



PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

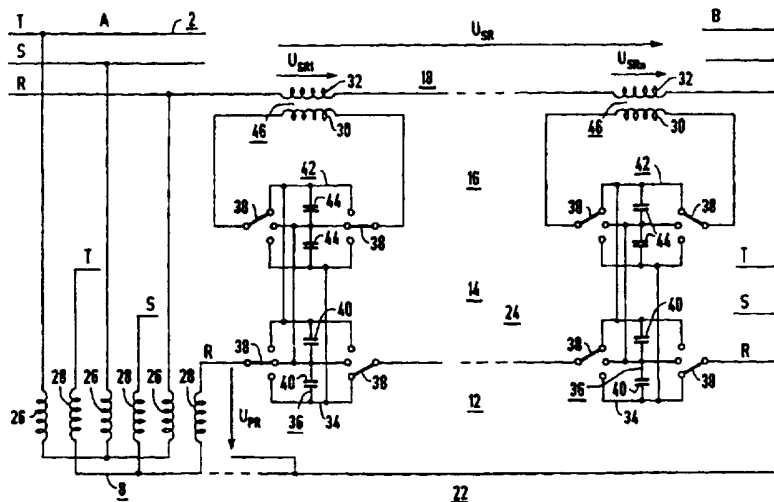
<p>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : H02J 3/06, 3/18, H02M 7/48</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 97/13309</b>  (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 10. April 1997 (10.04.97)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE96/01706 (22) Internationales Anmeldedatum: 11. September 1996 (11.09.96) (30) Prioritätsdaten: 195 36 468.6 29. September 1995 (29.09.95) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHETTLER, Frank [DE/DE]; Ritterstrasse 13, D-91054 Erlangen (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: AU, CA, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</p>	

(54) Title: MAINS-ADAPTED VOLTAGE-APPLYING HIGH-OUTPUT OBLIQUE TRANSFORMER CONTROLLED BY A CURRENT CONVERTER

(54) Bezeichnung: NETZFREUNDLICHER STROMRICHTERGESTEUERTER, SPANNUNGSEINPRÄGENDER SCHRÄGTRANSFORMATOR GROSSER LEISTUNG

(57) Abstract

The invention pertains to a mains-adapted voltage-applying high-output oblique transformer (22) controlled by a current converter and comprising a field-circuit transformer (8), an additional transformer (18) and a converter (24) comprising two current converters (12, 16) and a direct voltage intermediate circuit (14). The field-circuit-side current converter (12) for each phase (R, S, T) has n double cascades (34) coupled electrically in series; each phase (R, S, T) of the output-side current converter (16) has n four-quadrant setters (42). The additional transformer (18) for each phase (R, S, T) consists of n double-wound transformers (46) and the direct voltage connections of each four-quadrant setter (42) are connected to the corresponding connections of the energy store (36) of a double cascade (34). This arrangement results in a mains-adapted high-output voltage-applying oblique transformer controlled by a current converter of inexpensive design whose total output can be adapted in steps to requirements.



### (57) Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf einen netzfreundlichen stromrichter gesteuerten, spannungseinprägenden Schrägtransformator (22) großer Leistung, bestehend aus einem Erregertransformator (8), einem Zusatztransformator (18) und einem Umrichter (24), der zwei Stromrichter (12, 16) und einen Gleichspannungs-Zwischenkreis (14) aufweist. Erfindungsgemäß weist der erregerseitige Stromrichter (12) je Phase (R, S, T) n elektrisch in Reihe geschaltete Doppelkaskaden (34) auf, weist jede Phase (R, S, T) des ausgangsseitigen Stromrichters (16) n Vierquadrantensteller (42) auf, besteht der Zusatztransformator (18) je Phase (R, S, T) aus n Zweiwicklungstransformatoren (46) und sind die Gleichspannungsanschlüsse jedes Vierquadrantenstellers (42) mit den entsprechenden Anschlüssen des Energiespeichers (36) einer Doppelkaskade (34) verbunden. Somit erhält man einen netzfreundlichen stromrichter gesteuerten, spannungseinprägenden Schrägtransformator großer Leistung, dessen Gesamtleistung den jeweiligen Anforderungen stufenweise angepaßt werden kann, wobei die Realisierung kostengünstig ist.

