



(12)

PATENTCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1134/90

(51) Int.Cl.⁵ : H02P 7/63
H02M 7/527

(22) Anmeldetag: 22. 5.1990

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 5.1993

(45) Ausgabetag: 25. 1.1994

(56) Entgegenhaltungen:

EP-050259240

(73) Patentinhaber:

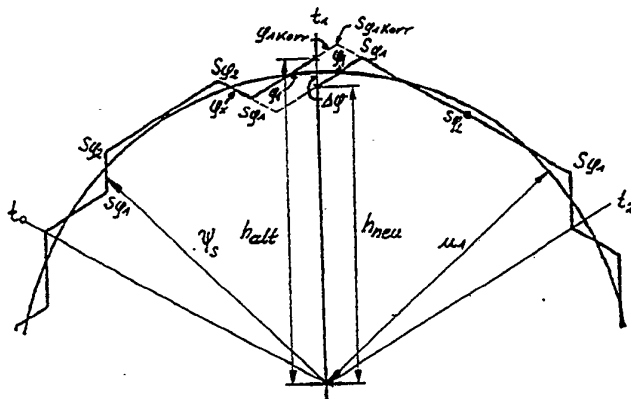
ELIN ENERGIEANWENDUNG GESELLSCHAFT M.B.H.
A-1141 WIEN (AT).

(72) Erfinder:

SCHIFTNER KARL DIPL.ING. DR.TECHN.
WIEN (AT).
TRENNER ANDREAS DIPL.ING.
WIEN (AT).
WOLFAHRT MICHAEL DIPL.ING.
WIEN (AT).

(54) EINRICHTUNG ZUR PULSMUSTERBILDUNG FÜR EINE, ÜBER EINEN SPANNUNGSZWISCHENKREISUMRICHTER GESPEISTE, DREHSTROMMASCHINE

(57) Bei der Speisung einer Drehstrommaschine über einen Spannungszwischenkreisumrichter ist eine spezielle Einrichtung zur Bildung des Pulsmusters notwendig. Dabei wird durch die Statorfrequenz (f_s) die Pulszahl (p) des Pulsmusters festgelegt. Aus dem Betrag der Statorspannung ($|u_s|$) und der Zwischenkreisspannung (u_d) wird die Aussteuerung (u_1) ermittelt. Durch diese werden die Schaltwinkel (Φ) bestimmt. Bei einem Pulsmusterwechsel bzw. bei einer Aussteuerungsänderung, wird eine Korrektur des ersten im Bereich von 0° bis 30° liegenden Schaltwinkels (Φ_1) bei jener Phase, bei der gerade Nulldurchgang auftritt, durchgeführt. Die Schaltwinkelkorrektur ($\Delta\Phi$) wird dabei über die Ermittlung des Betrages des alten (h_{alt}) und neuen Statorflußzeigersollwertes (h_{neu}) durchgeführt. Durch die Korrektur bei Pulsmusteränderungen werden die Maschinenzusatzverluste klein gehalten. Die Einrichtung führt insbesondere bei höheren Aussteuerungen zu einer wesentlichen Verringerung der Verluste. Weiters erfolgt dadurch auch ein stoßfreier Pulsmusterwechsel.



Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Pulsmusterbildung für eine, über einen Spannungszwischenkreisumrichter gespeiste, Drehstrommaschine, insbesondere Asynchronmaschine, bestehend aus Mikroprozessoren, wobei einer einen Pulsmustergenerator enthält.

5 Beim Einsatz von drehzahlverstellbaren Antrieben kommen in letzter Zeit Drehstrommaschinen verstärkt zum Einsatz. Die Gründe hierfür liegen in den Vorteilen, die die Drehstrommaschine gegenüber der Gleichstrommaschine besitzt. Dies sind vor allem geringere Kosten, geringere Wartungsintensität, sowie höhere Betriebssicherheit aufgrund des fehlenden Kommutators. Weiters tragen auch die Fortschritte in der Halbleitertechnik, die es erst ermöglichten, Strom- und Spannungszwischenkreisumrichter entsprechender Leistungsfähigkeit und mit genügend hoher Schaltfrequenz zu bauen, wesentlich dazu bei.

10 Die Steuerung der Umrichter erfolgt heutzutage meist mit einem Mikroprozessor. Die derzeitige Entwicklung dabei zielt auf einen Umschichtungsvorgang hin, bei dem Hardware-Zusätze, wie Zählerbaugruppen zur Zündzeitpunktermittlung die vom Mikroprozessor angesprochen werden, von noch leistungsfähigeren Mikroprozessoren verdrängt werden. Ein derartiges Beispiel sind Prozessoren der Familie 8096, mit der so komplexe Steuerungsaufgaben wie die Pulsmusterbildung verwirklicht werden können.

15 Aus der EP-OS 0259 240 ist ein Verfahren und eine Einrichtung zur Steuerung eines zwangskommutierten Umrichters bekannt. Dabei steht ein Signalprozessor in Verbindung mit einem Speicher in dem verschiedene Muster zur Erzeugung von pulsbreitenmodulierten Signalformen in einem weiten Bereich für verschiedene Frequenzen abgespeichert sind. Dadurch kann für jeden Betriebspunkt eine vorteilhafte Aufhebung der harmonischen Schwingungen erreicht werden.

20 Eine in dieser EP-OS erwähnte weitere Anordnung besteht dabei aus drei Mikroprozessoren zur Bildung des pulsbreitenmodulierten Signales und ein vierter ist zur Synchronisation der drei anderen und der Erzeugung einer Phasenverschiebung vorgesehen.

