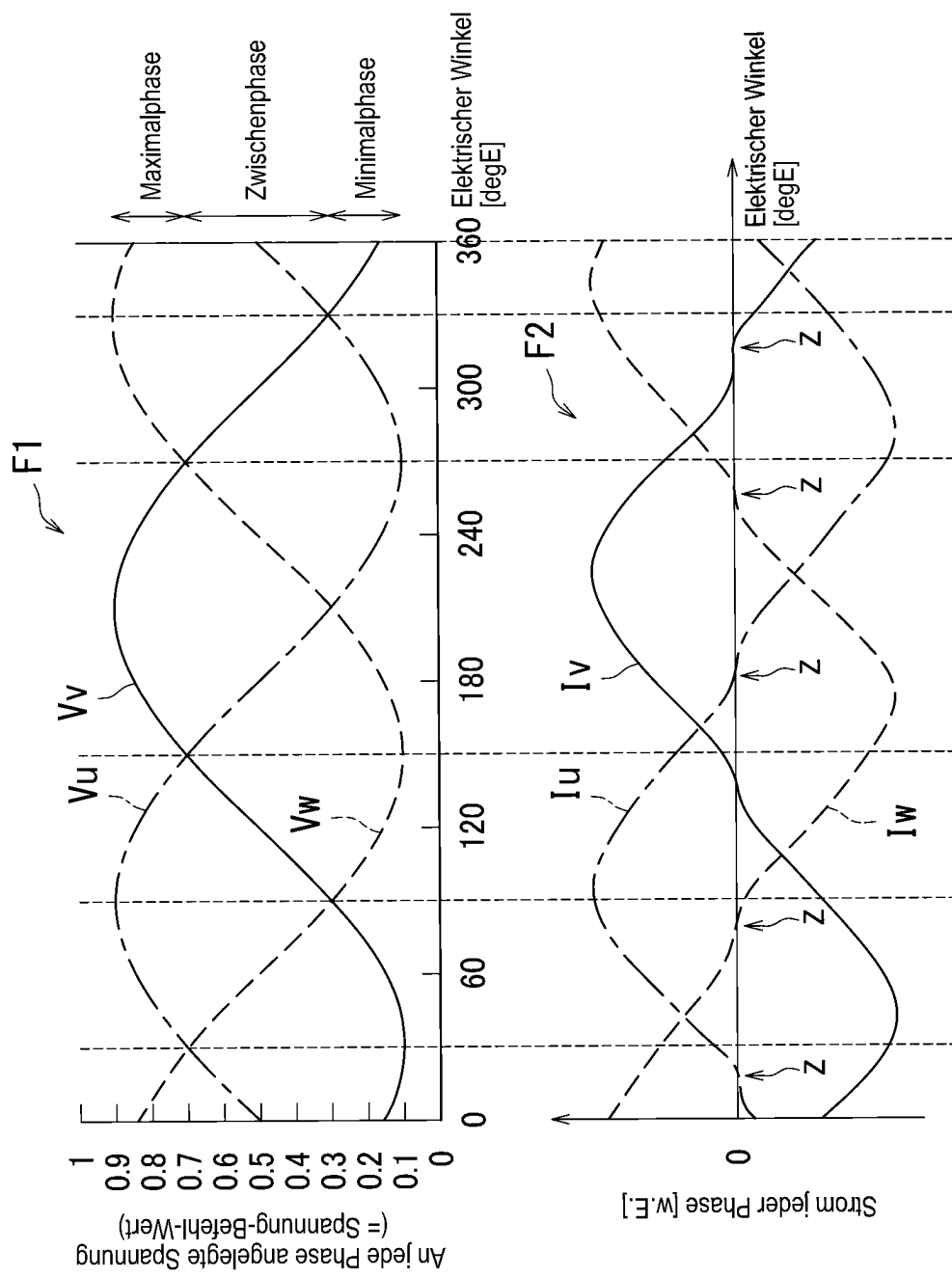


Fig. 3

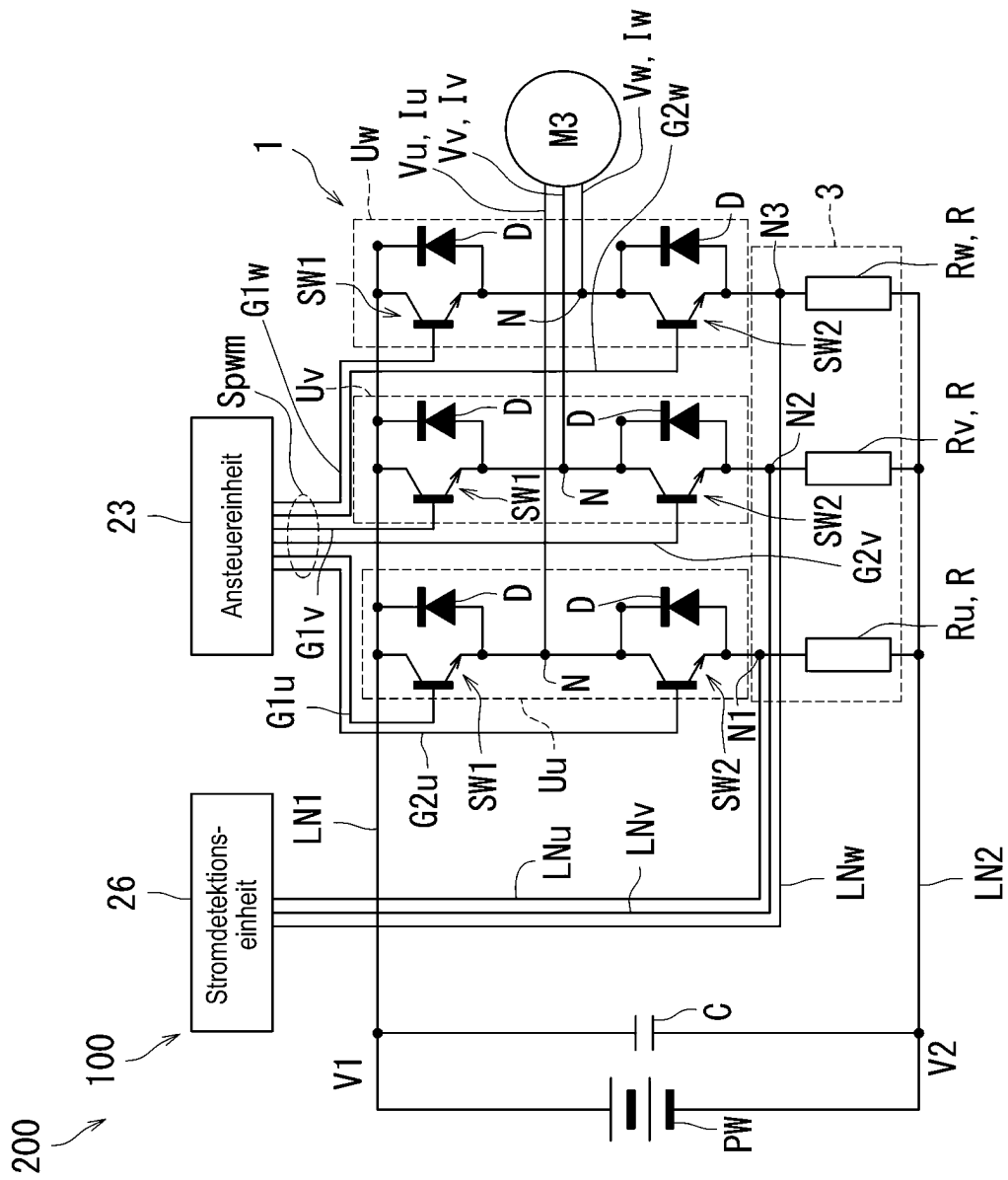


Fig. 4

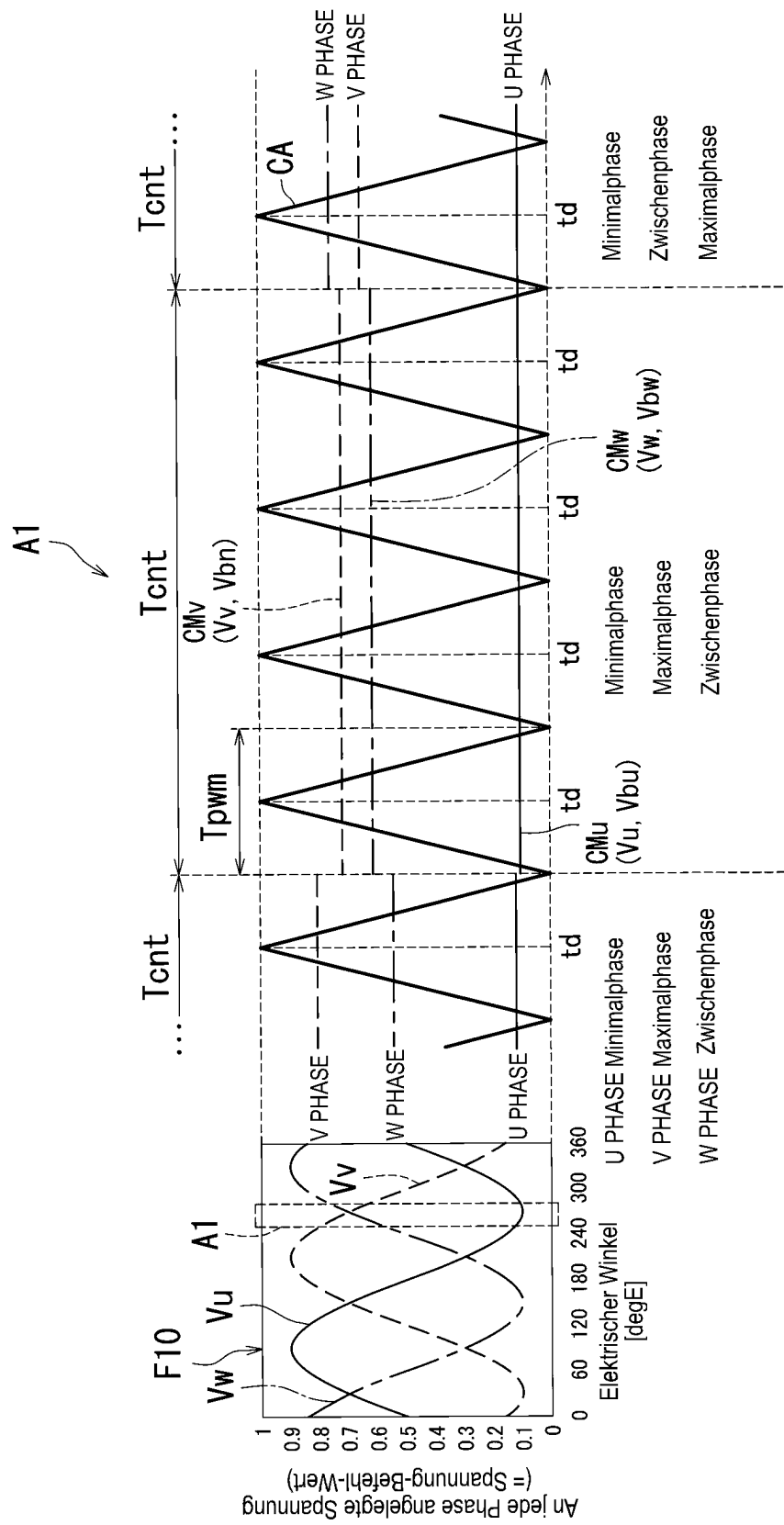


