

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 2143/2004** (51) Int. Cl.⁸: **H02M 5/257** (2006.01),
(22) Anmeldetag: **22.12.2004** **H02P 7/62** (2006.01),
(43) Veröffentlicht am: **15.09.2006** **G05F 1/455** (2006.01)

(73) Patentanmelder:

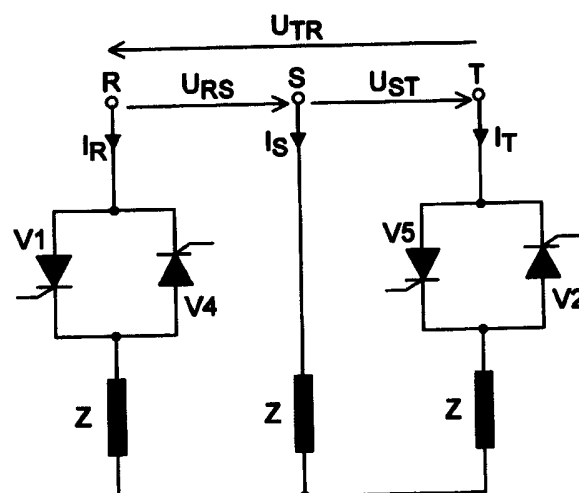
SIEMENS AG ÖSTERREICH
A-1210 WIEN (AT)

(72) Erfinder:

REISCHER WILHELM
WIEN (AT)
WOEHRER FRANZ
WIEN (AT)

(54) **VERFAHREN ZUR STEUERUNG EINER DREHSTROMLAST UND SCHALTUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS**

(57) Zur Steuerung von Drehstromlasten ist es bekannt, in einem Drehstromnetz in zwei von drei Strängen (R, T) zwei Paare steuerbarer Ventile (V1 und V4 bzw. V5 und V2) anzuordnen, wobei die beiden Ventile eines Paares zueinander antiparallel geschaltet sind. Die Stromeffektivwerte in den drei Strängen weisen bei Phasenanschnittsteuerung über dem Steuerwinkel unterschiedliche Verläufe auf. Erfindungsgemäß werden deshalb die Steuerwinkelwerte (ψ) der beiden Ventilpaare (V1 und V4 bzw. V5 und V2) so vorgegeben werden, dass sie in einem festgelegten Bereich vorgegebene Differenzwerte (δ) zueinander aufweisen und so die Stromeffektivwerte in den drei Strängen einander angenähert werden.



Zusammenfassung

Zur Steuerung von Drehstromlasten ist es bekannt, in einem Drehstromnetz in zwei von drei Strängen (R, T) zwei Paare steuerbarer Ventile (V1 und V4 bzw. V5 und V2) anzuordnen, wobei die beiden Ventile eines Paares zueinander antiparallel geschaltet sind. Die Stromeffektivwerte in den drei Strängen weisen bei Phasenanschnittsteuerung über dem Steuerwinkel unterschiedliche Verläufe auf. Erfindungsgemäß werden deshalb die Steuerwinkelwerte (ψ) der beiden Ventilpaare (V1 und V4 bzw. V5 und V2) so vorgegeben werden, dass sie in einem festgelegten Bereich vorgegebene Differenzwerte (δ) zueinander aufweisen und so die Stromeffektivwerte in den drei Strängen einander angenähert werden.

Fig. 1

Verfahren zur Steuerung einer Drehstromlast und Schaltung zur Durchführung des Verfahrens

Beschreibung

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung einer Drehstromlast über zwei Paare steuerbarer Ventile, wobei in zwei der drei Stränge ein Paar angeordnet ist und die beiden Ventile eines Paares zueinander antiparallel geschaltet sind und wobei durch Phasenanschnittsteuerung mittels Vorgabe von Steuerwinkelwerten die Stromeffektivwerte in den zwei Strängen gesteuert werden sowie eine Schaltung zur Durchführung des Verfahrens.

10

15 Aus der Druckschrift Michel M.: *Die Strom- und Spannungsverhältnisse bei der Steuerung von Drehstromlasten über antiparallele Ventile*, Dissertation TU Berlin, Berlin (1966) ist eine Schaltung der vorstehenden genannten Art bekannt.

20

Dabei ist zunächst eine für die Steuerung von Drehstromlasten mit induktivem Anteil übliche Schaltung mit drei Paaren steuerbarer antiparalleler Ventile mit jeweils einem Paar in einem Strang beschrieben. Die drei Paare Ventile sind mit dem gleichen Steuerwinkel angesteuert und bewirken einen gleich großen Phasenanschnitt in allen drei Strängen, wodurch sich ein gleich großer Stromeffektivwert in allen drei Strängen einstellt.

25

30 Diese sogenannte W3C Schaltung (Wechselwegschaltung 3-phasig, fully controlled) ermöglicht so beispielsweise einen für den Einsatz von Drehstromasynchronmotoren erwünschten Softstart mit stetig steigendem Drehmoment in der Hochlaufphase.

Die beschriebene Schaltung W3C hat aber den Nachteil, dass 35 sechs Ventile im Leistungsteil erforderlich sind, wodurch die Steuerung insgesamt in der Herstellung teuer ist. Um diesen Nachteil auszugleichen wird nach der genannten Schrift

vorgeschlagen, nur zwei der drei Stränge über ein antiparalleles Paar von Ventilen anzusteuern.

- Diese sogenannte W3-2C Schaltung (Wechselwegschaltung 3-phasig, 2 Phasen controlled) ermöglicht ebenfalls die Steuerung von Drehstromlasten über Phasenanschnitt. In der Herstellung ist sie dabei aufgrund der geringeren Zahl von insgesamt nur vier Ventilen kostengünstiger. Allerdings weist diese Schaltung den Nachteil auf, dass die drei Stromeffektivwerte in den drei Strängen in der Art divergieren, dass abhängig vom Steuerwinkel die Stromeffektivwerte eines gesteuerten und des ungesteuerten Stranges über dem Stromeffektivwert des zweiten gesteuerten Stranges liegen. Dieser Effekt bewirkt beispielsweise beim Einsatz der Steuerung für Drehstromasynchronmotoren Pendelmomente in Abhängigkeit des Steuerwinkels bei Phasenanschnitt, wodurch die Schaltung für diesen Zweck nicht brauchbar ist.
- Die W3-2C Schaltung ist somit nur für rein ohmsche Drehstromlasten mit Schwingungspaketsteuerung (Phasenanschnitt - Steuerwinkel = Null) in Gebrauch. Der Vorteil der kostengünstigeren Herstellung gegenüber der W3C Schaltung kommt somit für den Einsatz als Steuerung für Softstarter von Drehstromasynchronmotoren nicht zum Tragen.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schaltung zu schaffen, die die Vorteile der W3C Schaltung durch einander angenäherte Stromeffektivwerte mit den Kostenvorteilen der W3-2C Schaltung verbindet.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst mit einem Verfahren der eingangs genannten Art, bei dem die Steuerwinkelwerte der beiden Ventilpaare so vorgegeben werden, dass sie in einem festgelegten Bereich vorgegebene Differenzwerte zueinander aufweisen. Es ist dabei unerheblich, in welchen Strängen die