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Armenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LK	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauritanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

## Beschreibung

Netzfrequenzlicher stromrichter-gesteuerter, spannungseinprägender Schrägtransformator großer Leistung

5

Die Erfindung bezieht sich auf einen netzfrequenzlichen stromrichter-gesteuerten, spannungseinprägenden Schrägtransformator großer Leistung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

10 Durch eine starke Vermaschung der Hochspannungsnetze besteht die Notwendigkeit, den Leistungsfluß und seine Richtung beliebig oder nach Bedarf auf ausgewählten Übertragungsleitungen steuern zu können. Hierzu werden in der Regel sogenannte Schrägtransformatoranordnungen eingesetzt. Sie bestehen im  
15 allgemeinen aus einem dreiphasigen Erregertransformator und einem dreiphasigen Zusatztransformator. Die Eingangswicklung des Erregertransformators bezieht elektrische Leistung aus dem Netz. Die Ausgangswicklung ist üblicherweise mit einem Stufenschalter versehen. Sie liefert die elektrische Leistung  
20 an die Eingangswicklung des Zusatztransformators, dessen Ausgangswicklung in Reihe zur Übertragungsleitung geschaltet ist und vom gesamten Leitungsstrom durchflossen wird. Im Zusatztransformator wird so eine Zusatzspannung erzeugt, deren Betrag von der Stellung des Stufenschalters abhängt. Ihre Phasenlage wird durch die Schaltgruppen des Erreger- und Zusatz-  
25 transformators bestimmt. Die Spannung an der Ausgangswicklung des Zusatztransformators wird Schrägspannung genannt.

Das Funktionsprinzip einer Leistungsflußregelung ist in der  
30 Figur 1 dargestellt. In eine Übertragungsleitung 2 wird eine steuerbare Spannungsquelle 4 seriell eingeschaltet. Durch eine zielgerichtete Veränderung des Betrages und der Phasenlage der Serienspannung  $U_g$  wird der Leistungsfluß durch die Übertragungsleitung 2 beeinflusst. Aus der Phasenlage der Serienspannung  $U_g$  zum in der Leitung 2 fließenden Strom  $I$  er-  
35

gibt sich die Wirkleistung  $P$  und die Blindleistung  $Q_S$ , die diese Spannungsquelle 4 mit dem Netz austauscht. Die Wirkleistung  $P$  kann entweder großen Energiespeichern zugeführt oder entnommen werden oder sie wird, wie in Figur 1 gezeigt, über  
5 eine zweite Spannungsquelle 6 mit der Spannung  $U_p$ , die parallel an das Netz geschaltet ist, aus dem Netz bezogen und dem Netz wieder zugeführt. Der Einsatz einer parallelen Spannungsquelle 6 ist vorteilhaft, da zusätzlich zu der im Zusammenhang mit der Serienschaltung erforderlichen Wirkleistung  $P$   
10 auch Blindleistung  $Q_p$  mit dem Netz ausgetauscht werden kann. Dieser Blindleistungsaustausch  $Q_p$  der Parallelschaltung ist unabhängig von dem der Serienschaltung.

Leistungsflußregler, die nach dem beschriebenen Prinzip arbeiten, können mit Spannungswechselrichtern aufgebaut werden.  
15 Sie bestehen entsprechend der Figur 2 aus folgenden Hauptkomponenten:

- Transformator 8 im Querzweig 10, auch als Erregertransformator bezeichnet  
20
- Wechselrichter 12 im Querzweig 10, auch erregerseitiger Stromrichter genannt
- kapazitiver Energiespeicher 14
- Wechselrichter 16 im Längszweig 20, auch als ausgangsseitiger Stromrichter bezeichnet  
25
- Transformator 18 im Längszweig 20, auch als Zusatztransformator bezeichnet.

Die beiden Wechselrichter 12 und 16 formen die Gleichspannung des kapazitiven Energiespeichers 14 in eine stufenförmige  
30 Wechselspannung um. Diese Wechselspannung wird über die Übersetzungsverhältnisse der Transformatoren 8 und 18 den gegebenen Netzspannungen angepaßt. Eine derartige Schaltung wird als **Unified Power Flow Controller (UPFC)** bezeichnet.