Fig. 5

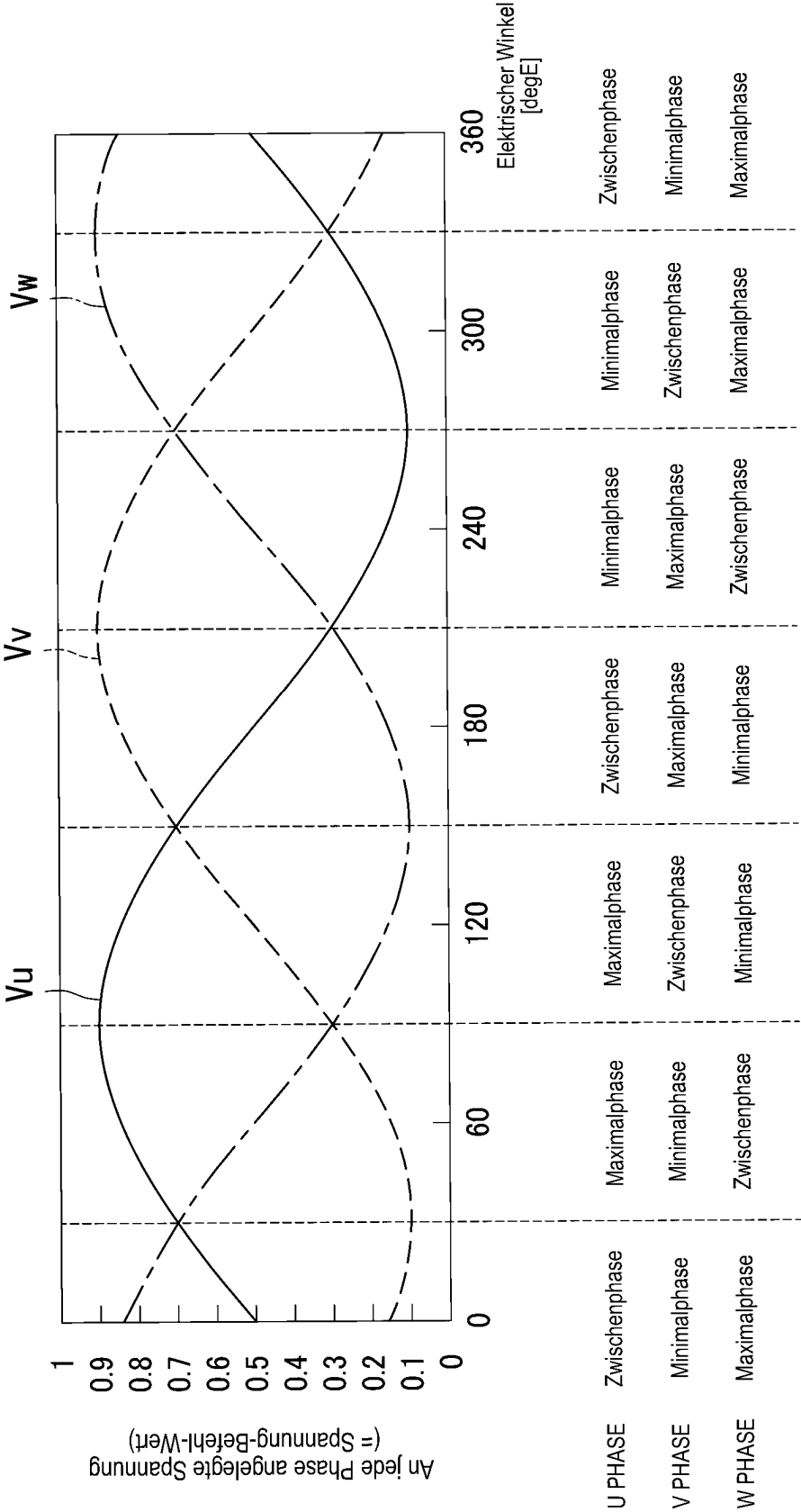


Fig. 6

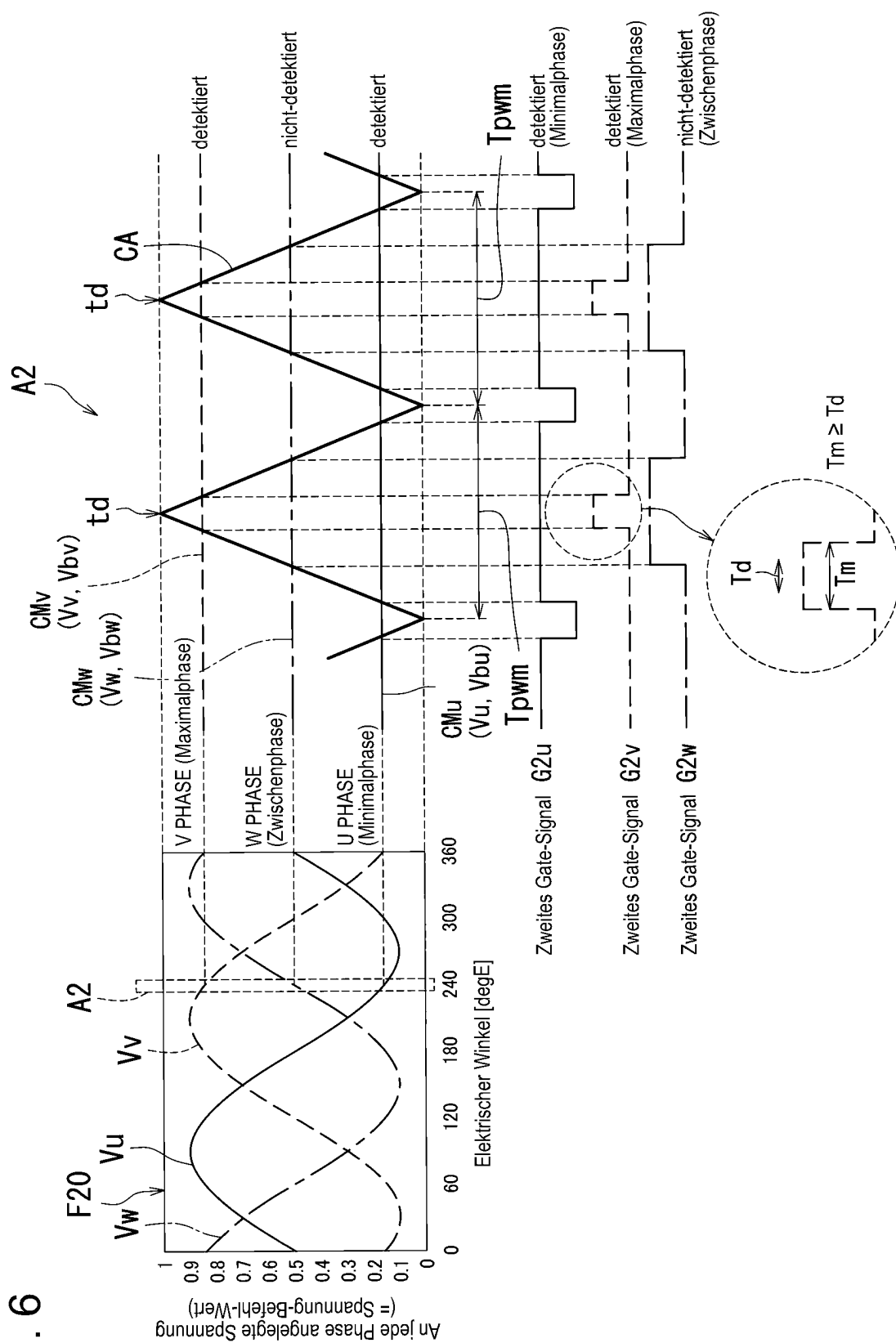


Fig. 7