Ventilpaare angeordnet sind und ob es sich um ein rechts- oder linksdrehendes Drehstromnetz handelt.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird jedem Steuerwinkelwert eines der beiden Ventilpaare ein bestimmter vorab ermittelter Steuerwinkelwert des zweiten Ventilpaares zugeordnet. Zur Ansteuerung der Ventile kann dann eine einfache Steuerung dienen, bei der die Steuerwinkelwerte aus einem Speichermittel abgerufen werden.

Eine spezielle Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens kennzeichnet sich dadurch, dass die zwei gesteuerten Stränge als voneinander unabhängige Regelstrecken ausgebildet sind, wobei als Stellgröße jeweils der Steuerwinkelwert des Ventilpaares dient und wobei jedem Regler der im zugehörigen Strang gemessene Stromeffektivwert als Istwert zugeführt und ein gemeinsamer Stromeffektivwert als Sollwert vorgegeben wird, wodurch die Steuerwinkelwerte der beiden Ventilpaare bestimmte Differenzwerte zueinander annehmen. Die Differenzwerte stellen sich dabei im stationär bestmöglich ausgeregeltem Zustand ein wodurch Gleichheit der geregelten Strangströme erreicht wird.

Der mit der Erfindung erzielte Vorteil annähernd gleich großer Stromeffektivwerte in den drei Strängen ergibt sich besonders bei Steuerwinkelwerten des ersten Ventilpaares zwischen 0° el bis 135° el, denen positive Differenzwerte zugeordnet werden, die in Summe mit den Steuerwinkelwerten des ersten Ventilpaares die Steuerwinkelwerte des zweiten Ventilpaares ergeben. Zwischen 135° el und 180° el werden die Differenzwerte auf Null zurückgenommen, wobei die Stromeffektivwerte in diesem Bereich abhängig vom induktiven Anteil der Drehstromlast in zwei der drei Stränge ansteigen. Dieser Effekt ist in Fig. 4 dargestellt. Für den beispielhaften Einsatz der Steuerung als Softstarter für Drehstromasynchronmotoren ist daher für die Steuerwinkelwerte

des ersten Ventilpaares der Bereich zwischen 0° el und 135° el vorteilhaft.

- Günstig ist es, die Differenzwerte zwischen den
- 5 Steuerwinkelwerten empirisch in der Weise zu ermitteln, dass drehfeldabhängig für eine Reihe von Steuerwinkelwerten des ersten Ventilpaares bei festgehaltenem Steuerwinkelwert der Steuerwinkelwert des zweiten Ventilpaares so lange verändert wird, bis die an den drei Strängen gemessenen
- 10 Effektivstromwerte einander angenähert sind. Aufgrund einer Abhängigkeit der Differenzwerte vom Lastwinkel der Drehstromlast werden dabei für unterschiedliche Lastwinkel eigene Differenzwerte ermittelt.
- 15 Dabei ist es günstig, als Vorgabe für die Steuerung der Ventile für einen Bereich von Lastwinkel einen gemittelten Differenzwert festzulegen. Für Drehstromlasten mit unterschiedlichen Lastwinkeln können dann die gleichen gemittelten Differenzwerte herangezogen werden. Da durch
- 20 diese Mittelung die Annäherung der Stromeffektivwerte negativ beeinflusst wird, ist durch Erprobung für den jeweiligen Anwendungsfall festzustellen, wie weit der Bereich von Lastwinkeln mit gemittelten Differenzwerten gefasst werden kann, ohne auf die aus der unsymmetrischen W3-2C Schaltung
- 25 bekannten Nachteile zu stoßen. Beispielsweise werden bei der Verwendung der Steuerung als Softstarter für Drehstromasynchronmotoren die Bereichsgrenzen durch das Auftreten von Pendelmomenten bestimmt.
- 30 Zur Ermittlung der Differenzwerte kann es auch günstig sein, wenn die W3-2C Schaltung zunächst nach dem Stand der Technik mit gleich großen Steuerwinkelwerten für die beiden Ventilpaare betrieben wird. Erfasst man dann durch Messung die Verläufe der Stromeffektivwerte in Abhängigkeit von den
- 35 Steuerwinkelwerten über den gesamten Steuerbereich, so können die gesuchten Differenzwerte aus einer entsprechenden Darstellung - insbesondere einem Verlaufsdiagramm nach Fig. 2

- durch Messung der Abstände zwischen jenen Punkten der Verläufe der Stromeffektivwerte der gesteuerten Stränge, für welche die Stromeffektivwerte gleich groß sind, ermittelt werden.

5

Darüber hinaus ist es vorstellbar, dass die Verläufe der Stromeffektivwerte rechnerisch ermittelt werden.

10 Zur Durchführung des Verfahrens dient eine Schaltung, bei der zwei Paare steuerbarer Ventile vorgesehen sind, wobei in zwei der drei Stränge ein Paar angeordnet ist und die beiden Ventile eines Paares zueinander antiparallel geschaltet sind, und wobei ein elektronisches Steuerelement zur Vorgabe von Steuerwinkelwerten und Ansteuerung der Ventile vorgesehen
15 ist.

Das zur Ansteuerung der Ventile vorgesehene Steuerelement weist dabei Speichermittel zur Speicherung der jeweils einander zugeordneten Steuerwinkelwerte der beiden
20 Ventilpaare auf.

Ein günstiger Aufbau der Schaltung ergibt sich, wenn die Ventile als gesteuerte Thyristoren ausgebildet sind.