Aus dem Aufsatz "The Unified Power Flow Controller: A New Approach to Power Transmission Control", veröffentlicht in IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 10, No. 2, April 1995, Seiten 1085 bis 1093, ist eine UPFC-Schaltung bekannt. Diese  
5 Schaltung besteht aus einem erregenseitigen Wechselrichter, der über einen Erregertransformator mit dem Netz parallel geschaltet wird, einem ausgangsseitigen Wechselrichter, der über einen Zusatztransformator mit dem Netz in Serie geschaltet wird, sowie einem Kondensator, über den beide Wechsel-  
10 richter auf ihrer Gleichspannungsseite miteinander verbunden sind. Wie die Figur 1 dieses Aufsatzes zeigt, ist jeder der beiden Stromrichter als 6-pulsige Drehstrombrückenschaltung mit sechs abschaltbaren Leistungshalbleitern, insbesondere Gate-Turn-Off-(GTO-)Thyristoren ausgeführt, wobei zu jedem  
15 GTO-Thyristor eine Freilaufdiode antiparallel geschaltet wird. Bei den Betrachtungen soll diese Schaltung als Zweipunktschaltung bezeichnet werden, weil durch die Ansteuerung der GTO-Thyristoren der positive oder der negative Anschluß des Energiespeichers mit dem Anschluß einer Phase des Drehstromsystems verbunden werden kann.  
20

Die erreichbare Leistung dieser Zweipunktschaltung wird durch die Spannungsfestigkeit und den abschaltbaren Strom des eingesetzten GTO-Thyristors bestimmt. Dies gilt, wenn der GTO-  
25 Thyristor ausreichend gekühlt wird. Es kann davon ausgegangen werden, daß dies heute realisierbar ist.

Da sich die Erfindung auf einen Leistungsflußregler großer Leistung bezieht, werden nachfolgend die bekannten Möglich-  
30 keiten aufgeführt, mit denen die Leistung der Gesamtanlage erhöht werden kann. Dabei können nach dem bisherigen Stand der Technik zwei Lösungswege eingeschlagen werden. Ein Weg führt über die Erhöhung der Leistung eines Wechselrichters, der andere nutzt die Zusammenschaltung mehrerer Wechselrich-  
35 ter aus.

Ist die geforderte Leistung der UPFC-Schaltung der genannten Entgegenhaltung gemäß Figur 1 höher als die mit einem GTO-Thyristor erreichbare, kann eine direkte Reihenschaltung der GTO-Thyristoren angewendet werden. Die höhere Leistung wird dabei durch eine höhere Spannung am kapazitiven Energiespeicher erreicht.

Als Vorteile der direkten Reihenschaltung sind zu nennen:

10

- Die Leistung der Zweipunktschaltung kann feinstufig gesteigert werden.
- Durch Einsatz zusätzlicher GTO-Thyristoren in die Reihenschaltung kann Redundanz erreicht werden.

15

Die direkte Reihenschaltung von GTO-Thyristoren besitzt folgende Nachteile:

20

25

30

35

- Bei der Ansteuerung der GTO-Thyristoren ist darauf zu achten, daß alle direkt in Reihe geschalteten GTO-Thyristoren exakt zeitgleich schalten, damit Spannungsfehlverteilungen zwischen den in Reihe geschalteten GTO-Thyristoren vermieden werden.
- Die grobe Treppenform der Wechselspannung des Stromrichters wird mit Erhöhung der Leistung nicht verbessert. Im allgemeinen sind diese Schaltungen daher nicht ohne zusätzliche Filter zur Verringerung der Verzerrungen der Netzspannung einsetzbar.
- Die bekannten Dämpfungsbeschaltungen für die GTO-Thyristoren in direkter Serienschaltung besitzen wesentlich höhere Verluste, als die für einzelne GTO-Thyristoren einsetzbaren.
- Die Spannungsausnutzung der GTO-Thyristoren sinkt mit zunehmender Reihenschaltzahl. Das führt zu einer überproportionalen Erhöhung der Reihenschaltzahl im Vergleich zur

Erhöhung der Kondensatorspannung, was höhere Anschaffungskosten sowie spezifische Verluste und damit höhere Betriebskosten der Schaltung nach sich zieht.