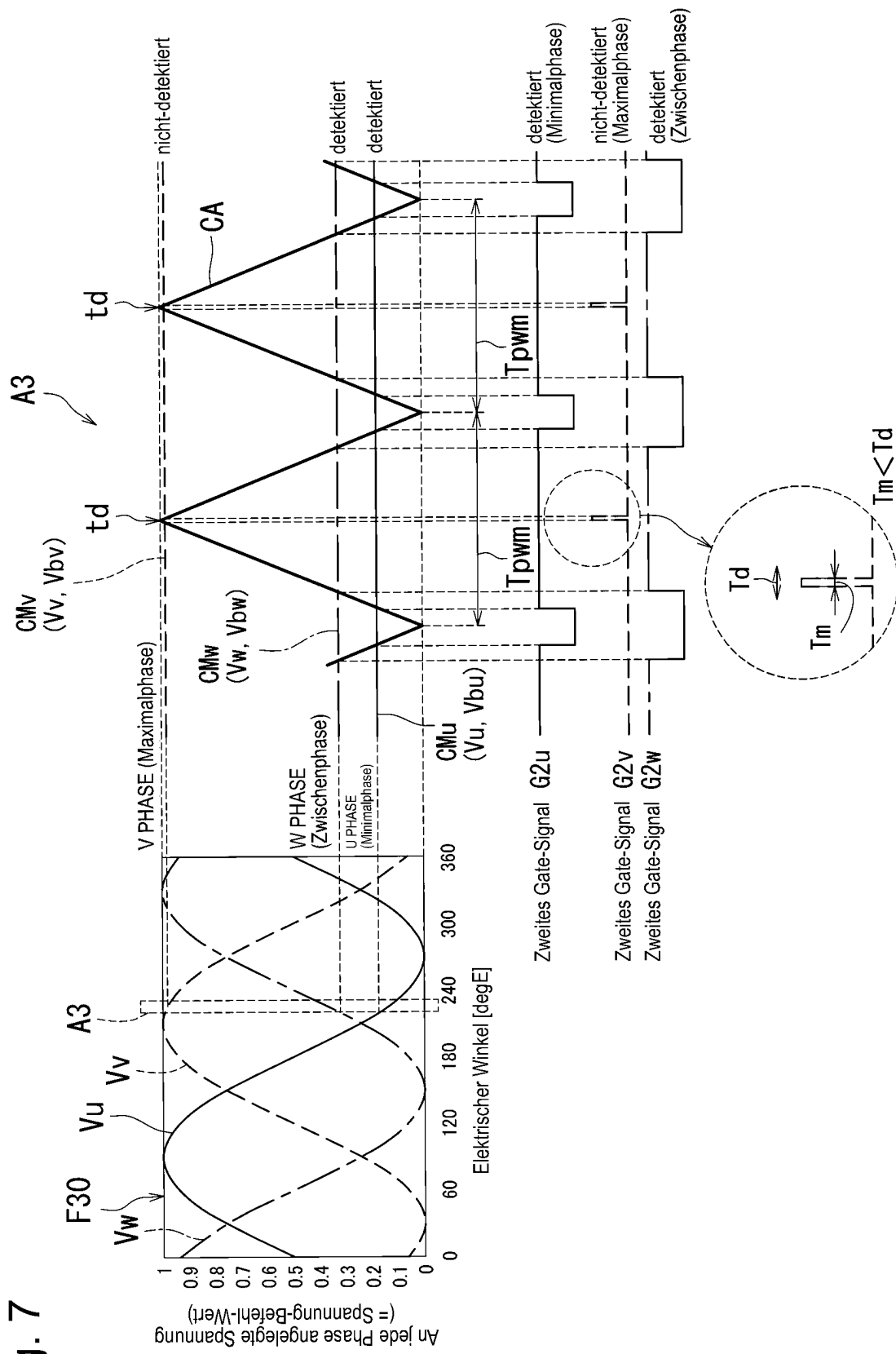


Fig. 8

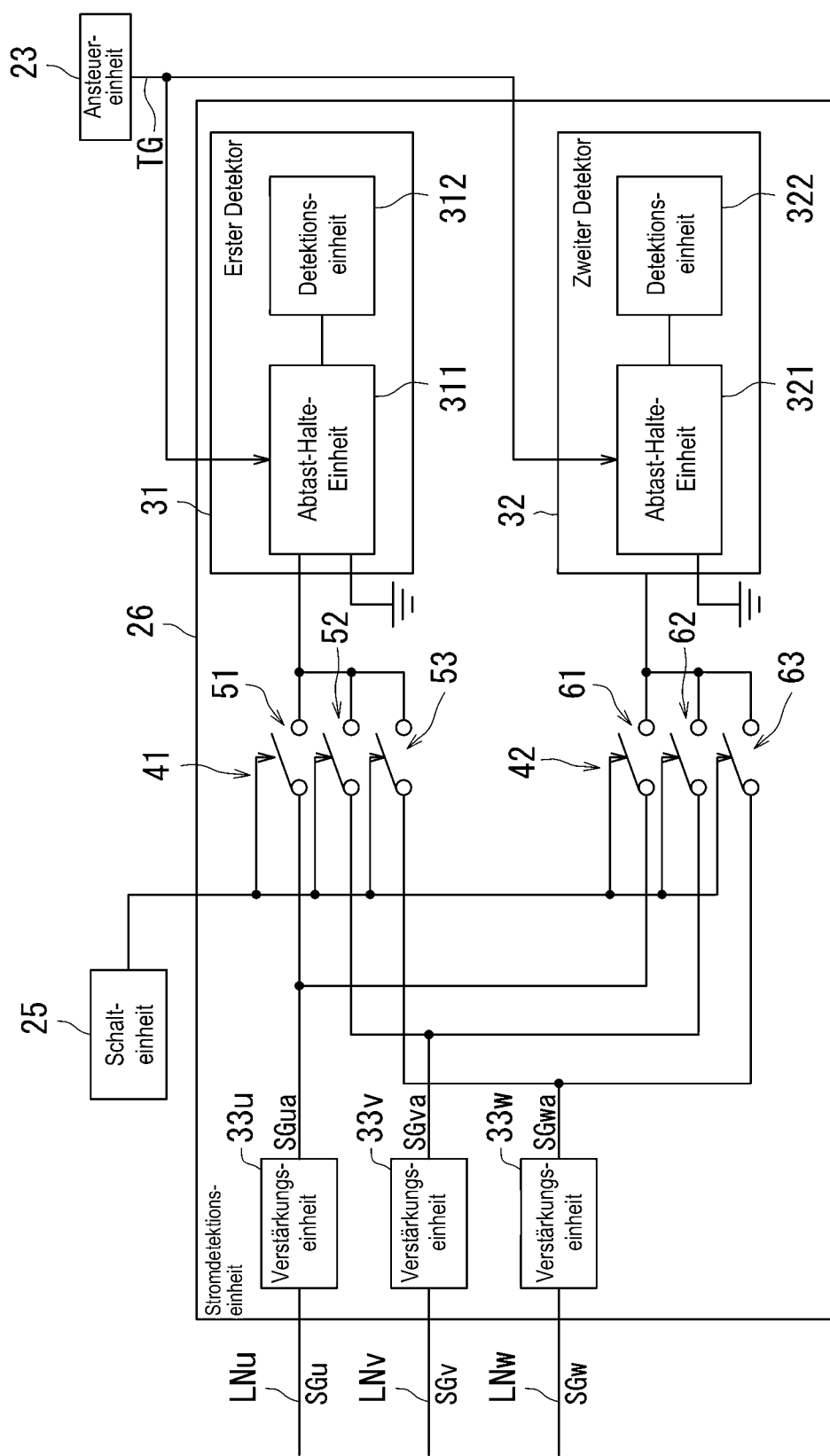


Fig. 9

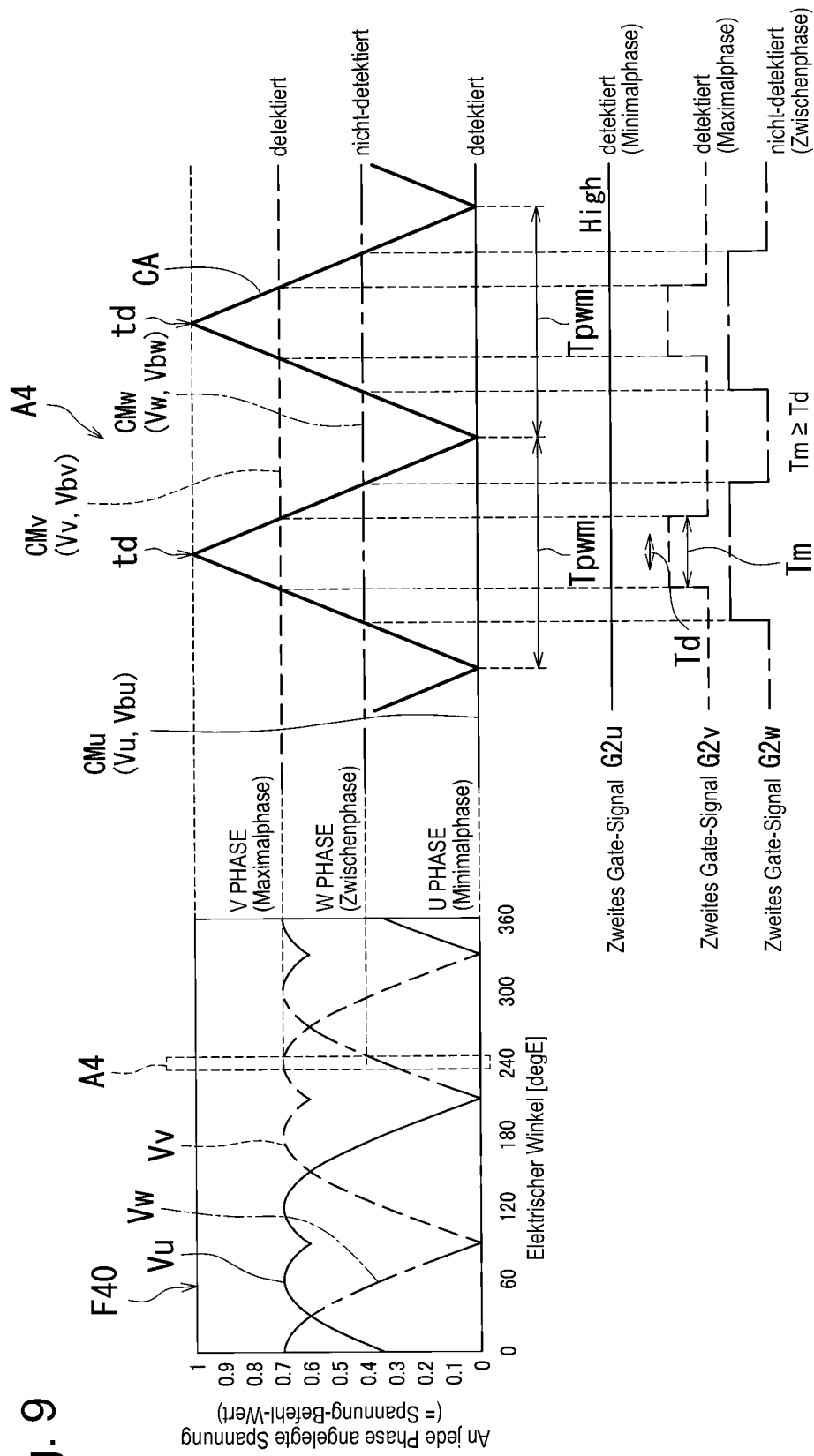


Fig. 10