25 Die Erfindung wird anhand von Figuren näher erläutert. Es zeigen beispielhaft:

Fig. 1: eine schematische Darstellung der W3-2C Schaltung

Fig. 2: den Verlauf der bezogenen Stromeffektivwerte I/I_0 in
30 Abhängigkeit von den Steuerwinkelwerten ψ für symmetrische und unsymmetrische Schaltungen

Fig. 3: einen Verlauf der Differenzwerte δ in Abhängigkeit von den Steuerwinkelwerten ψ des ersten Ventilpaares

Fig. 4: den Verlauf der Stromeffektivwerte I_{eff} in
35 Abhängigkeit von den Steuerwinkelwerten ψ für erfindungsgemäß gesteuerte W3-2C Schaltungen

Fig. 5: die Zündungsabfolge für ein rechtsdrehendes Drehstromnetz

Fig. 6: die Schaltimpulse für die Ventile V1, V4, V5, V2 sowie den Verlauf der Strangspannungen U_{TR} , U_{ST} , U_{RS} sowie den Verlauf der Lastströme I_R , I_S , I_T in Abhängigkeit von der Laufzeit t

Die in der Fig. 1 dargestellte W3-2C Schaltung zeigt die 3 Stränge eines Drehstromnetzes R, S und T und eine in allen drei Strängen wirkende Drehstromlast Z. Im Ausführungsbeispiel sind jeweils im ersten Strang R und im dritten Strang T vor der Drehstromlast Z antiparallele Paare von Ventilen angeordnet. Im ersten Strang R sind das ein aus einem ersten Ventil V1 und einem zweiten Ventil V4 gebildetes erstes Ventilpaar und im dritten Strang T ein aus einem dritten Ventil V5 und einem vierten Ventil V2 gebildetes Ventilpaar. Diese Ventile V1, V4, V5, V2 werden über ein Steuerelement angesteuert, dessen Steuerimpulse für die einzelnen Ventile V1, V4, V5, V2 in Fig. 6 über der Laufzeit t dargestellt sind. Die Nummern der Ventile richtet sich nach der üblichen Nummerierung in einem rechtsdrehenden Drehstromnetz.

In Fig. 2 sind die Verläufe der bezogenen Stromeffektivwerte I/I_0 in Abhängigkeit von den Steuerwinkelwerten ψ für symmetrische und unsymmetrische Schaltungen gemäß dem bisherigen Stand der Technik dargestellt.

Es sind darin die Verläufe bezogener Stromeffektivwerte I/I_0 über den Steuerwinkelwerten ψ von 0° el bis 150° el dargestellt, beispielhaft für eine rein ohmsche Drehstromlast. Gebildet wird der bezogene Stromeffektivwert dabei aus dem Effektivwert des Netzstromes I beim jeweiligen Steuerwinkelwert ψ und dem Effektivwert des Netzstromes I_0 beim Steuerwinkelwert $\psi=0^\circ$ el als Bezugsgröße.

Dargestellt ist mit einer dünnen gestrichelten Linie der Verlauf der bezogenen Stromeffektivwerte I/I_0 bei einer symmetrischen Steuerschaltung Symm., beginnend bei bezogenen Stromeffektivwerten I/I_0 in allen drei Strängen gleich 1 bei einem Steuerwinkelwert ψ gleich 0°_{el} , gleich verlaufend in allen drei Strängen bis zu bezogenen Stromeffektivwerten I/I_0 gleich 0 bei einem Steuerwinkelwert ψ gleich 150°_{el} .

Für die unsymmetrische Steuerschaltung ist der unterschiedliche Verlauf der bezogenen Stromeffektivwerte I/I_0 für die drei Stränge R, S und T dargestellt. Beim Steuerwinkelwert ψ gleich 0°_{el} fallen die Werte noch beim Wert 1 zusammen. Mit zunehmendem Steuerwinkelwert ψ steigen dann die strichpunktiert dargestellten bezogenen Stromeffektivwerte I/I_0 für den dritten Strang T leicht an und fallen ab etwa einem Steuerwinkelwert ψ gleich 30°_{el} wieder bis auf etwa den Wert 0,35 bei einem Steuerwinkelwert ψ gleich 150°_{el} ab. Die dick gestrichelten bezogenen Stromeffektivwerte I/I_0 für den zweiten Strang S verlaufen abfallend bis auf ebenfalls etwa den Wert 0,35 beim Steuerwinkelwert ψ gleich 150°_{el} . Der durchgezogene dargestellte Verlauf der bezogenen Stromeffektivwerte I/I_0 für den ersten Strang R liegt unterhalb des Verlaufes für die symmetrische Steuerschaltung und endet beim Steuerwinkelwert ψ gleich 150°_{el} beim Wert 0.

Der dargestellte unterschiedliche Verlauf der Stromeffektivwerte in den Strängen bei der unsymmetrischen Schaltung führt bei verschiedenen Anwendungen - insbesondere bei sogenannten „Softstartern“ zu Problemen.

Erfindungsgemäßen werden die drei Stromeffektivwerte I_{eff} in den drei Strängen R, S und T einer W3-2C Schaltung gemäß Fig. 1 dadurch angenähert, dass die Steuerwinkelwerte der beiden Ventilpaare von den Steuerwinkelwerten ψ des ersten Ventilpaares abhängige Differenzwerte δ aufweisen. Fig. 3 zeigt einen beispielhaften empirisch ermittelten Verlauf der

Differenzwerte δ über den Steuerwinkelwerten ψ des ersten Ventilpaares. Dabei bleiben die Differenzwerte δ im Bereich der Steuerwinkelwerte ψ zwischen 0°el und 75°el bei 0°el und steigen dann bis 60°el beim Steuerwinkelwert ψ gleich 120°el an, um wiederum im Bereich der Steuerwinkelwerte ψ zwischen 135°el und $\psi=165^\circ\text{el}$ auf 0°el abzufallen.

Die Werte für die Steuerwinkel des zweiten Ventilpaares ergeben sich gemäß Fig. 3 als Summe der Steuerwinkelwerte ψ des ersten Ventilpaares und der davon abhängigen Differenzwerte δ . Aufgrund der Abhängigkeit der Differenzwerte δ vom Lastwinkel der Drehstromlast Z ergeben sich für Drehstromlasten mit unterschiedlichen Lastwinkel jeweils eigene Differenzwerte δ . Im dargestellten Verlauf sind die Differenzwerte δ für einen Bereich von Lastwinkel gemittelt.