- Bisher wurden keine Reihenschaltzahlen größer sechs bekannt, wodurch die maximal erreichbare Leistung einer Wechselrichtereinheit als begrenzt betrachtet werden muß.

Ein weiterer Weg zur Erhöhung der Leistung eines Wechselrichters ist die indirekte Reihenschaltung von zwei GTO-Thyristoren in der Dreipunktschaltung. Bei dieser Schaltung kann der Anschluß der Phase des Drehstromsystems mit dem positiven, negativen oder Mittelanschluß des Energiespeichers verbunden werden. Ein Beispiel für die Anwendung einer solchen Schaltung ist in dem Aufsatz "Statischer Umrichter Muldenstein", veröffentlicht in der DE-Zeitung "eb-Elektrische Bahnen", Band 93 (1995), Heft 1/2, Seiten 43 bis 48, beschrieben. Das Bild 4 dieses Aufsatzes zeigt einen Vierquadrantensteller, in dem zwei Dreipunkt-Phasenbausteine eingesetzt sind.

In dem Aufsatz "Advanced Static Compensation Using a Multi-level GTO Thyristor Inverter", IEEE 94 SM 396-2 PWRD, Seiten 1 bis 7, ist die Erweiterung der Dreipunktschaltung zu einer n-Punktschaltung beschrieben. Der Aufsatz stellt folgende Vorteile der n-Punktschaltung heraus:

25

- Die Spannung des Wechselrichters kann ohne direkte Serienschaltung von GTO-Thyristoren erhöht werden, wodurch die Notwendigkeit des exakt zeitgleichen Schaltens der GTO-Thyristoren umgangen wird.
- Das zeitversetzte Anschalten der einzelnen Spannungsstufen ermöglicht eine bessere Annäherung der stufenförmigen Wechselspannung an die Sinusform und damit einen geringeren Anteil höherer Harmonischer im Ausgangsstrom. Dadurch können die eingesetzten GTO-Thyristoren besser ausgenutzt

30

und die Grundswingungsleistung des Wechselrichters kann erhöht werden.

Außerdem können weitere Vorteile herausgestellt werden:

5

- Mit der n-Punktschaltung ist eine Leistungserhöhung ohne zusätzliche induktive Komponenten (Transformatoren oder Drehstromsaugdrosseln) möglich. Induktive Komponenten sind in der Anschaffung teurer und besitzen höhere Verluste als vergleichbare kapazitive Komponenten.

10

- Die n-Punktschaltung kann über einen Standardtransformator an das Netz angeschlossen werden.

15

- Die stufenförmige Wechselspannung kann der Sinusform angenähert werden, ohne von der Grundfrequenz-Modulation der GTO-Thyristor-Ansteuerung abzugehen. Grundfrequenz-Modulation heißt, daß jeder GTO-Thyristor nur einmal pro Periode an- bzw. abgeschaltet wird. Eine höherfrequente GTO-Thyristor-Ansteuerung (Pulsweitenmodulation) ist wegen der Abschaltzeiten und Schonzeiten der Bauelemente in der praktischen Anwendung auf Frequenzen bis 250 Hz begrenzt. Dies ermöglicht zwar eine Verringerung der niedrigen Harmonischen (Ordnungszahlen 5 bis 17), führt jedoch zu einer Erhöhung der nächst höheren Harmonischen (ab 19-te). Dies kann zu zusätzlichem Filteraufwand zwingen. Ein weiterer wesentlicher Nachteil einer höherfrequenten GTO-Thyristor-Ansteuerung sind die proportional zur Schaltfrequenz ansteigenden Schaltverluste im Wechselrichter.

20

25

Das Konzept n-Punktschaltung besitzt folgende Nachteile:

30

- Verschiedene geforderte Wechselrichterleistungen erfordern verschiedene Punktzahlen und demzufolge verschiedene konstruktive Ausführungen eines n-Punktphasenbausteins.