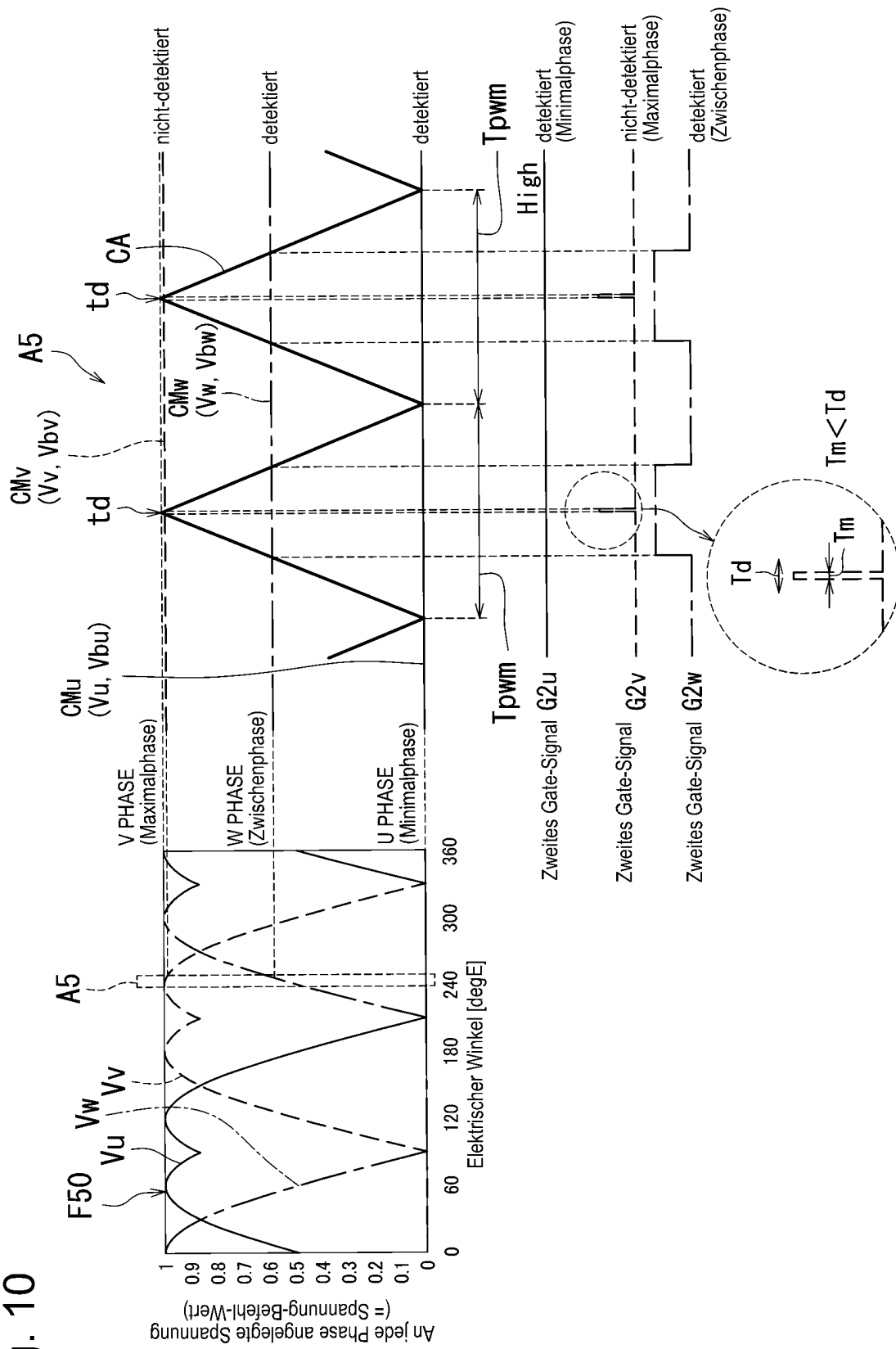


Fig. 11

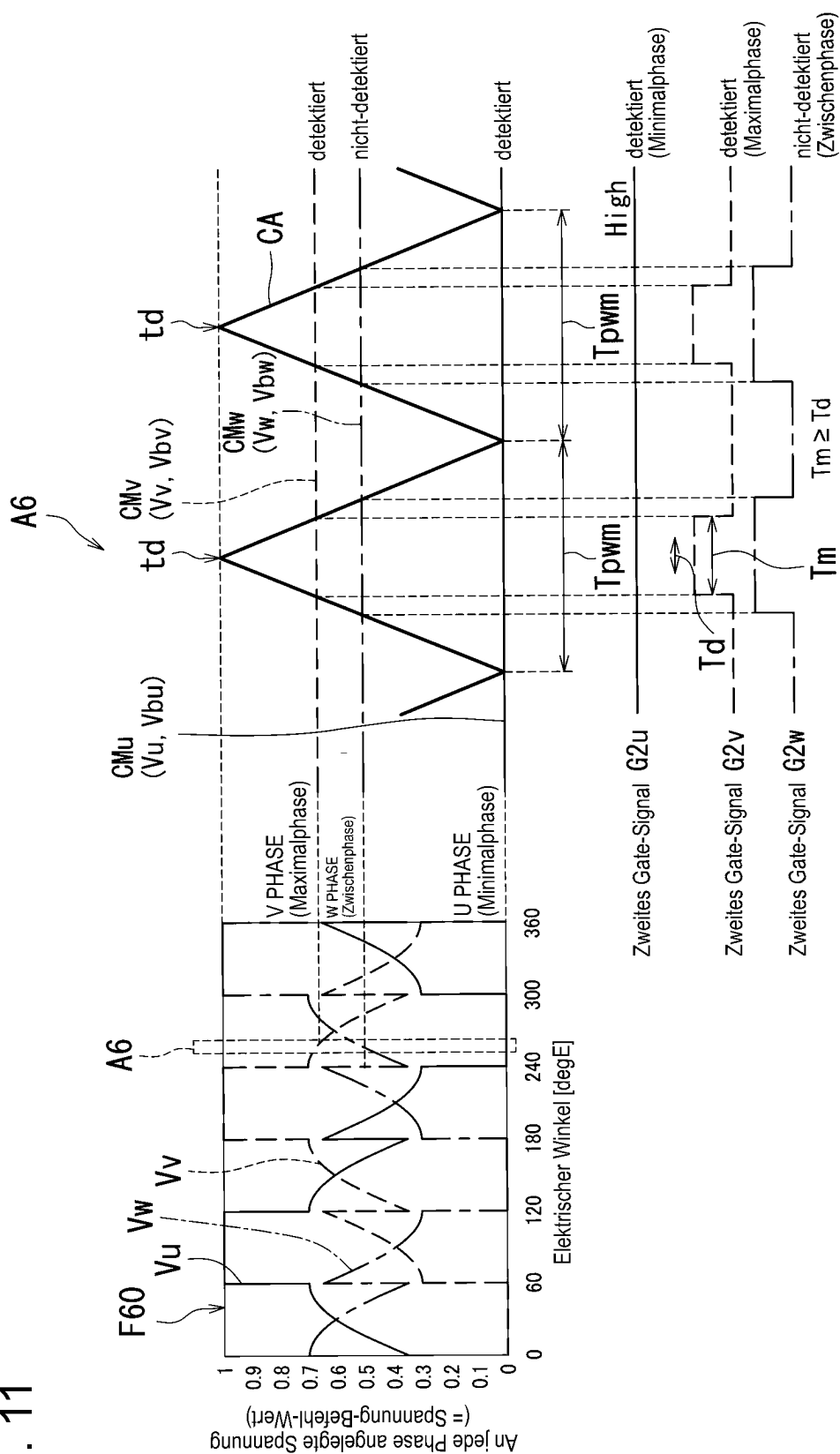


Fig. 12

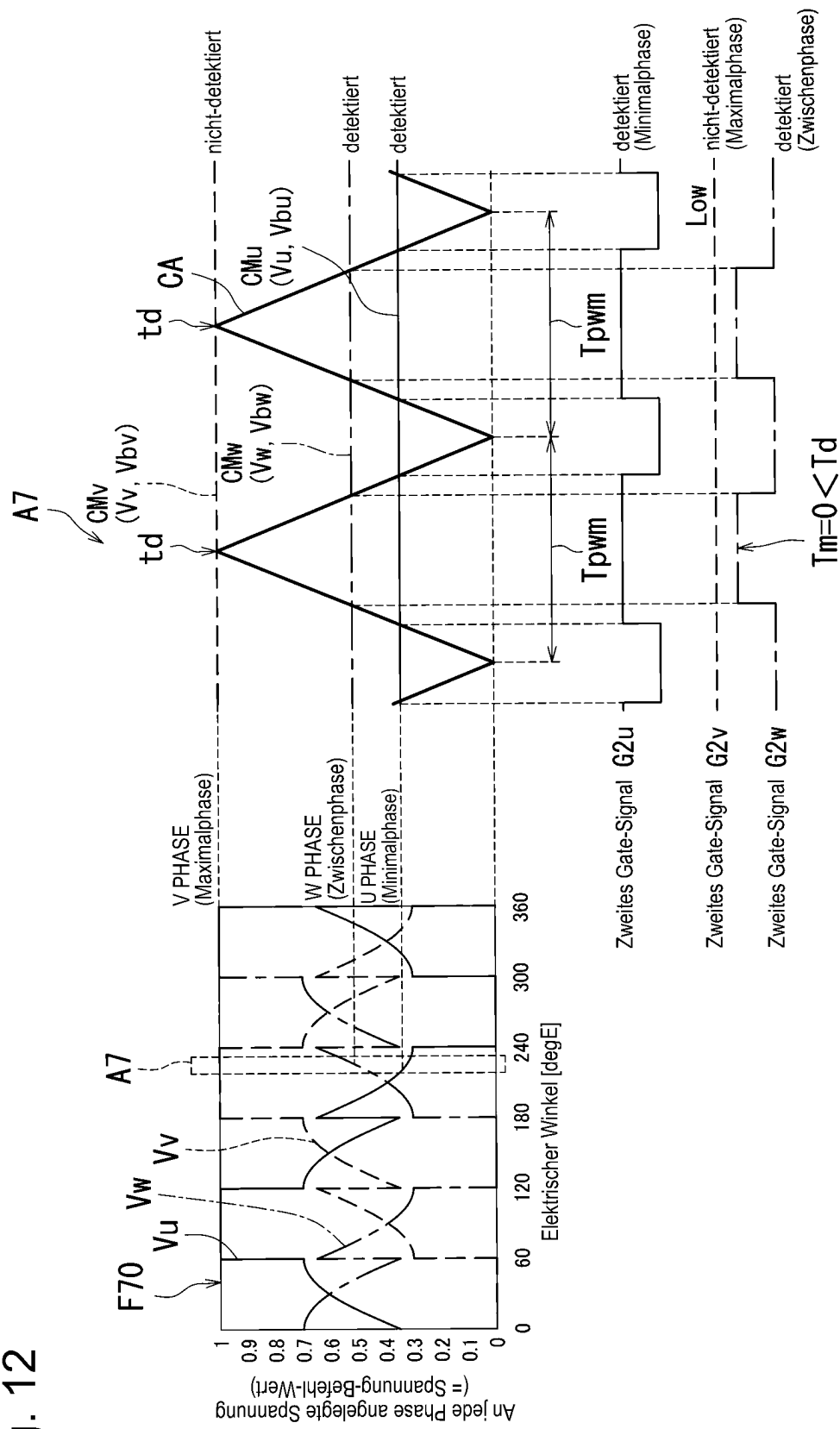