Fig.4 zeigt die Verläufe der Stromeffektivwerte I_{eff} für die drei Stränge R, S und T einer 3W-2C Schaltung aus Fig. 1 in Abhängigkeit der Steuerwinkelwerte ψ , wie sie sich erfindungsgemäß ergeben. Dabei sind die Werte des Steuerwinkels für das Ventilpaar im dritten Strang T um die ermittelten Differenzwerte δ größer als die Steuerwinkelwerte ψ für das Ventilpaar im ersten Strang R.

Für ein Ausführungsbeispiel mit einer Drehstromlast mit 10 Ohm und 40mH (Lastwinkel ca. 45°el) ist dargestellt, dass die Stromeffektivwerte I_{eff} abhängig von den Steuerwinkelwerten ψ von 15°el bis 135°el von etwa beispielhaft 15 Ampere beginnend einander angenähert abfallend bis auf 0 Ampere verlaufen. Ab einem Steuerwinkelwert ψ gleich 135°el steigen die Stromeffektivwerte I_{eff} im zweiten Strang S und im dritten Strang T wieder an und der Stromeffektivwert I_{eff} im ersten Strang R bleibt auf 0 Ampere. Das Ausmaß dieses Anstiegs ist bei größeren induktiven Anteilen der zu steuernden Drehstromlast Z geringer.

Wie Fig. 2 zeigt, sind auch die aus Fig. 4 nicht ersichtlichen Stromeffektivwerte I_{eff} bei $\psi=0^\circ\text{el}$ gleich groß.

Aus Fig. 5 ist für den beispielhaften Fall eines

- 5 rechtsdrehendes Drehstromnetzes mit den zwei Ventilpaaren V1 und V4 bzw. V5 und V2 im ersten Strängen R und im dritten Strang T die Zündungsabfolge der Ventile V1, V4, V5 und V2 ersichtlich. Entsprechend der Nummern der Ventile zündet das erste Ventil V1 entsprechend dem vorgegebenen
- 10 Steuerwinkelwert ψ zuerst. Erfindungsgemäß zündet das vierte Ventil V2 nicht nach 60°el , wie dies bei der W3-2C Schaltung nach dem Stand der Technik geschieht, sondern um den Differenzwert δ verzögert. Das im ersten Strang R angeordnete zweite Ventil V4 zündet wiederum ohne Verzögerung 180°el nach
- 15 dem ersten Ventil V1. Das dritte Ventil V5, das mit dem vierten Ventil V2 das antiparallele Ventilpaar im dritten Strang T bildet, zündet wie das vierte Ventil V2 um den Differenzwert δ verzögert und somit 180°el nach der Zündung des vierten Ventils V2.

20

Im Falle eines linksdrehenden Stromnetzes mit gleicher Anordnung der Ventile V1, V4, V5 und V2 gemäß Fig. 1 zündet das dritte Ventil V5 und das vierte Ventil V2 im dritten Strang T unverzüglich entsprechend dem Steuerwinkelwert ψ .

- 25 Die Ventile V1 und V4 im ersten Strang R zünden hingegen um den Differenzwert δ verzögert. Die Zündabfolge erfolgt dabei so, dass das erste Ventil V1 vor dem dritten Ventil V5, dieses vor dem zweiten Ventil V4 und dieses vor dem vierten Ventil V2 zündet.

30

- Fig. 6 zeigt beispielhaft den Verlauf der Schaltimpulse für die Ventile V1, V4, V5, V2 sowie die Außenleiterspannungen U_{TR} , U_{ST} , U_{RS} und Lastströme I_{R} , I_{S} , I_{T} über der Laufzeit t , wobei die Drehstromlast einen beispielhaften ohmschen Anteil von 10 Ohm und einen induktiven Anteil von 40mH aufweist und somit ein Lastwinkel von ca. 45°el gegeben ist. Der
- 35 Steuerwinkelwert ψ für das erste Ventil V1 und das zweite

Ventil V4 beträgt dabei 105°el . Der für den Steuerwinkelwert ψ gleich 105°el ermittelten Differenzwert δ beträgt 55°el , der Steuerwinkelwert für das dritte Ventil V5 und vierte Ventil V2 ist als Summe der beiden Werte gleich 160°el . Die
5 Netzfrequenz beträgt 50Hz.

Das erste Ventil V1 bekommt somit den ersten Schaltimpuls bei Erreichung des Phasenwinkel 105°el im ersten Strang R, was einer Laufzeit t von 5,83ms entspricht. Fig. 6 zeigt bei
10 5,83ms für den Laststrom im ersten Strang I_R den Startpunkt einer positiven Stromkuppe und für den Laststrom im zweiten Strang I_S den Startpunkt einer negativen Stromkuppe. Im dritten Strang T fließt kein Strom bis zum Erreichen des ersten Schaltimpulses für das vierte Ventil V2 bei einer
15 Laufzeit t gleich 12,22ms, was dem Nulldurchgang des Stromes in negativer Richtung im dritten Strang T bei 60°el zuzüglich dem Steuerwinkelwert von 160°el , also 220°el entspricht.

Die negative Stromkuppe im dritten Strang T geht mit einer
20 positiven Stromkuppe im zweiten Strang S einher, die ab einer Laufzeit t gleich 15,83ms (entspricht 185°el) mit der positiven Stromkuppe überlagert wird, die mit der durch den Schaltimpuls des zweiten Ventils V4 im ersten Strang R hervorgerufen Stromkuppe einhergeht.

25 In Fig. 6 ist dargestellt, dass die Ströme nur von den mit Ventilpaaren gesteuerten Strängen zum ungesteuerten Strang fließen. Zwischen den gesteuerten Strängen fließt bei diesem Steuerwinkel kein Strom.