- Ab  $n > 3$  ist bei den Dioden, die zu den Zwischenanschlüssen des Energiespeichers führen, teilweise eine höhere Spannungsfestigkeit erforderlich.
- Die einzelnen  $n-1$  Kondensatorspannungen müssen auf gleiche Höhe geregelt werden. Dies ist aus praktischer Sicht  
5 schwierig zu erreichen.
- Um verbotene Schaltzustände auszuschließen, ist eine komplizierte Ansteuerlogik der GTO-Thyristoren erforderlich. Unter einen verbotenen Schaltzustand ist zu verstehen, daß  
10 mehr als  $n-1$  in Reihe angeordnete GTO-Thyristoren gleichzeitig eingeschaltet sind.

Es kann angenommen werden, daß diese Nachteile die Realisierung von Punktzahlen  $n > 3$  bisher verhindert haben.

15

Durch die Verschaltung mehrerer Wechselrichter können Wechselrichteranlagen entstehen, die eine höhere Gesamtleistung erreichen. Dabei wird neben der Erhöhung der Leistung auch eine Verringerung der Spannungsverzerrungen sowie ein sinusförmiger Strom angestrebt.  
20

Aus dem Aufsatz "A Comparison of Different Circuit Configurations for an Advanced Static Var Compensator (ASVC)", veröffentlicht in "PESC'92 Record", 23rd Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference Toledo, Spain, 1992, Seiten  
25 521 bis 529, sind verschiedene Möglichkeiten der Verschaltung von Wechselrichtern bekannt. Als Wechselrichter wird in diesem Aufsatz entweder ein Zweipunkt- oder ein Dreipunkt-Wechselrichter eingesetzt. Die GTO-Thyristoren werden mit Grundfrequenz-Modulation gesteuert, was bedeutet, daß jeder GTO-Thyristor nur einmal pro Periode ein- und ausgeschaltet wird.  
30

In der Figur 8 auf Seite 524 dieses Aufsatzes sind verschiedene Möglichkeiten der Verschaltung von zwei Stromrichtern dargestellt. Wie der in dem Aufsatz durchgeführte Vergleich  
35

dieser Alternativen zeigt, läßt sich die größte Grundschi-  
wungsleistung mit den Schaltungsvarianten n und o erreichen.  
Bei diesen Varianten werden je zwei Dreipunkt-Schaltungen,  
die drehstromseitig über die Primärwicklungen der Transforma-  
toren in Reihe geschaltet sind, eingesetzt. Die beiden Trans-  
formatoren sind in unterschiedlichen Schaltgruppen (Yy und  
Yd) ausgeführt, wodurch eine 12-pulsige Netzurückwirkung er-  
reicht wird. Durch die drehstromseitige Reihenschaltung der  
Wechselrichter wird erreicht, daß der Wechselrichterstrom  
keine Harmonischen der Ordnungszahlen 5, 7, 17, 19 usw. ent-  
hält. Die eingesetzten GTO-Thyristoren können dadurch besser  
ausgenutzt werden. Der Unterschied der beiden Varianten n und  
o besteht in der Verschaltung der Gleichspannungsseite, was  
auf die erreichbare Leistung keinen wesentlichen Einfluß hat.

15

Aus der Veröffentlichung "Development of a Large Static Var  
Generator Using Self-Commutated Inverters for Improving Power  
System Stability", abgedruckt in IEEE Transactions on Power  
Systems, Vol. 8, No. 1, Febr. 1993, Seiten 371 bis 377, ist  
ein SVG (Static Var Compensator) mit einer Leistung von  
80 MVA bekannt. Die hohe Leistung wird bei dieser Anlage  
durch eine Reihenschaltung von sechs GTO-Thyristoren pro Ven-  
til und eine Reihenschaltung von acht Wechselrichtern über  
einen speziellen Mehrwicklungstransformator erreicht. Wie bei  
den Varianten n und o des zuvor zitierten Aufsatzes wird die  
Erhöhung der Grundschiwungsleistung durch eine Schwenkung  
der einzelnen Sekundärwicklungen des Transformators erreicht.  
Die acht Sekundärwicklungen des Transformators sind zueinan-  
der um  $7,5^\circ$  el. geschwenkt, was zu einer 48-pulsigen Netz-  
rückwirkung führt.