Für hochdynamische Antriebe hat sich besonders die Verwendung eines Spannungszwischenkreisumrichters bewährt. Dazu sind geeignete Steuerungsverfahren notwendig, die für eine vorgegebene Grundschriftungsamplitude und Grundschriftungsfrequenz geeignete Spannungspulsmuster liefern. Die Spannungspulsmuster können dabei z. B. durch die bekannte Methode der Dreiecksmodulation ermittelt werden. Eine andere Möglichkeit zur Spannungspulsmusterbildung ist das Schaltwinkelmodulationsverfahren, welches bei höheren Frequenzen z. B. bei Transistorstromrichtern mit etwa 1 kHz maximaler Schaltfrequenz typischerweise über 50 Hz zur Anwendung kommt und mit dem ein großer Grundschriftungsgehalt erreicht wird. Bei einem Wechsel des Pulsmusters oder einer Änderung der Schaltwinkel treten Fehlschriftungszeitflächen auf, die zu Ausgleichsströmen in den einzelnen Maschinensträngen führen. Diese können in ungünstigen Fällen sogar zum Ausfall des Antriebes aufgrund unzulässiger Stromspitzen führen. Die Ausgleichsströme machen sich jedoch in jedem Fall durch Drehmomentpendelungen störend bemerkbar.

35 Die Aufgabe der Erfindung besteht nun darin, eine neuartige Einrichtung zur Pulsmusterbildung zu schaffen, die auch für dynamische Änderungen geeignet ist, und bei der zur Minimierung des Effektivwertes des Verzerrungsstromes, welcher zufolge der Fehlschriftungszeitflächen der gepulsten Spannung auftritt, die Ermittlung der Schaltwinkel durch eine neuartige Optimierung durchgeführt werden soll.

Die Aufgabe wird durch die Erfindung gelöst. Diese ist dadurch gekennzeichnet, daß mit den Mikroprozessoren verbundene Ein- und Ausgabeeinheiten und Speicherbausteine vorgesehen sind, und daß im Pulsmustergenerator durch die Statorfrequenz der Drehstrommaschine die Pulszahl des Pulsmusters in Abhängigkeit der maximal möglichen Schaltfrequenz des Umrichters festgelegt wird und aus dem Betrag der Statorspannung der Drehstrommaschine und der aktuellsten Zwischenkreisspannung die Aussteuerung bzw. die Größe der Grundschriftung und damit die Schaltwinkel ermittelt werden u. zw. derart, daß Schaltwendungen in den einzelnen Phasen nur im Bereich von 0° bis 30°, 60° bis 120°, 150° bis 210°, 240° bis 300° und 330° bis 360° auftreten, und daß bei einem Pulsmusterwechsel bzw. bei einer Aussteuerungsänderung, welcher bzw. welche jeweils alle 60° der Grundschriftungsperiode erfolgen kann, eine Korrektur des ersten im Bereich von 0° bis 30° liegenden Schaltwinkels bei jener Phase, bei der gerade Nulldurchgang auftritt, durchgeführt wird oder wenn kein Schaltwinkel in diesem Bereich liegt eine Korrektur durch Verzögern oder Vorziehen der Nulldurchgangsumschaltung oder durch Einführen eines zusätzlichen Korrekturwinkels erfolgt. Durch die spezielle Korrektur bei Pulsmusteränderungen bzw. starken Aussteuerungsänderungen werden die Maschinenzusatzverluste klein gehalten. Vor allem bei höheren Aussteuerungen treten wesentlich weniger Verluste auf. Weiters wird der Verlauf des Ständerflusses an die ideale Kreisbahn gut angenähert, wodurch die Verzerrungsstromflüsse und damit die Verzerrungsströme extrem klein gehalten werden. Außerdem kann gesagt werden, daß auch ein stoßfreier Pulsmusterwechsel erfolgt. Dies ist für die Betriebssicherheit der Drehstrommaschine von entscheidender Bedeutung. Das Entstehen von nennenswerten Drehmomentpendelungen und weiterer zusätzlicher Verluste wird ebenfalls vermieden.

60 Von Vorteil ist, daß die Schaltwinkelkorrektur über die Ermittlung des Betrages des alten und neuen Statorflußzeigersollwertes unter Vernachlässigung des Statorwiderstandes zu den Zeitpunkten des Nulldurchganges einer der drei Phasenspannungen erfolgt, wobei der Betrag des alten Flußzeigersollwertes durch die Schaltwinkel aller drei Phasen, die im letzten 30°-Abschnitt auftreten, und der Betrag des neuen Flußzeigersollwertes durch die Schaltwinkel aller drei Phasen, die im ersten 30°-Abschnitt des neuen Pulsmusters angelegt werden, berechnet wird, und die Beträge der beiden Flußzeigersollwerte für den

Stationärfall in Grad vorliegen, und daß bei konstanter Aussteuerung der Flußzeigersollwert des aktuellen Pulsmusters abzüglich dem Flußzeigersollwert des neuen Pulsmusters proportional dem Betrag der Schaltwinkelkorrektur ist, und daß zusätzlich bei einer Aussteuerungsänderung von den jeweiligen Flußzeigersollwerten noch die zugehörigen und in Grad umgerechneten Aussteuerungen subtrahiert werden.

5 Die Schaltwinkelkorrektur über die Statorflußzeigersollwerte ermöglicht eine optimale Angleichung des Statorflusses an die ideale Kreisbahn.