30

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung einer Drehstromlast (Z) über zwei Paare steuerbarer Ventile (V1, V4, V5, V2), wobei in zwei der
5 drei Stränge (R, S, T) ein Paar angeordnet ist und die beiden Ventile (V1, V4 bzw. V5, V2) eines Paares zueinander antiparallel geschaltet sind und wobei durch Phasenanschnittsteuerung mittels Vorgabe von Steuerwinkelwerten (ψ) die Stromeffektivwerte (I_{eff}) in den
10 zwei Strängen gesteuert werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuerwinkelwerte (ψ) der beiden Ventilpaare (V1 und V4 bzw. V5 und V2) so vorgegeben werden, dass sie in einem festgelegten Bereich vorgegebene Differenzwerte (δ) zueinander aufweisen.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zu jedem Steuerwinkelwert (ψ) eines der beiden Ventilpaare ein bestimmter Steuerwinkelwert (ψ) des zweiten Ventilpaares vorab festgelegt wird.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zwei gesteuerten Stränge (R, T) als voneinander unabhängige Regelstrecken ausgebildet sind, dass als Stellgröße jeweils der Steuerwinkelwert (ψ) des Ventilpaares
25 (V1 und V4 bzw. V5 und V2) dient und dass jedem Regler der im zugehörigen Strang gemessene Stromeffektivwert (I_{eff}) als Istwert zugeführt und ein gemeinsamer Stromeffektivwert als Sollwert vorgegeben wird und dass die Steuerwinkelwerte (ψ) der beiden Ventilpaare (V1 und V4 bzw. V5 und V2) bestimmte
30 Differenzwerte (δ) zueinander annehmen.
4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass den Steuerwinkelwerten (ψ) des ersten Ventilpaares (V1 und V4) zwischen 0° el bis 180° el
35 positive Differenzwerte (δ) zugeordnet werden und dass den Steuerwinkel des zweiten Ventilpaares (V5 und V2) Werte zugeordnet werden, welche den jeweiligen Summen des

Steuerwinkelwerts (ψ) des ersten Ventilpaares (V1 und V4) und des dazugehörigen Differenzwertes (δ) entsprechen.

5. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**,
5 dass die Differenzwerte (δ) zwischen den Steuerwinkelwerten (ψ) der beiden Ventilpaare (V1 und V4 bzw. V5 und V2) drehfeldabhängig empirisch in der Weise ermittelt werden, dass abhängig vom Lastwinkel der Drehstromlast (Z) für eine Reihe von Steuerwinkelwerten (ψ) bei festgehaltenem
10 Steuerwinkelwert (ψ) des ersten Ventilpaares (V1 und V4) der Steuerwinkelwert (ψ) des zweiten Ventilpaares (V5 und V2) so lange verändert wird, bis die an den drei Strängen (R, S, T) gemessenen Effektivstromwerte (I_{eff}) einander angenähert sind.

15 6. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Differenzwerte (δ) zwischen den Steuerwinkelwerten (ψ) der beiden Ventilpaare (V1 und V4 bzw. V5 und V2) drehfeldabhängig durch ein messtechnisches Verfahren in der
20 Weise ermittelt werden, dass die Verläufe der Stromeffektivwerte (I_{eff}) ohne Differenz der Steuerwinkelwerten (ψ) in Abhängigkeit von diesen erfasst werden und sich die Differenzwerte (δ) aus den Verläufen der Stromeffektivwerte (I_{eff}) der gesteuerten Stränge (R, T) als
25 Abstand zwischen den Punkten mit gleichem Stromeffektivwert (I_{eff}) ergeben.

7. Schaltung zur Durchführung der Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei
30 Paare steuerbarer Ventile (V1, V4, V5, V2) vorgesehen sind, dass in zwei der drei Stränge (R, S, T) ein Paar angeordnet ist und die beiden Ventile (V1, V4 bzw. V5, V2) eines Paares zueinander antiparallel geschaltet sind, und dass ein elektronisches Steuerelement zur Vorgabe von
35 Steuerwinkelwerten (ψ) und Ansteuerung der Ventile (V1, V4, V5, V2) vorgesehen ist.

8. Schaltung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ventile (V1, V4, V5, V2) als gesteuerte Thyristoren ausgebildet sind.

- 5 9. Schaltung nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Durchführung des Verfahrens gemäß Anspruch 2 das elektronische Steuergerät Speichermittel zur Speicherung der jeweils einander zugeordneten Steuerwinkelwerte (ψ) der beiden Ventilpaare (V1 und V4 bzw.
10 V5 und V2) aufweist.