30

Als Vorteil der Erhöhung der Leistung durch drehstromseitige  
Reihenschaltungen kann allgemein herausgestellt werden:

- Mit der Erhöhung der Leistung können durch geeignete Transformatorschaltungen die Netzverzerrungen verringert werden.
  - Durch die drehstromseitige Reihenschaltung der Wechselrichter über Transformatoren kann der Phasenstrom jedes  
5 einzelnen Wechselrichters sinusförmiger gemacht werden und damit die Schaltleistung des eingesetzten GTO-Thyristors besser ausgenutzt werden.
- 10 Diese Schaltung besitzt jedoch folgende Nachteile:
- Die Leistung läßt sich nur grob durch Hinzufügen und Weglassen ganzer Wechselrichter abstufen. Im Falle einer direkten Reihenschaltung von GTO-Thyristoren kann eine fei-  
15 nere Stufung durch die GTO-Thyristor-Anzahl erfolgen.
  - Es sind hochgradig spezialisierte und deshalb teure Transformatoren erforderlich (Sonderanfertigung).
  - Bei Anschluß an das Hochspannungsnetz ist ein zusätzlicher Transformator erforderlich, um die Anschlußspannung auf  
20 eine Zwischenspannung zu transformieren, auf die der Spezialtransformator primärseitig ausgelegt werden kann.
  - Die Transformatoren bringen relativ hohe Betriebsverluste mit sich.
- 25 Aus einer älteren Gebrauchsmusteranmeldung G 94 16 048.1 ist ein statischer Kompensator (GTO-SVC) bekannt, bei dem eine Erhöhung der Leistung durch eine Kaskadierung von Stromrichtermoduln erreicht wird. Als Stromrichtermodul wird dabei ein Dreipunkt-Phasenbaustein verwendet, wobei auch Zweipunkt-  
30 oder allgemein n-Punktbausteine einsetzbar sind. Durch die kaskadenförmige Anordnung der Phasenbausteine können nacheinander mehrere Kondensatoren in einer Phase eingeschaltet bzw. ausgeschaltet werden. Die Wahl der Ein- und Ausschaltzeitpunkte kann so gewählt werden, daß die Ausgangsspannung des  
35 Kaskadenwechselrichters möglichst gut der Sinusform angenä-

hert wird. Dadurch wird der Anteil höherer Harmonischer im Strom verringert und so die Ausnutzung der GTO-Thyristoren erhöht.

5 Die Vorteile dieser Lösung sind:

- Die Vorteile der n-Punktschaltung kommen voll zur Geltung.
- Die Leistung wird durch mehrfachen Einsatz des gleichen Wechselrichterbausteines erhöht, es entfällt die spezielle  
10 Entwicklung verschiedener Bausteine für verschiedene Punktzahlen.
- Die einzelnen Kondensatorspannungen sind unabhängig voneinander regelbar.
- Jeder Wechselrichterbaustein stellt in sich eine abge-  
15 schlossene Einheit dar. Es können keine zusätzlichen verbotenen Schaltzustände auftreten.

Als Nachteile sind zu nennen:

- 20 - Durch die Trennung der drei Phasen im Zusammenhang mit der Kaskadierung entsteht ein höherer Kondensatoraufwand.
- Die Leistung ~~kann~~ durch Hinzufügen oder Weglassen einzelner Kaskaden abgestuft werden. Im Falle einer direkten Reihenschaltung von GTO-Thyristoren kann eine feinere Ab-  
25 stufung durch die GTO-Thyristor-Anzahl erreicht werden.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, einen netzfreundlichen stromrichter gesteuerten, spannungseinprägenden Schrägtransformator großer Leistung anzugeben, dessen Gesamt-  
30 leistung den jeweiligen Anforderungen stufenweise angepaßt werden kann, wobei diese Realisierung kostengünstig sein soll.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die kenn-  
35 zeichnenden Merkmale des Anspruchs 1.