Ein weiterer Vorteil ist, daß die in Grad ausgedrückten Beträge der Statorflußzeigersollwerte für die einzelnen Pulszahlen und die verschiedenen Anordnungen der Schaltwinkel in den zulässigen Bereichen entsprechend der Beziehungen

10

$$h = 60^\circ + \varphi_1 - \varphi_2 + \varphi_3 - \varphi_4$$

für Pulszahlen $p = 9$ und $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ kleiner 30° ,

$$h = -120^\circ - \varphi_1 + \varphi_2 - \varphi_3 + 2\varphi_4$$

für Pulszahl 9, $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ kleiner 30° und φ_4 größer 60°

15

$$h = 60^\circ + \varphi_1 - \varphi_2 + 2\varphi_3 - 2\varphi_4$$

für Pulszahl 9, φ_1, φ_2 kleiner 30° und φ_3, φ_4 größer 60°

$$h = -120^\circ - \varphi_1 + 2\varphi_2 - 2\varphi_3 + 2\varphi_4$$

für Pulszahl 9, φ_1 kleiner 30° und $\varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ größer 60°

$$h = 60^\circ + 2\varphi_1 - 2\varphi_2 + 2\varphi_3 - 2\varphi_4$$

20

für Pulszahl $p = 9$ und $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ größer 60° ,

$$h = 60^\circ - \varphi_1 + \varphi_2 - \varphi_3$$

für Pulszahl $p = 7$ und $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ kleiner 30° ,

$$h = -120^\circ + \varphi_1 - \varphi_2 + 2\varphi_3$$

für Pulszahl $p = 7$, φ_1, φ_2 kleiner 30° und φ_3 größer 60°

25

$$h = 60^\circ - \varphi_1 + 2\varphi_3 - 2\varphi_4$$

für Pulszahl $p = 7$, φ_1 kleiner 30° und φ_2, φ_3 größer 60°

$$h = -120^\circ + 2\varphi_1 - 2\varphi_2 + 2\varphi_3$$

für Pulszahl $p = 7$ und $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ größer 60° ,

$$h = 60^\circ + \varphi_1 - \varphi_2$$

30

für Pulszahl $p = 5$ und φ_1, φ_2 kleiner 30° ,

$$h = -120^\circ - \varphi_1 + 2\varphi_2$$

für Pulszahl $p = 5$, φ_1 kleiner 30° und φ_2 größer 60° ,

$$h = 60^\circ + 2\varphi_1 - 2\varphi_2$$

für Pulszahl $p = 5$ und φ_1, φ_2 größer 60° ,

35

$$h = 60^\circ - \varphi_1$$

für Pulszahl $p = 3$ und φ_1 kleiner 30° und

$$h = -120^\circ + 2\varphi_1$$

für Pulszahl $p = 3$ und φ_1 größer 60°

40

berechnet werden, wobei $(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4)$ die Winkel sind, bei denen Schalthandlungen durchgeführt werden. Die Berechnung der in Grad ausgedrückten Statorflußzeigersollwerte für die einzelnen Pulszahlen ist somit entsprechend den obigen Beziehungen leicht möglich.

Ein zusätzlicher Vorteil ist, daß bei einem Übergang von einem Pulsmuster mit gerader Schaltwinkelanzahl in der Randlage, welche der 30° Winkelbereich vor und nach einem Nulldurchgang einer Phasenspannung ist, auf ein Pulsmuster mit ungerader Schaltwinkelanzahl in der Randlage sich der neue Schaltwinkel $(\varphi_{1\text{kor}})$ bei Korrektur im alten oder neuen Pulsmuster entsprechend

45

$$\varphi_{1\text{kor}} = \varphi_1 - \Delta\varphi$$

50

berechnet, und daß bei einem Übergang von einem Pulsmuster mit ungerader Schaltwinkelanzahl in der

Randlage auf ein Pulsmuster mit gerader Schaltwinkelanzahl in der Randlage sich der neue Schaltwinkel ($\varphi_{1\text{korr}}$) bei Korrektur im alten oder neuen Pulsmuster entsprechend

$$\varphi_{1\text{korr}} = \varphi_1 + \Delta\varphi$$

5

berechnet, und daß bei einem Übergang zwischen Pulsmuster mit ungerader Schaltwinkelanzahl in der Randlage sich der neue Schaltwinkel bei Korrektur im alten Pulsmuster entsprechend

$$\varphi_{1\text{korr}} = \varphi_1 + \Delta\varphi,$$

10

und bei Korrektur im neuen Pulsmuster entsprechend

$$\varphi_{1\text{korr}} = \varphi_1 - \Delta\varphi$$

15

berechnet, und daß bei einem Übergang zwischen Pulsmuster mit gerader Schaltwinkelanzahl in der Randlage sich der neue Schaltwinkel bei Korrektur im alten Pulsmuster entsprechend

$$\varphi_{1\text{korr}} = \varphi_1 - \Delta\varphi,$$

20

und bei Korrektur im neuen Pulsmuster entsprechend

$$\varphi_{1\text{korr}} = \varphi_1 + \Delta\varphi$$

25

berechnet, und daß bei einem Übergang zwischen Pulsmustern ohne Schaltwinkel in der Randlage eine Verschiebung der Nulldurchgangsumschaltung um die invertierte Schaltwinkelkorrektur erfolgt. Wie oben ersichtlich werden bei den verschiedenen Pulsmusterwechseln die neuen Schaltwinkel ($\varphi_{1\text{korr}}$) auf unterschiedliche Art ermittelt.