Fig. 13

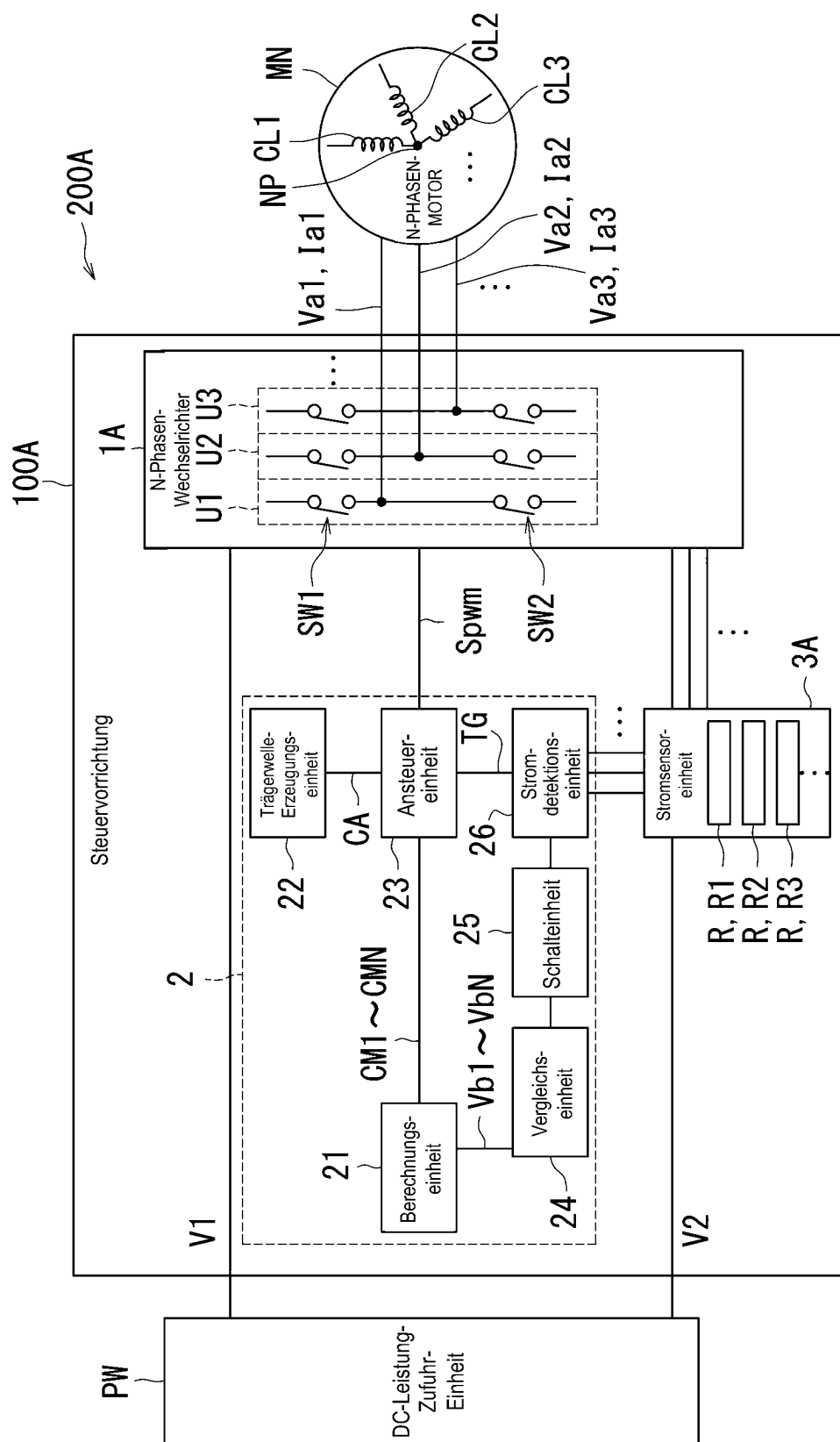


Fig. 14

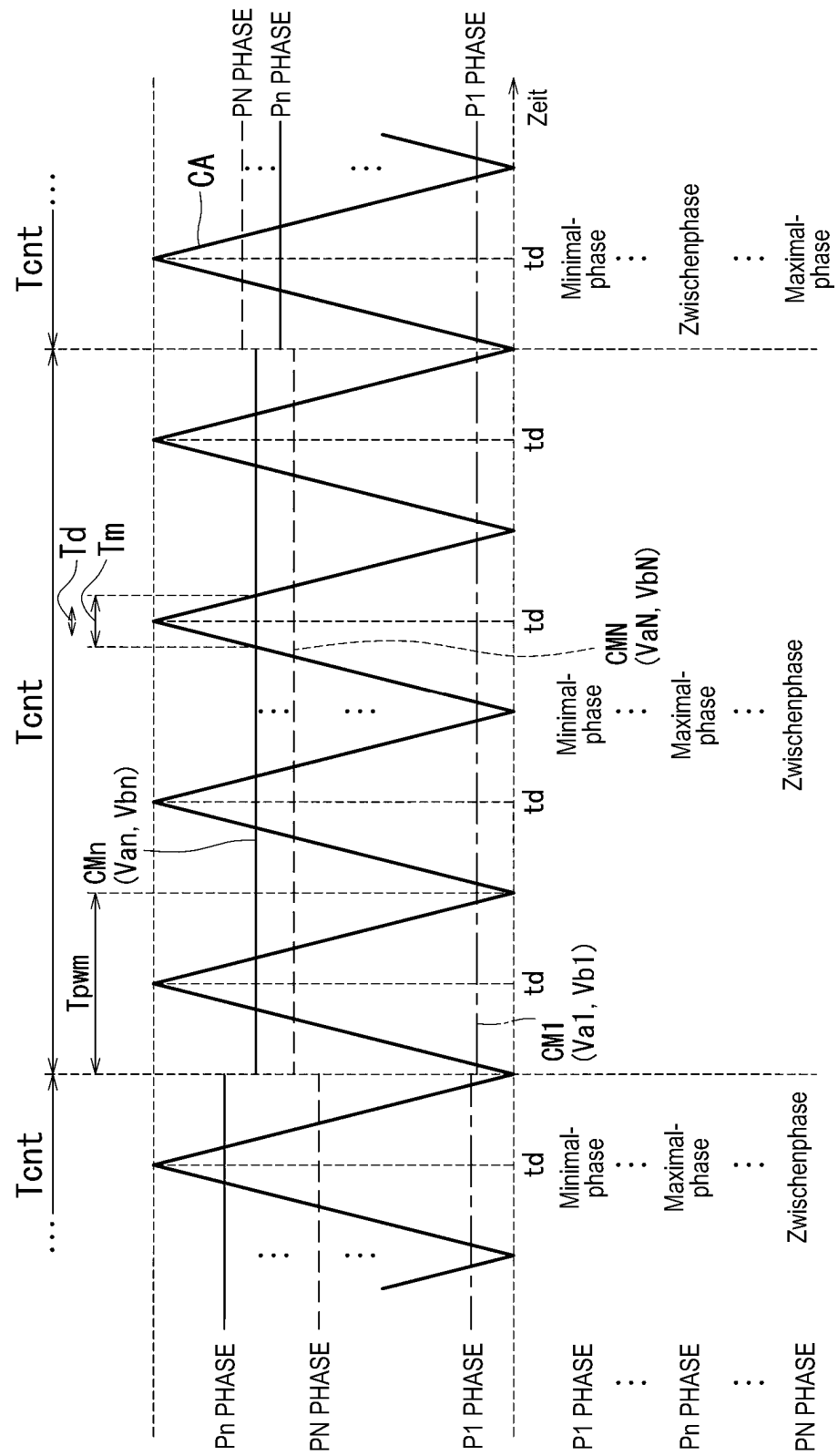


Fig. 15