200419696

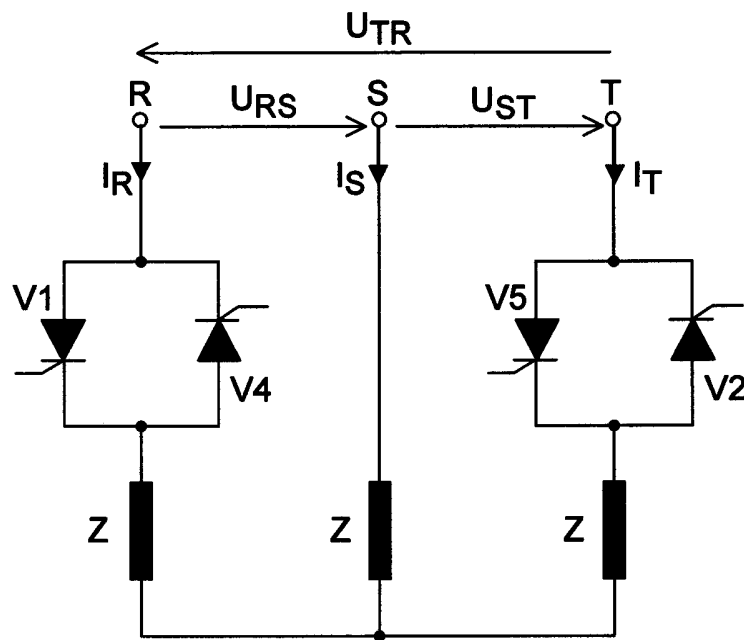


Fig. 1

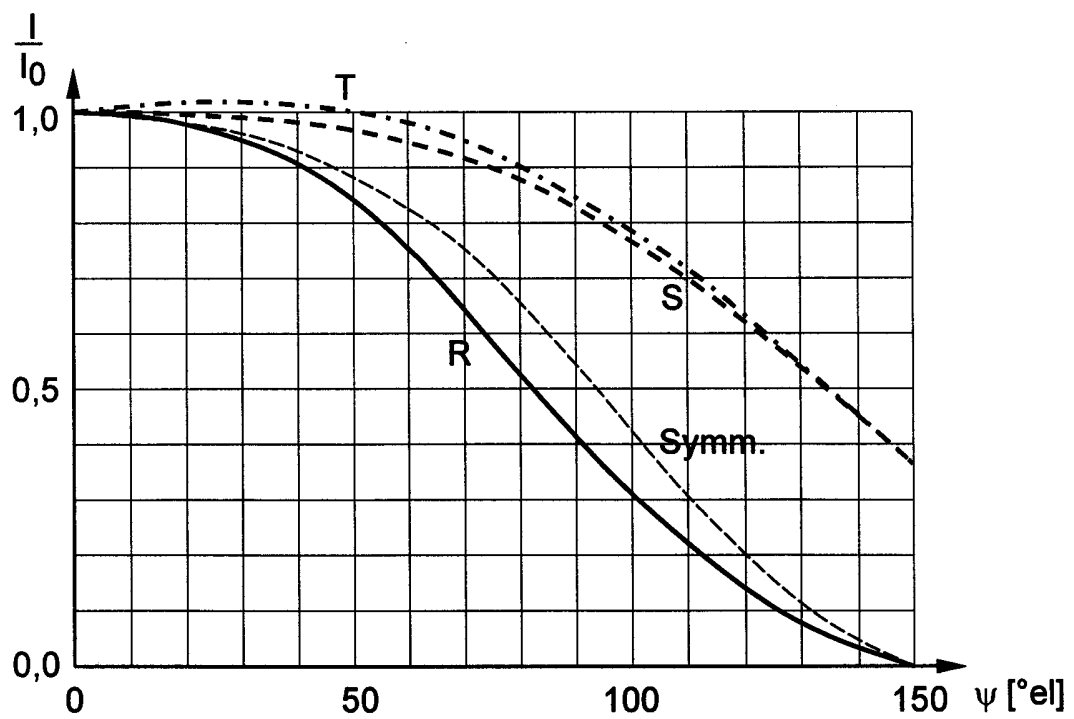


Fig. 2

005079

200419696

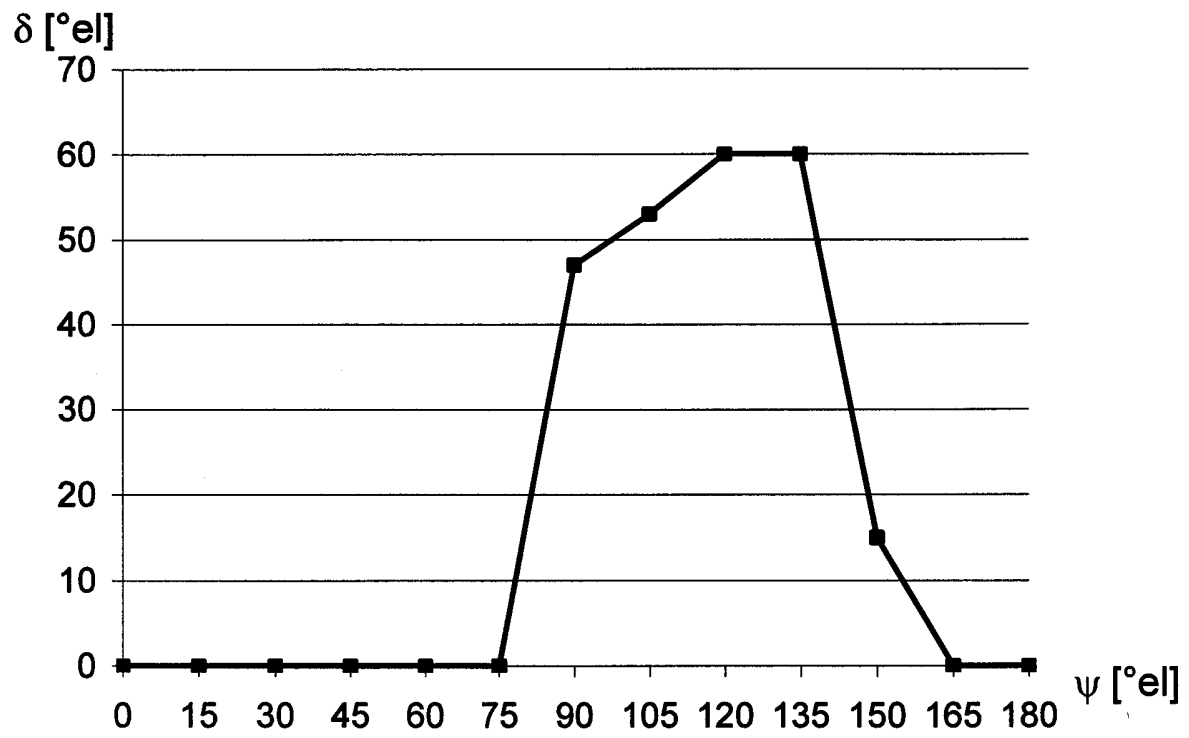


Fig. 3