30

Außerdem ist von Vorteil, daß der Korrekturwinkel nur bei einem Übergang von einem Pulsmuster mit einer ungeraden Anzahl von Schaltwinkeln in der Randlage auf ein Pulsmuster mit keinem Schaltwinkel in der Randlage und umgekehrt im Pulsmuster ohne Schaltwinkel in der Randlage eingeführt wird, wobei der Korrekturwinkel der Schaltwinkelkorrektur entspricht, wenn das Pulsmuster mit keinem Schaltwinkel in der Randlage das neue Pulsmuster ist und der Korrekturwinkel der invertierenden Schaltwinkelkorrektur entspricht, wenn das Pulsmuster mit keinem Schaltwinkel in der Randlage das alte Pulsmuster ist. Nur in diesem speziellen Fall des Pulsmusterwechsels ist die Einführung des Korrekturwinkels zweckmäßig.

35

Anhand der Zeichnungen wird die erfindungsgemäße Einrichtung noch näher erläutert.

40

Die Fig. 1a bis 2e zeigen Ausschnitte von Raumzeigerdiagrammen, aus denen der Verlauf des Statorflußzeigers bei verschiedenen Pulsmusterwechsel hervorgeht, in Fig. 2 ist das Pulsmuster aller drei Phasen bei einer Schaltwinkelmodulation ersichtlich und in der Fig. 3 ist schematisch der im Mikroprozessor nachgebildete Pulsmustergenerator dargestellt.

45

Bei allen Raumzeigerdiagrammen in den Fig. 1a bis 1e ist konstante Grundswingungsamplitude d. h. konstante Aussteuerung (u_1) angenommen. Die Drehrichtung des Flußzeigersollwertes (ψ_s) ist im Uhrzeigersinn festgelegt. Eine Schaltwinkelkorrektur kann jeweils nur bei einem Nulldurchgang (t_0, t_1, t_2) einer der drei Phasenspannungen (u_R, u_S, u_T), welcher alle 60° auftritt, erfolgen. Ein Pulsmusterwechsel ist bei allen Fig. immer beim Nulldurchgang (t_1) dargestellt. Bei den Schaltwinkeln (φ) erfolgen die Schalthandlungen ($S\varphi$) in den verschiedenen Pulsmustern. Bei einem Punkt in einem Pulsmuster im Raumzeigerdiagramm wird ein Nullspannungszeiger angelegt.

50

Die Fig. 1a zeigt den Pulsmusterwechsel von einem Pulsmuster mit einem Schaltwinkel (φ) in der Randlage auf ein Pulsmuster ohne Schaltwinkel (φ) in der Randlage. Der Schaltwinkel (φ_1) kann hier im alten Pulsmuster korrigiert werden. Der neue Schaltwinkel ($\varphi_{1\text{korr}}$) ist kleiner und strichliert dargestellt. Dies ergibt sich deshalb, da die Differenz ($\Delta\varphi$) der in Grad ausgedrückten Beträge der Statorflußzeigersollwerte (h) negativ vorliegt und der neue Schaltwinkel ($\varphi_{1\text{korr}}$) in diesem Fall $\varphi_1 + \Delta\varphi$ ist. Wie diesem Raumzeigerdiagramm zu entnehmen ist, entfällt dadurch auch eine Umschaltung im Nulldurchgang.

Es ist hier auch möglich eine Korrektur im neuen Pulsmuster, welches einen Schaltwinkel (φ_1) im Bereich von 60° bis 90° aufweist, durch Einführen eines Korrekturwinkels (φ_{korr}) durchzuführen.

55

Die Fig. 1b stellt einen Pulsmusterwechsel von einem Pulsmuster mit zwei Schaltwinkeln (φ) in der Randlage auf ein Pulsmuster mit einem Schaltwinkel (φ) in der Randlage und einem im Bereich zwischen 60°

und 90° dar. Wie in diesem Raumzeigerdiagramm erkennbar ist, wird der neue Schaltwinkel ($\varphi_{1\text{korr}}$) immer kleiner als der nicht korrigierte Schaltwinkel (φ_1), egal ob im alten oder im neuen Pulsmuster korrigiert wird. Ebenso entfällt auch hier die Umschaltung im Nulldurchgang.

Der Schaltwinkel (φ_2) bei dem die Schalthandlung ($S\varphi_2$) stattfindet ist hier die Summe der Winkel (φ_1) und (φ_x).

Aus der Fig. 1c geht ein Pulsmusterwechsel von einem Pulsmuster mit einem Schaltwinkel in der Randlage und einem in der Mittellage (zwischen 60° und 90°) auf ein Pulsmuster mit drei Schaltwinkeln in der Randlage hervor. In diesem Fall bleibt die Nulldurchgangsumschaltung erhalten. Es ist ersichtlich, daß die Schaltwinkelkorrektur ($\Delta\varphi$) in diesem dargestellten Betriebsfall sehr gering ist.

In Fig. 1d ist ein Wechsel von einem Pulsmuster mit einer ungeraden Anzahl an Schaltwinkeln (φ) in der Randlage auf ein Pulsmuster ohne Schaltwinkel (φ) in diesem Bereich dargestellt. Bei einer Korrektur im Muster mit den Schaltwinkeln (φ) ergibt sich der neue Schaltwinkel ($\varphi_{1\text{korr}}$) entsprechend $\varphi_{1\text{korr}} = \varphi_1 - \Delta\varphi$. Soll die Korrektur im Pulsmuster ohne Schaltwinkel (φ) in der Randlage durchgeführt werden, so muß die Nulldurchgangsumschaltung um den Winkel ($-\Delta\varphi$) verschoben werden.