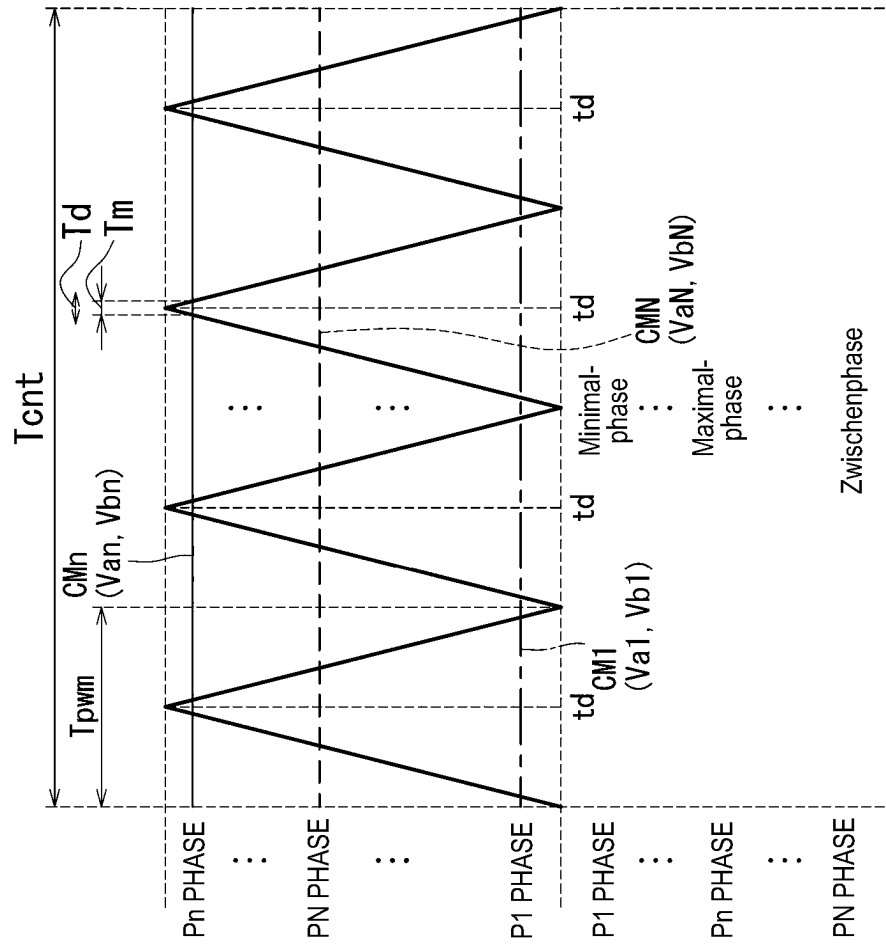


Fig. 16

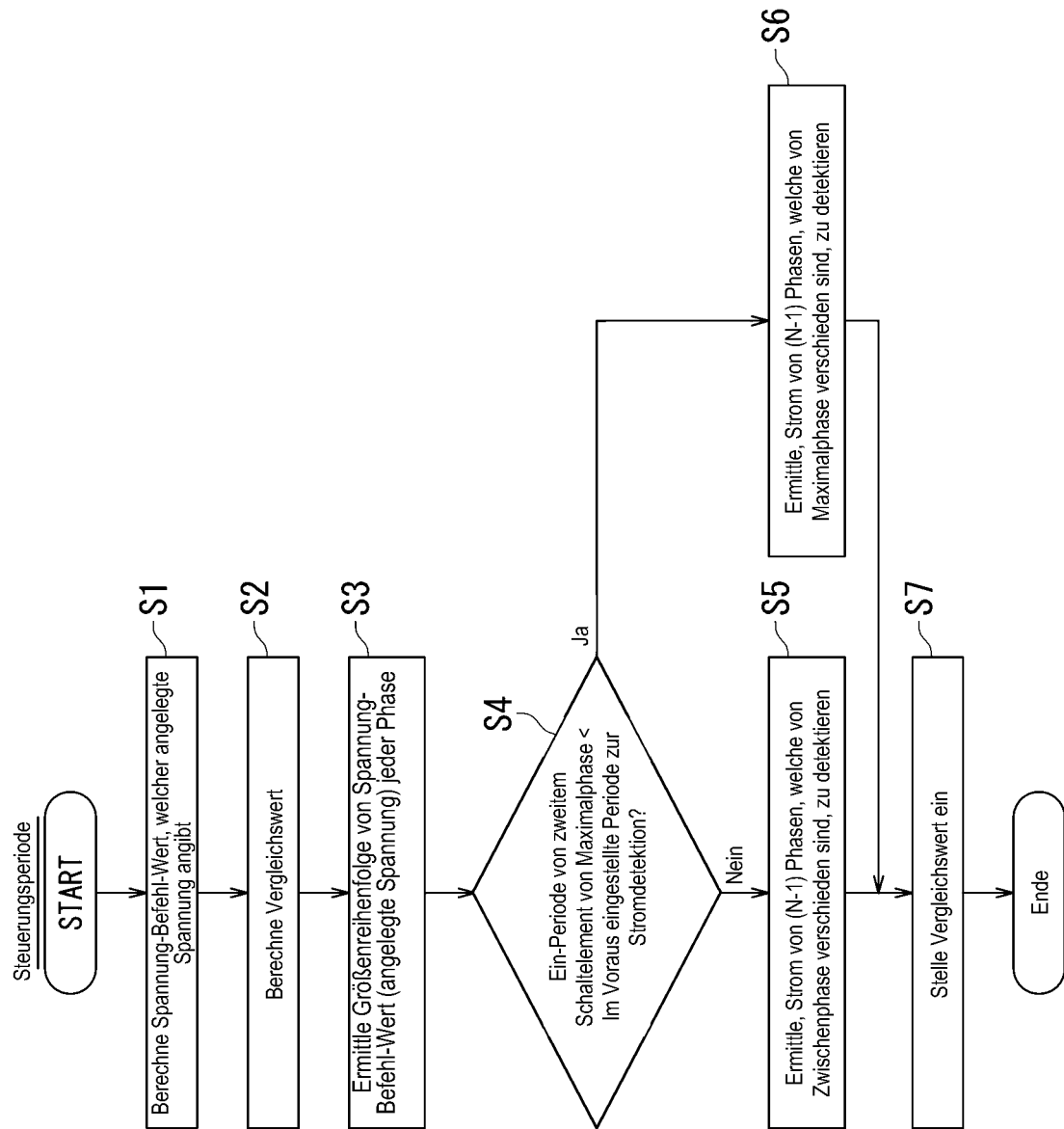


Fig. 17

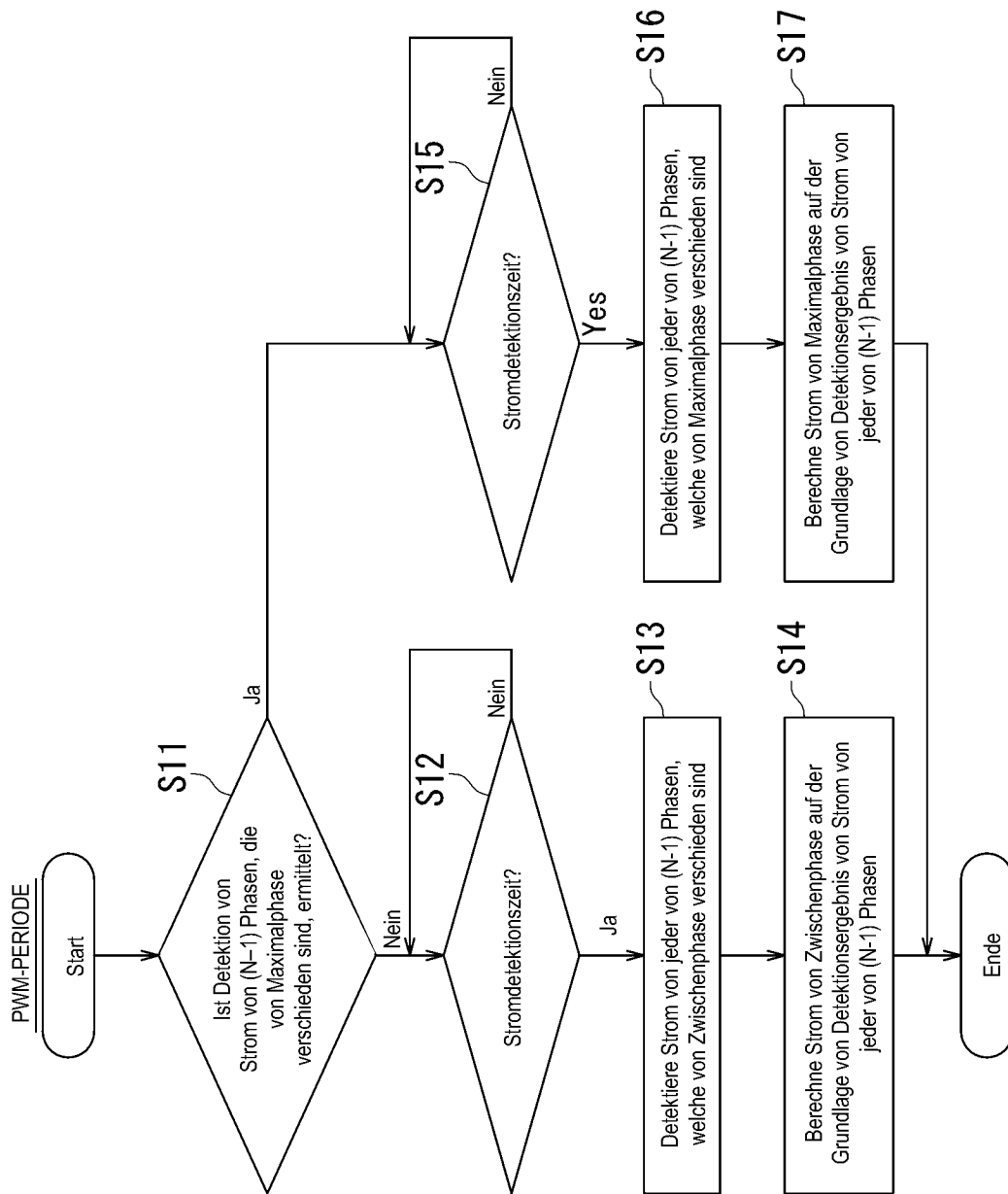


Fig. 18