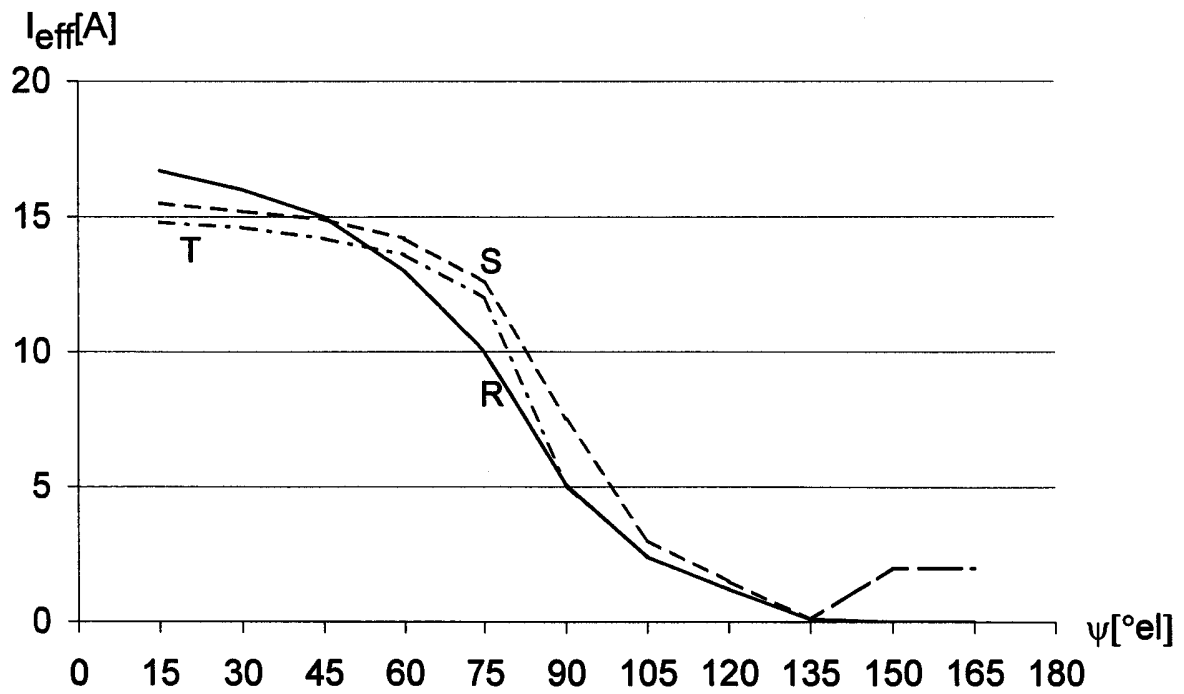


Fig. 4

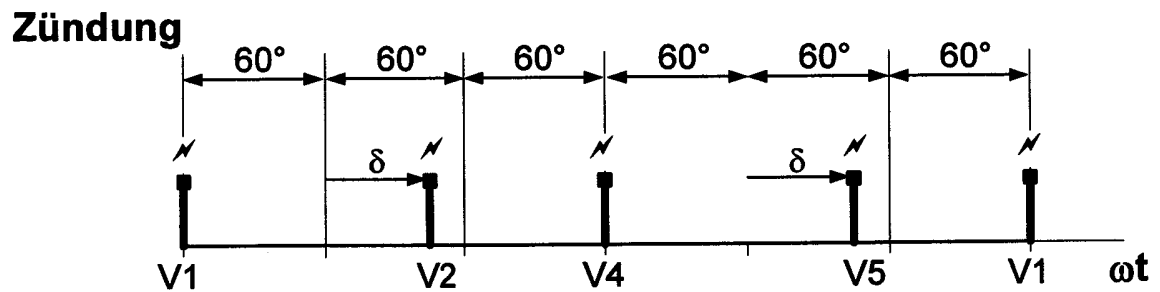


Fig. 5

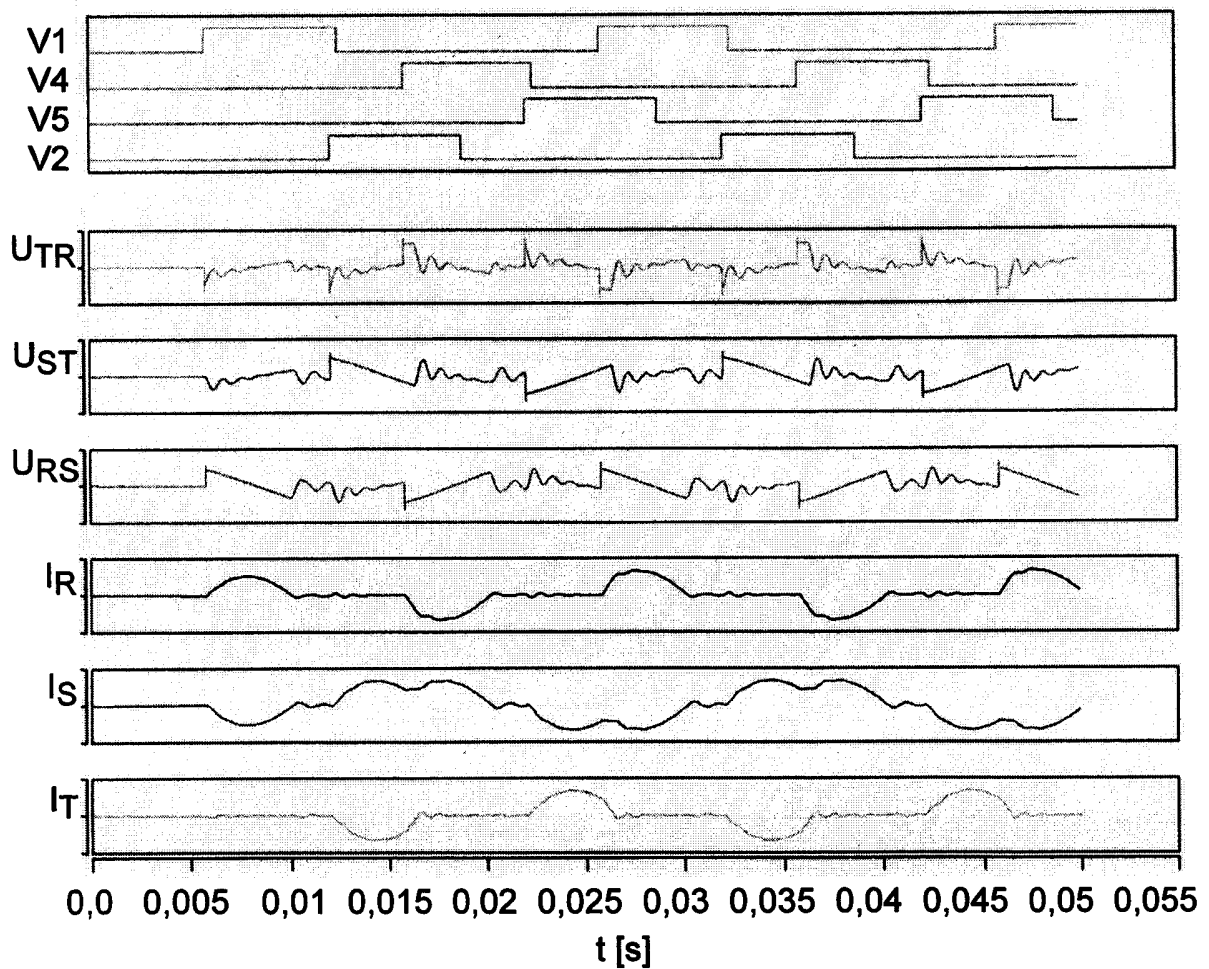
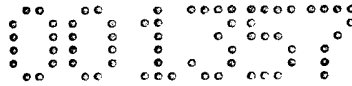