Aus der Fig. 1e geht der Pulsmusterwechsel zwischen Pulsmustern mit gerader Schaltwinkelanzahl in der Randlage hervor. Die Schaltwinkelkorrektur ($\Delta\varphi$) ist in diesem dargestellten Betriebsfall auch sehr gering.

Die Fig. 2 zeigt ein 7sm Pulsmuster, bei dem sieben Impulse pro Periode auftreten, für alle drei Phasenspannungen (u_R, u_S, u_T). Bei der Phasenspannung (u_R) sind auch die Grundschwingung strichpunktiert sowie die Schaltwinkel (φ) im 90°-Bereich eingetragen. Im 30°-Bereich vor und nach einem Nulldurchgang einer Phase (u_R, u_S, u_T) treten alle drei Schaltwinkel ($\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$) auf, z. B. im 30°-Bereich nach dem Nulldurchgang der Phase (T) liegen die Schaltwinkel (φ_1) und (φ_2) von der Phase (T) und der Schaltwinkel (φ_3) von der Phase (R).

Einer Bereichsauswahl (11) im in Fig. 3 dargestellten Pulsmustergenerator (10) wird die Statorkreisfrequenz (f_s) der Drehstrommaschine zugeführt. Diese aktiviert eines von vier Pulsmustern in Abhängigkeit der größtmöglichen Schaltfrequenz. Durch den Betrag der Statorspannung ($|u_s|$) und die aktuellste Zwischenkreisspannung (u_d) wird die Aussteuerung (u_1) in der Vorsteuerung (12) festgelegt, entsprechend welcher sich die Schaltwinkel (φ) im ausgewählten Pulsmuster ergeben. Die Schaltwinkel (φ), die Statorfrequenz (f_s) und die Aussteuerung (u_1) werden zur Schaltwinkelkorrekturberechnung in (13) benötigt. Die Schaltwinkelkorrektur ($\Delta\varphi$) wirkt einerseits über die Summierungsstelle (15) auf den Schaltwinkel (φ_1) ein und andererseits auf die Zuordnung der Schaltwinkel (14) zu den einzelnen Phasen (R, S, T), wodurch bei Einfügung des Korrekturwinkels (φ_{korr}) dieser sofort bei der Schaltwinkelzuordnung berücksichtigt werden kann.

Bei einem Pulsmusterwechsel bzw. einer Aussteuerungsänderung erfolgt die Berechnung der Schaltwinkelkorrektur ($\Delta\varphi$) in dem 30°-Bereich, vor dem die Schaltwinkelkorrektur ($\Delta\varphi$) durchgeführt werden soll.

PATENTANSPRÜCHE

1. Einrichtung zur Pulsmusterbildung für eine, über einen Spannungszwischenkreisumrichter gespeiste, Drehstrommaschine, insbesondere Asynchronmaschine, bestehend aus Mikroprozessoren, wobei einer einen Pulsmustergenerator enthält, dadurch gekennzeichnet, daß mit den Mikroprozessoren verbundene Ein- und Ausgabeeinheiten und Speicherbausteine vorgesehen sind, und daß im Pulsmustergenerator (10) durch die Statorfrequenz (f_s) der Drehstrommaschine die Pulszahl (p) des Pulsmusters in Abhängigkeit der maximal möglichen Schaltfrequenz des Umrichters festgelegt wird und aus dem Betrag der Statorspannung ($|u_s|$) der Drehstrommaschine und der aktuellsten Zwischenkreisspannung (u_d) die Aussteuerung (u_1) bzw. die Größe der Grundschwingung und damit die Schaltwinkel (φ) ermittelt werden u. zw. derart, daß Schalthandlungen in den einzelnen Phasen nur im Bereich von 0° bis 30°, 60° bis 120°, 150° bis 210°, 240° bis 300° und 330° bis 360° auftreten, und daß bei einem Pulsmusterwechsel bzw. bei einer Aussteuerungsänderung, welcher bzw. welche jeweils alle 60° der Grundschwingungsperiode erfolgen kann, eine Korrektur des ersten im Bereich von 0° bis 30° liegenden Schaltwinkels (φ_1) bei jener Phase, bei der gerade Nulldurchgang auftritt, durchgeführt wird

oder wenn kein Schaltwinkel (φ) in diesem Bereich liegt eine Korrektur durch Verzögern oder Vorziehen der Nulldurchgangsumschaltung oder durch Einführen eines zusätzlichen Korrekturwinkels (φ_{korrt}) erfolgt.

- 5 2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltwinkelkorrektur ($\Delta\varphi$) über die Ermittlung des Betrages des alten und neuen Statorflußzeigersollwertes unter Vernachlässigung des Statorwiderstandes zu den Zeitpunkten des Nulldurchganges einer der drei Phasenspannungen (u_R, u_S, u_T) erfolgt, wobei der Betrag des alten Flußzeigersollwertes (h_{alt}) durch die Schaltwinkel (φ) aller drei Phasen (u_R, u_S, u_T), die im letzten 30°-Abschnitt auftreten, und der Betrag des neuen Flußzeigersollwertes (h_{neu}) durch die Schaltwinkel (φ) aller drei Phasen (u_R, u_S, u_T), die im ersten 30°-Abschnitt des neuen Pulsmusters angelegt werden, berechnet wird, und die Beträge der beiden Flußzeigersollwerte (h) für den Stationärfall in Grad vorliegen, und daß bei konstanter Aussteuerung (u_1) der Flußzeigersollwert (h_{alt}) des aktuellen Pulsmusters abzüglich dem Flußzeigersollwert (h_{neu}) des neuen Pulsmusters proportional dem Betrag der Schaltwinkelkorrektur ($\Delta\varphi$) ist, und daß zusätzlich bei einer Aussteuerungsänderung von den jeweiligen Flußzeigersollwerten (h) noch die zugehörigen und in Grad umgerechneten Aussteuerungen (u_1) subtrahiert werden.