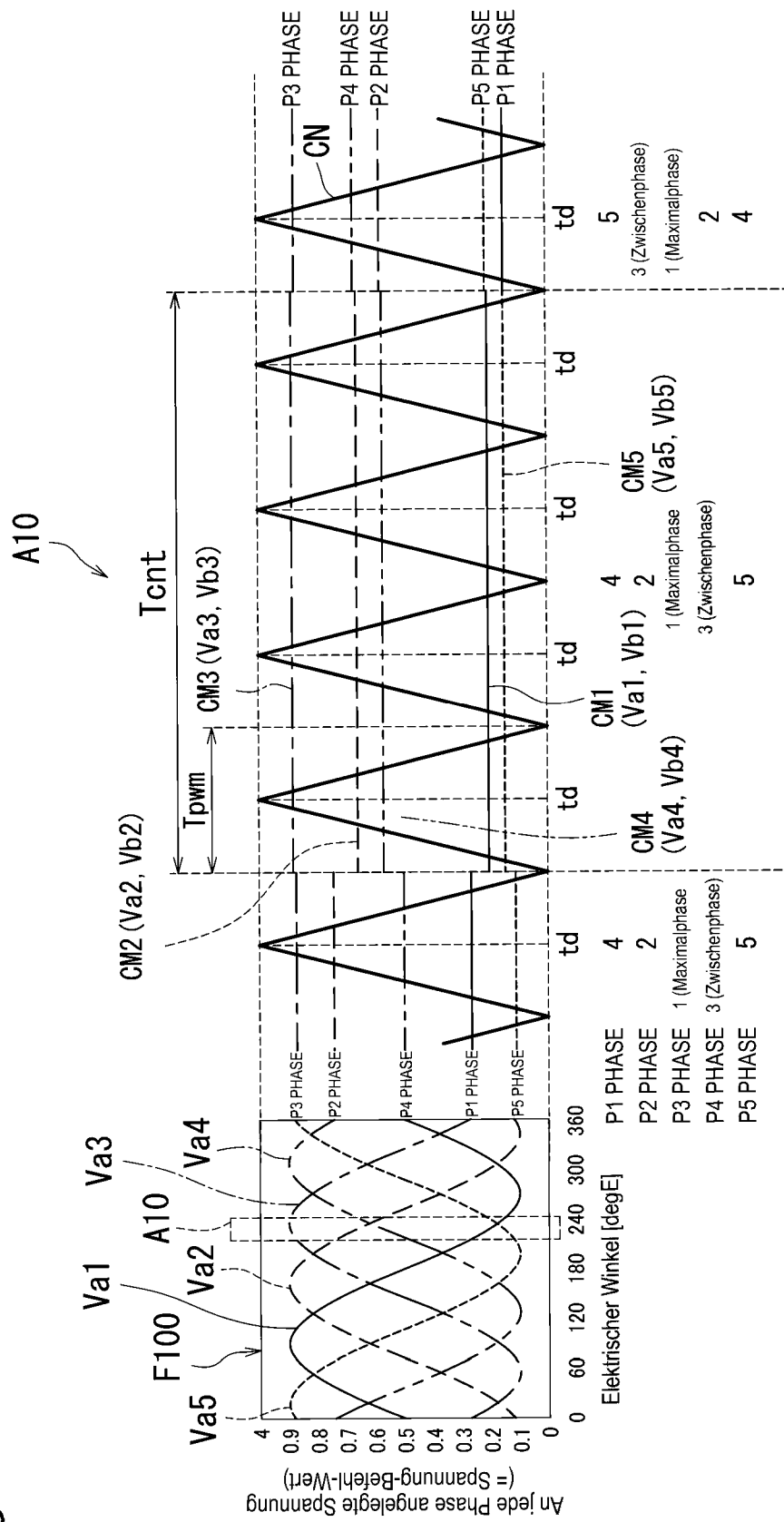


Fig. 19

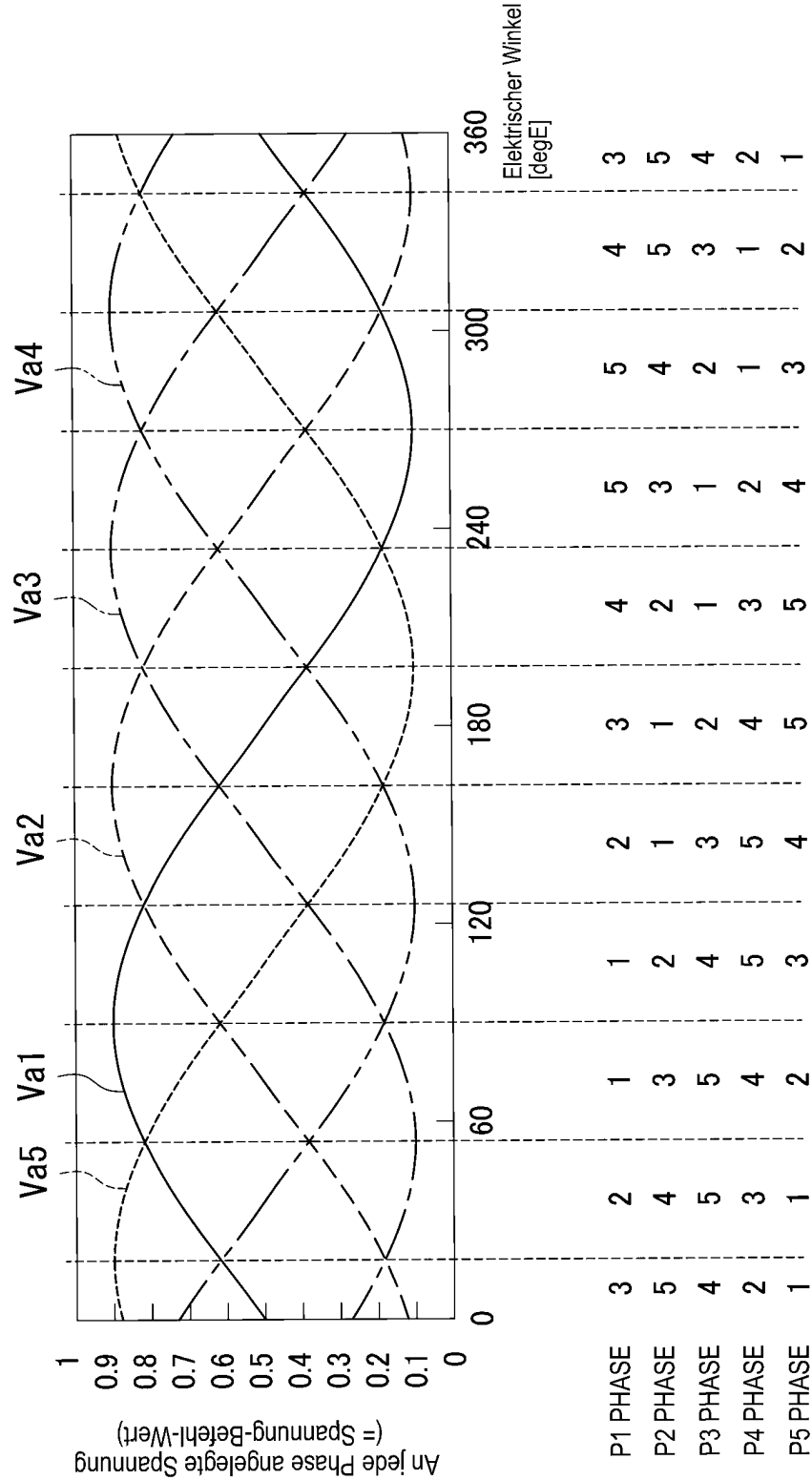
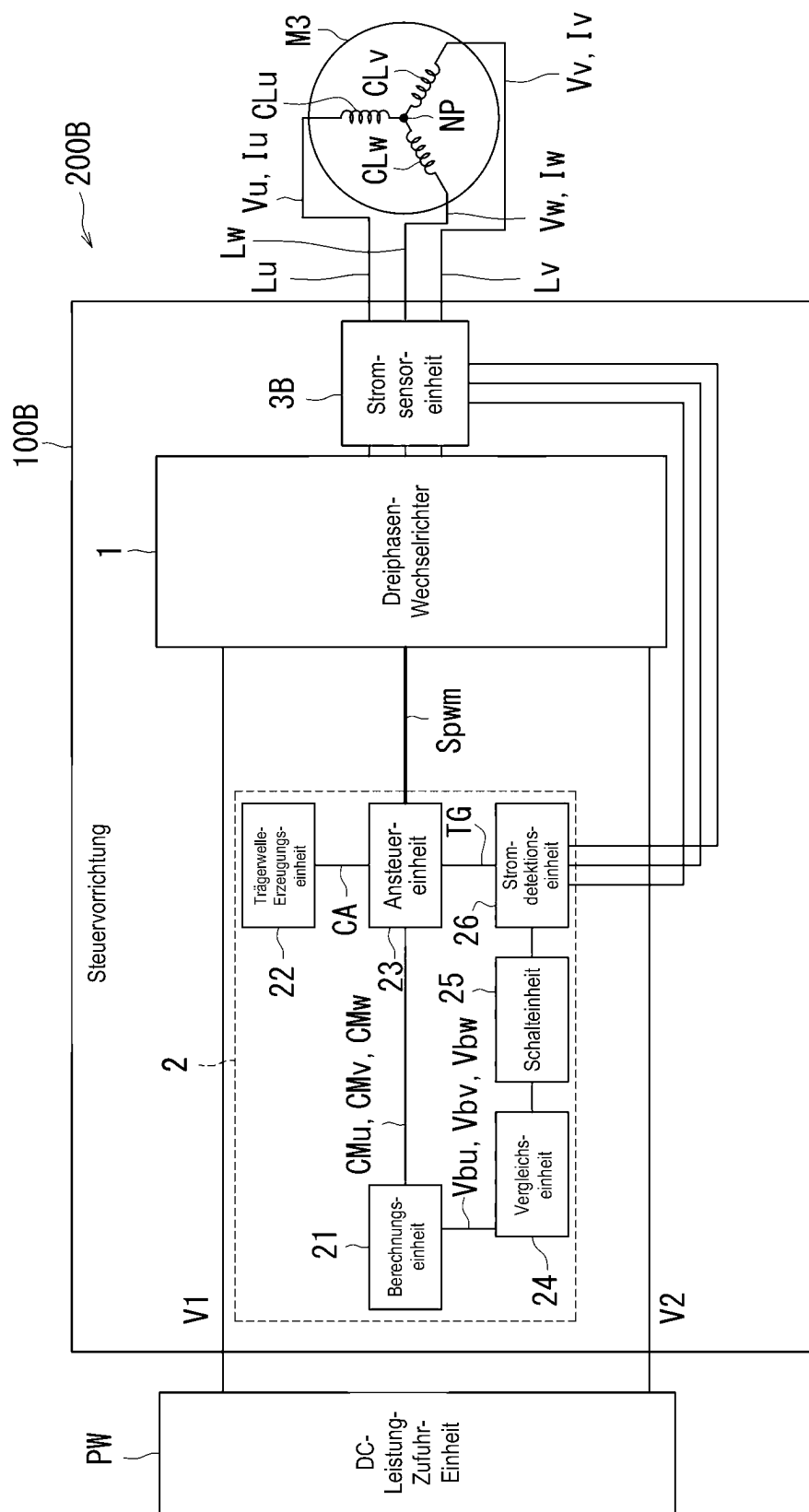