Fig. 6

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung einer Drehstromlast (Z) über zwei Paare steuerbarer Ventile (V1, V4, V5, V2), wobei in zwei der
5 drei Stränge (R, S, T) ein Paar angeordnet ist und die beiden Ventile (V1, V4 bzw. V5, V2) eines Paares zueinander antiparallel geschaltet sind und wobei durch Phasenanschnittsteuerung mittels Vorgabe von Steuerwinkelwerten (ψ) die Stromeffektivwerte (I_{eff}) in den
10 zwei Strängen gesteuert werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuerwinkelwerte (ψ) der beiden Ventilpaare (V1 und V4 bzw. V5 und V2) so vorgegeben werden, dass sie in einem festgelegten Bereich vorgegebene Differenzwerte (δ) zueinander aufweisen.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zu jedem Steuerwinkelwert (ψ) eines der beiden Ventilpaare ein bestimmter Steuerwinkelwert (ψ) des zweiten Ventilpaares vorab festgelegt wird.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zwei gesteuerten Stränge (R, T) als voneinander unabhängige Regelstrecken ausgebildet sind, dass als Stellgröße jeweils der Steuerwinkelwert (ψ) des Ventilpaares
25 (V1 und V4 bzw. V5 und V2) dient und dass jedem Regler der im zugehörigen Strang gemessene Stromeffektivwert (I_{eff}) als Istwert zugeführt und ein gemeinsamer Stromeffektivwert als Sollwert vorgegeben wird und dass die Steuerwinkelwerte (ψ) der beiden Ventilpaare (V1 und V4 bzw. V5 und V2) bestimmte
30 Differenzwerte (δ) zueinander annehmen.
4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass den Steuerwinkelwerten (ψ) des ersten Ventilpaares (V1 und V4) zwischen 0° el bis 180° el
35 positive Differenzwerte (δ) zugeordnet werden und dass den Steuerwinkel des zweiten Ventilpaares (V5 und V2) Werte zugeordnet werden, welche den jeweiligen Summen des

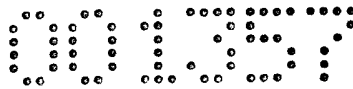


Steuerwinkelwerts (ψ) des ersten Ventilpaares (V1 und V4) und des dazugehörigen Differenzwertes (δ) entsprechen.

5. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**,
5 dass die Differenzwerte (δ) zwischen den Steuerwinkelwerten (ψ) der beiden Ventilpaare (V1 und V4 bzw. V5 und V2) drehfeldabhängig empirisch in der Weise ermittelt werden, dass abhängig vom Lastwinkel der Drehstromlast (Z) für eine Reihe von Steuerwinkelwerten (ψ) bei festgehaltenem
10 Steuerwinkelwert (ψ) des ersten Ventilpaares (V1 und V4) der Steuerwinkelwert (ψ) des zweiten Ventilpaares (V5 und V2) so lange verändert wird, bis die an den drei Strängen (R, S, T) gemessenen Effektivstromwerte (I_{eff}) einander angenähert sind.

15
6. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Differenzwerte (δ) zwischen den Steuerwinkelwerten (ψ) der beiden Ventilpaare (V1 und V4 bzw. V5 und V2) drehfeldabhängig durch ein messtechnisches Verfahren in der
20 Weise ermittelt werden, dass die Verläufe der Stromeffektivwerte (I_{eff}) ohne Differenz der Steuerwinkelwerten (ψ) in Abhängigkeit von diesen erfasst werden und sich die Differenzwerte (δ) aus den Verläufen der Stromeffektivwerte (I_{eff}) der gesteuerten Stränge (R, T) als
25 Abstand zwischen den Punkten mit gleichem Stromeffektivwert (I_{eff}) ergeben.

7. Schaltung, welche zur Durchführung der Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6 eingerichtet ist, **dadurch**
30 **gekennzeichnet**, dass zwei Paare steuerbarer Ventile (V1, V4, V5, V2) vorgesehen sind, dass in zwei der drei Stränge (R, S, T) ein Paar angeordnet ist und die beiden Ventile (V1, V4 bzw. V5, V2) eines Paares zueinander antiparallel geschaltet sind, und dass ein elektronisches Steuerelement
35 zur Vorgabe von Steuerwinkelwerten (ψ) und Ansteuerung der Ventile (V1, V4, V5, V2) vorgesehen ist.



8. Schaltung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ventile (V1, V4, V5, V2) als gesteuerte Thyristoren ausgebildet sind.

- 5 9. Schaltung nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Durchführung des Verfahrens gemäß Anspruch 2 das elektronische Steuergerät Speichermittel zur Speicherung der jeweils einander zugeordneten Steuerwinkelwerte (ψ) der beiden Ventilpaare (V1 und V4 bzw. V5 und V2) aufweist.
- 10



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC ⁸ : H02M5/257; H02P7/62; G05F1/455
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): H02M, H02P, G05F
Konsultierte Online-Datenbank: WPI, PAJ, IEEE
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 22. Dezember 2004 eingereichten Ansprüchen 1-9 erstellt.

Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	DE 1588689 A1 (SIEMENS AG) 18. Juni 1970 (18.06.1970) <i>Figur 2.</i>	7, 8
Y	--	1, 2, 9
X	DE 2855330 A1 (LICENTIA PATENT-VERWALTUNGS-GMBH) 10. Juli 1980 (10.07.1980) <i>Figur.</i>	7, 8
Y	--	1, 2, 9
A	DE 3009445 A1 (PEKAZETT BAUMASCHINEN GMBH) 17. September 1981 (17.09.1981) <i>Figur.</i>	7, 8
A	SU 1202004 A (KEDROV B I) 30. Dezember 1985 (30.12.1985) <i>Zusammenfassung, Figur.</i>	7, 8

Datum der Beendigung der Recherche:
18. Oktober 2005

☐ Fortsetzung siehe Folgeblatt

Prüfer(in):
Dipl.-Ing. MEHLMAUER

¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente:

- X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y Veröffentlichung von Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist.

- A Veröffentlichung, die den **allgemeinen Stand der Technik** definiert.
- P Dokument, das **von Bedeutung** ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem **Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie X), aus dem ein **älteres Recht** hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- & Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.