- 15 3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die in Grad ausgedrückten Beträge der Statorflußzeigersollwerte (h) für die einzelnen Pulszahlen (p) und die verschiedenen Anordnungen der Schaltwinkel (φ) in den zulässigen Bereichen entsprechend der Beziehungen

- 20 $h = 60^\circ + \varphi_1 - \varphi_2 + \varphi_3 - \varphi_4$
für Pulszahlen $p = 9$ und $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ kleiner 30° ,
 $h = -120^\circ - \varphi_1 + \varphi_2 - \varphi_3 + 2\varphi_4$
für Pulszahl 9, $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ kleiner 30° und φ_4 größer 60°
- 25 $h = 60^\circ + \varphi_1 - \varphi_2 + 2\varphi_3 - 2\varphi_4$
für Pulszahl 9, φ_1, φ_2 kleiner 30° und φ_3, φ_4 größer 60°
 $h = -120^\circ - \varphi_1 + 2\varphi_2 - 2\varphi_3 + 2\varphi_4$
für Pulszahl 9, φ_1 kleiner 30° und $\varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ größer 60°
 $h = 60 + 2\varphi_1 - 2\varphi_2 + 2\varphi_3 - 2\varphi_4$
- 30 für Pulszahl $p = 9$ und $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ größer 60° ,
 $h = 60^\circ - \varphi_1 + \varphi_2 - \varphi_3$
für Pulszahl $p = 7$ und $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ kleiner 30° ,
 $h = -120^\circ + \varphi_1 - \varphi_2 + 2\varphi_3$
für Pulszahl $p = 7$, φ_1, φ_2 kleiner 30° und φ_3 größer 60°
- 35 $h = 60^\circ - \varphi_1 + 2\varphi_3 - 2\varphi_3$
für Pulszahl $p = 7$, φ_1 kleiner 30° und φ_2, φ_3 größer 60°
 $h = -120^\circ + 2\varphi_1 - 2\varphi_2 + 2\varphi_3$
für Pulszahl $p = 7$ und $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ größer 60° ,
 $h = 60^\circ + \varphi_1 - \varphi_2$
- 40 für Pulszahl $p = 5$ und φ_1, φ_2 kleiner 30° ,
 $h = -120^\circ - \varphi_1 + 2\varphi_2$
für Pulszahl $p = 5$, φ_1 kleiner 30° und φ_2 größer 60° ,
 $h = 60^\circ + 2\varphi_1 - 2\varphi_2$
für Pulszahl $p = 5$ und φ_1, φ_2 größer 60° ,
- 45 $h = 60^\circ - \varphi_1$
für Pulszahl $p = 3$ und φ_1 kleiner 30° und
 $h = -120^\circ + 2\varphi_1$
für Pulszahl $p = 3$ und φ_1 größer 60°

berechnet werden, wobei ($\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$) die Winkel sind, bei denen Schalthandlungen durchgeführt werden.

4. Einrichtung nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei einem Übergang von einem Pulsmuster mit gerader Schaltwinkelanzahl (φ) in der Randlage, welche der 30° Winkelbereich vor und nach einem Nulldurchgang einer Phasenspannung (u_R, u_S, u_T) ist, auf ein Pulsmuster mit ungerader Schaltwinkelanzahl (φ) in der Randlage sich der neue Schaltwinkel ($\varphi_{1\text{korr}}$) bei Korrektur im alten oder neuen Pulsmuster entsprechend

$$\varphi_{1\text{korr}} = \varphi_1 - \Delta\varphi$$

10

berechnet, und daß bei einem Übergang von einem Pulsmuster mit ungerader Schaltwinkelanzahl (φ) in der Randlage auf ein Pulsmuster mit gerader Schaltwinkelanzahl (φ) in der Randlage sich der neue Schaltwinkel ($\varphi_{1\text{korr}}$) bei Korrektur im alten oder neuen Pulsmuster entsprechend

15

$$\varphi_{1\text{korr}} = \varphi_1 + \Delta\varphi$$

berechnet, und daß bei einem Übergang zwischen Pulsmustern mit ungerader Schaltwinkelanzahl (φ) in der Randlage sich der neue Schaltwinkel ($\varphi_{1\text{korr}}$) bei Korrektur im alten Pulsmuster entsprechend

20

$$\varphi_{1\text{korr}} = \varphi_1 + \Delta\varphi,$$

und bei Korrektur im neuen Pulsmuster entsprechend

$$\varphi_{1\text{korr}} = \varphi_1 - \Delta\varphi$$

25

berechnet, und daß bei einem Übergang zwischen Pulsmustern mit gerader Schaltwinkelanzahl (φ) in der Randlage sich der neue Schaltwinkel ($\varphi_{1\text{korr}}$) bei Korrektur im alten Pulsmuster entsprechend

$$\varphi_{1\text{korr}} = \varphi_1 - \Delta\varphi,$$

30

und bei Korrektur im neuen Pulsmuster entsprechend

$$\varphi_{1\text{korr}} = \varphi_1 + \Delta\varphi$$

35

berechnet, und daß bei einem Übergang zwischen Pulsmustern ohne Schaltwinkel (φ) in der Randlage eine Verschiebung der Nulldurchgangsumschaltung um die invertierte Schaltwinkelkorrektur ($-\Delta\varphi$) erfolgt.

5. Einrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Korrekturwinkel (φ_{korr}), nur bei einem Übergang von einem Pulsmuster mit einer ungeraden Anzahl von Schaltwinkeln (φ) in der Randlage auf ein Pulsmuster mit keinem Schaltwinkel (φ) in der Randlage und umgekehrt im Pulsmuster ohne Schaltwinkel (φ) in der Randlage eingeführt wird, wobei der Korrekturwinkel (φ_{korr}) der Schaltwinkelkorrektur ($\Delta\varphi$) entspricht, wenn das Pulsmuster mit keinem Schaltwinkel (φ) in der Randlage das neue Pulsmuster ist und der Korrekturwinkel (φ_{korr}) der invertierten Schaltwinkelkorrektur ($-\Delta\varphi$) entspricht, wenn das Pulsmuster mit keinem Schaltwinkel (φ) in der Randlage das alte Pulsmuster ist.

45

Hiezu 3 Blatt Zeichnungen

50

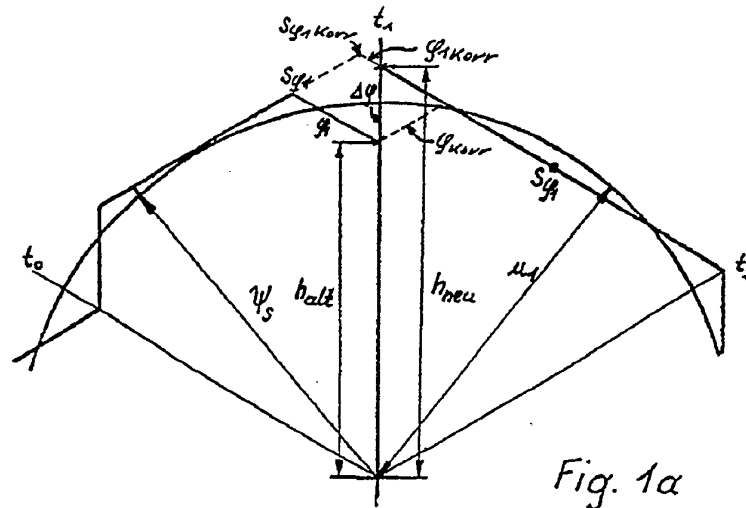


Fig. 1a

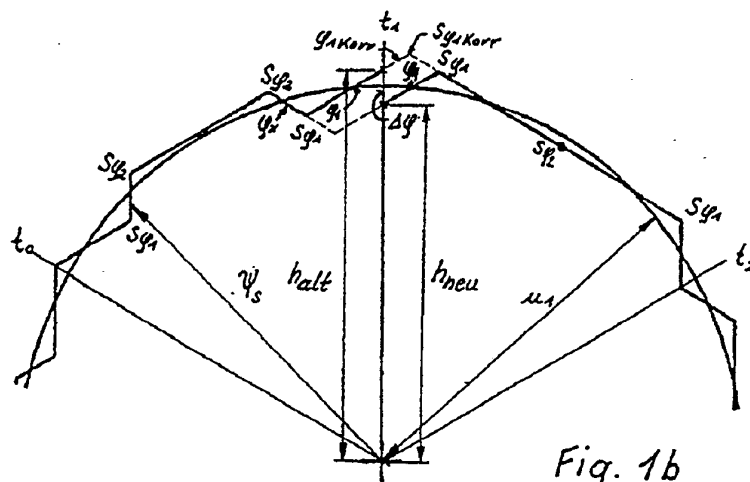


Fig. 1b

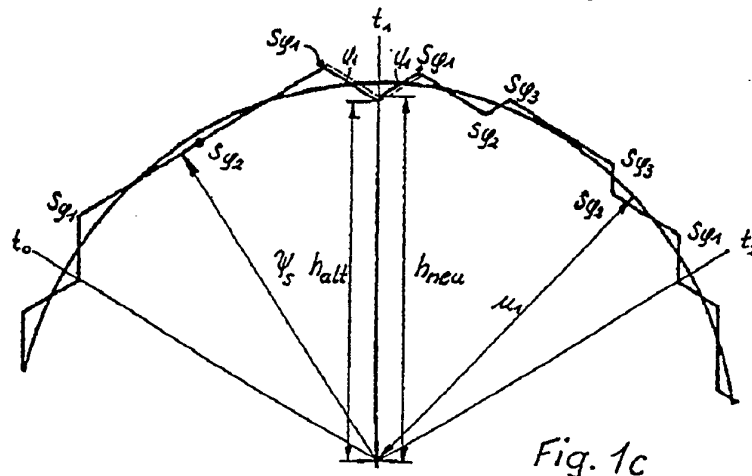
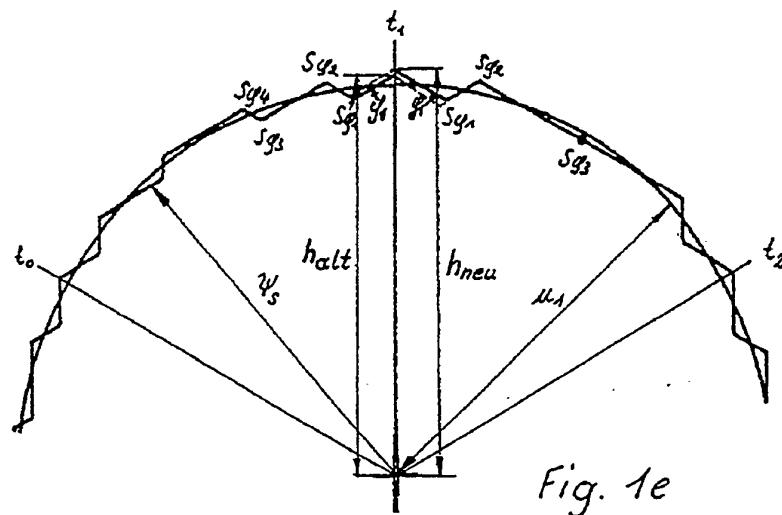
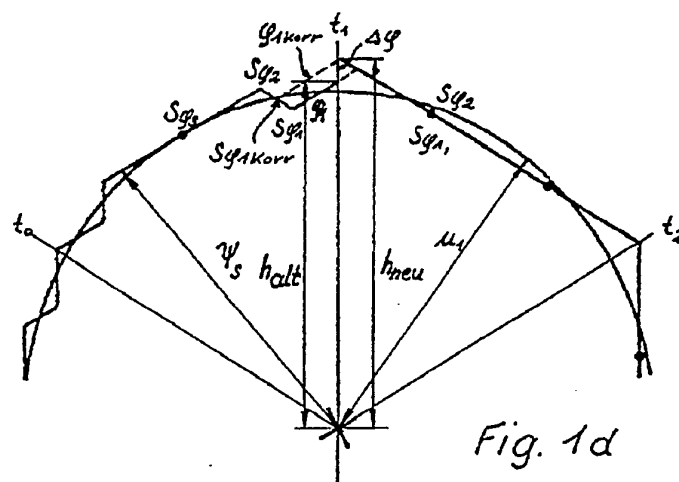