Fig. 20



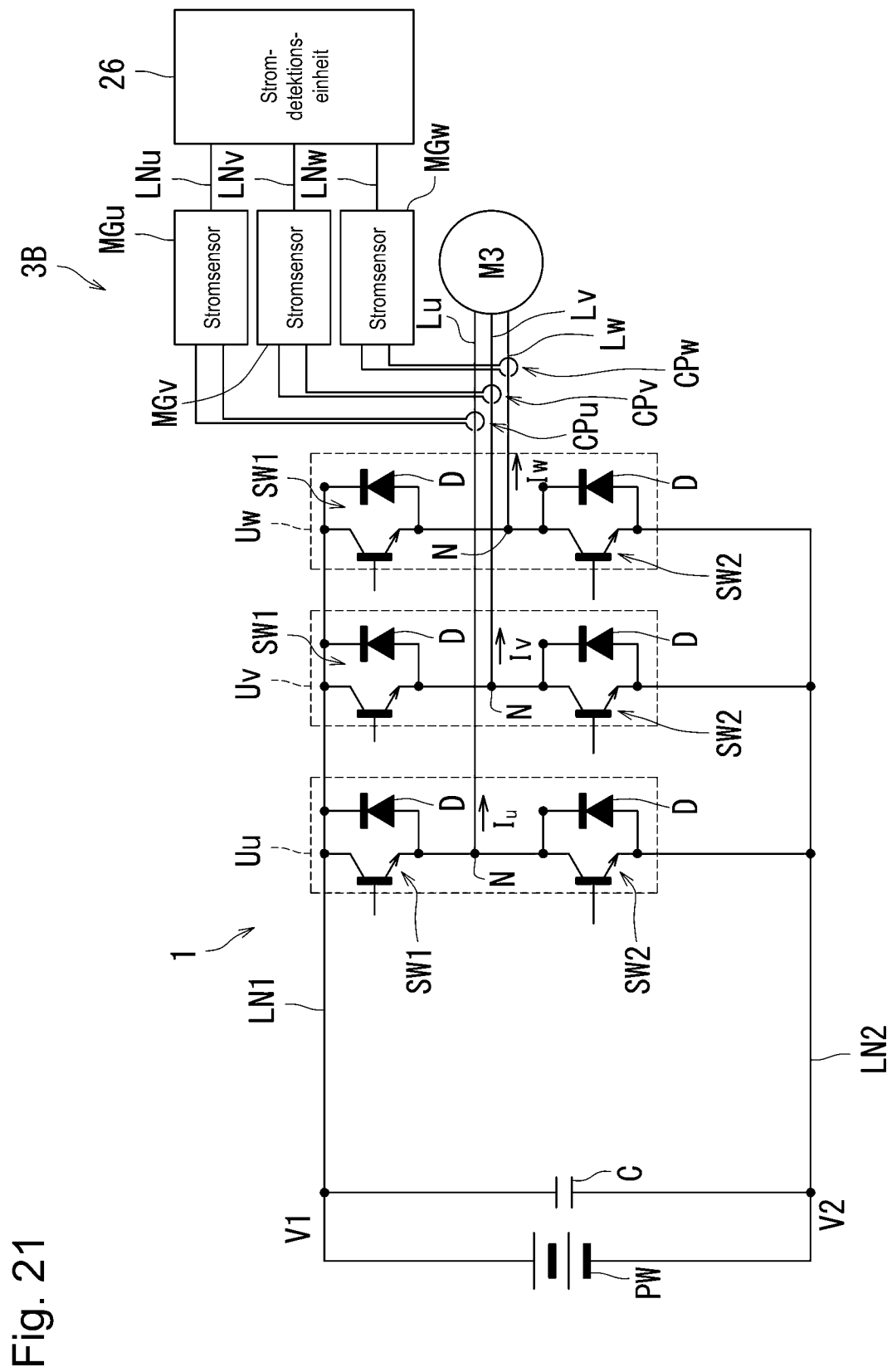


Fig. 22

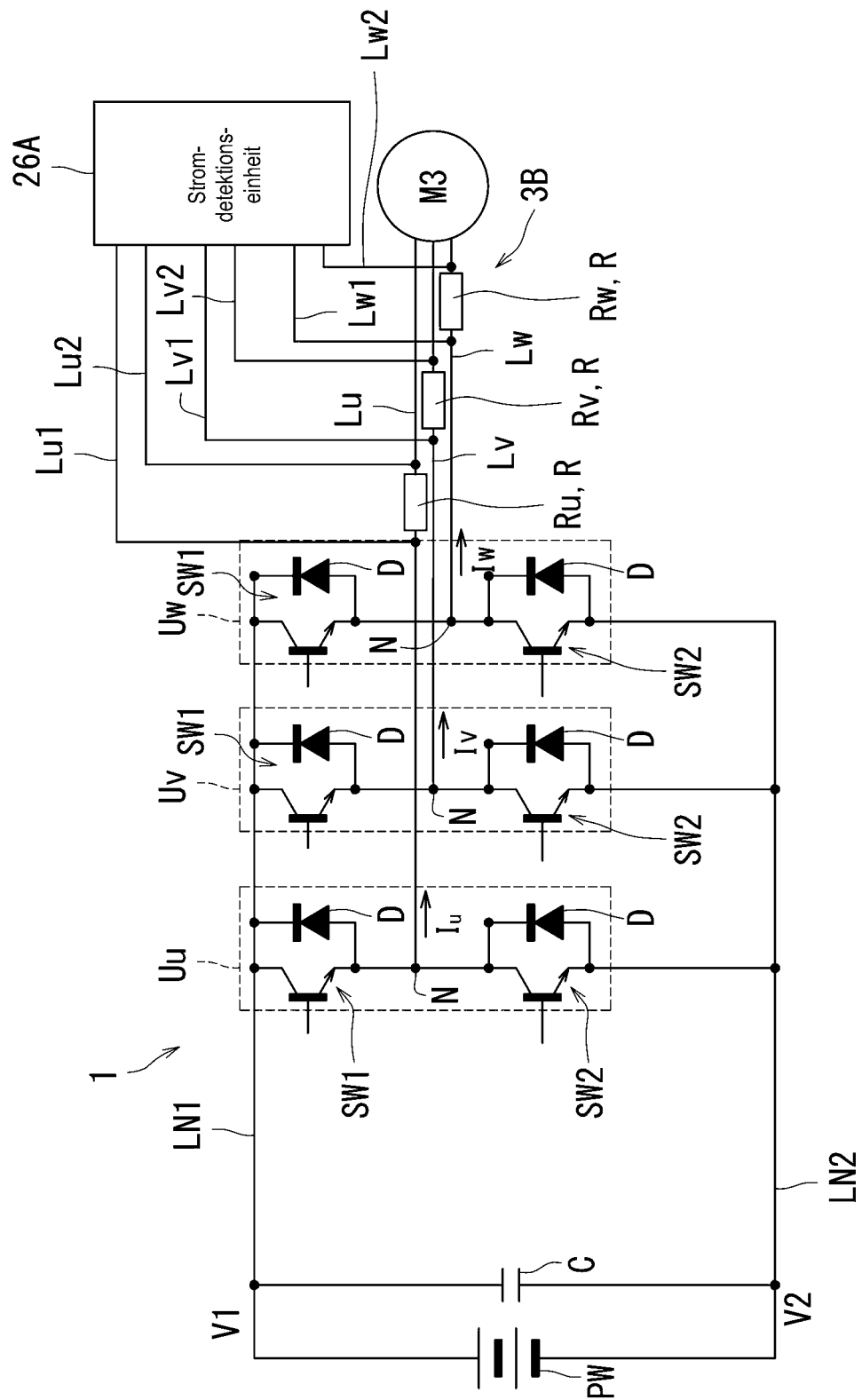


Fig. 23