Fig. 1c



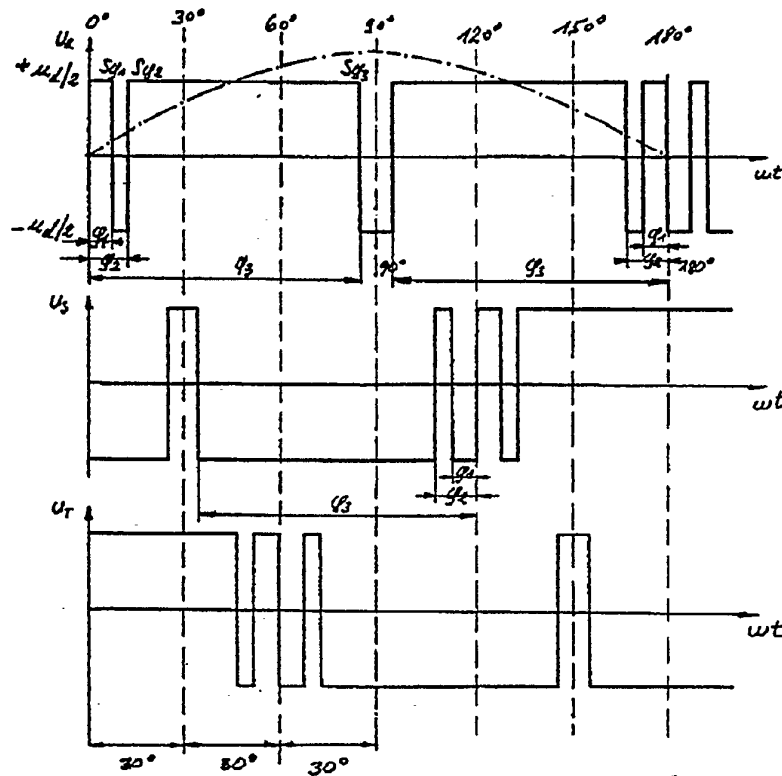


Fig. 2

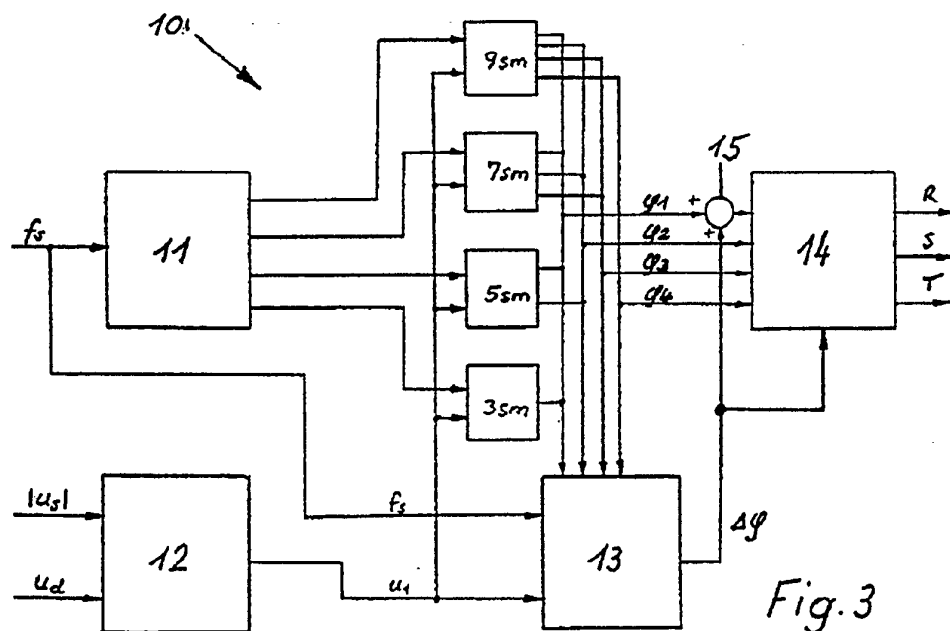


Fig. 3