Dadurch, daß jede Phase des erregenseitigen Stromrichters des Schrägtransformators aus mehreren Doppelkaskaden und jede Phase seines ausgangsseitigen Stromrichters aus mehreren  
5 Vierquadrantenstellern aufgebaut wird, wobei der Zusatztransformator ebenfalls pro Phase aus mehreren Zweiwicklungstransformatoren aufgebaut ist, erhält man einen netzfreundlichen stromrichtergesteuerten, spannungseinprägenden Schrägtransformator großer Leistung, dessen Gesamtleistung den jewei-  
10 ligen Anforderungen angepaßt werden kann. Es entsteht ein Baukastenprinzip, mit dessen Hilfe die Gesamtleistung des Schrägtransformators, auch Leistungsflußregler genannt, den jeweiligen Anforderungen stufenweise angepaßt werden kann, ohne daß dafür Spezialausführungen der Komponenten erforder-  
15 lich wären. Durch den mehrfachen Einsatz der gleichen Einheiten wird somit eine kostengünstige Realisierung der Anlage möglich.

Diese vorgeschlagene Ausführungsform des Schrägtransformators  
20 zur Leistungsflußregelung besitzt neben den erwähnten wirtschaftlichen Vorteilen auch günstige technische Eigenschaften im Vergleich zu bisher bekannten Konzepten.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind den Unteransprüchen  
25 2 bis 8 zu entnehmen.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung  
Bezug genommen, in der zwei Ausführungsbeispiele eines netz-  
freundlichen stromrichtergesteuerten, spannungseinprägenden  
30 Schrägtransformators schematisch veranschaulicht sind.

Figur 1 zeigt das Funktionsprinzip einer Leistungsflußregelung, in

Figur 2 ist ein Schaltbild eines stromrichter-gesteuerten, spannungseinprägenden Schrägtransformators dargestellt, die

Figur 3 zeigt eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Schrägtransformators, die

5 Figur 4 zeigt die Realisierung einer Schalteinrichtung des Schrägtransformators nach Figur 3, in

Figur 5 ist der Verlauf einer einprägenden Schrägspannung des Schrägtransformators in einem Diagramm über den Winkel  $\vartheta$  dargestellt und die

10 Figur 6 zeigt eine vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schrägtransformators.

Die Figur 3 zeigt ein Prinzipschaltbild eines erfindungsgemä-

15 ßen stromrichter-gesteuerten, spannungseinprägenden Schrägtransformators 22 großer Leistung, der zur Lastflußregelung benutzt wird. Wegen der Übersichtlichkeit ist nur eine Phase R des Schrägtransformators 22 im einzelnen dargestellt. Dieser stromrichter-gesteuerte, spannungseinprägende Schrägtransformator 22 ist mit den Leitungen R, S und T einer elektrischen Übertragungsleitung 2 elektrisch leitend verbunden. Am Erregerknoten A ist ein Netz und am Anschlußknoten B ein anderes Netz angeschlossen. Zur Leistungsflußsteuerung zwischen diesen beiden Netzen ist der stromrichter-gesteuerte, span-

25 nungseinprägende Schrägtransformator 22 vorgesehen. Dieser Schrägtransformator 22 umfaßt im wesentlichen einen Erregertransformator 8, einen Umrichter 24 und einen Zusatztransformator 18. Der Umrichter 24 besteht aus einem erregerseitigen und einem ausgangsseitigen Stromrichter 12 und 16, die mittels eines Gleichstrom-Zwischenkreises 14 miteinander elektrisch verknüpft sind. Die Stromrichter 12 und 16 sind

30 selbstgeführte Stromrichter, die jeweils als Stromrichterventile abschaltbare Leistungshalbleiterschalter aufweisen.

Die Eingangswicklungen 26 des Erregertransformators 8 sind mit den Leitungen R, S und T am Erregerknoten A verbunden und tauschen elektrische Leistung mit dem am Erregerknoten A angeschlossenen Netz aus. Die Ausgangswicklung 28 dieses Erregertransformators 8 ist üblicherweise mit den Wechselspannungsanschlüssen des Stromrichters 12 des Umrichters 24 verbunden. Die Eingangswicklungen 30 des Zusatztransformators 18 sind mit den Wechselspannungsanschlüssen des Stromrichters 16 verknüpft, wobei dessen Ausgangswicklungen 32 jeweils seriell in den Leitungen R, S und T angeordnet sind.

Jede Phase R, S und T des erregerseitigen Stromrichters 12 des Umrichters 24 des Schrägtransformators 22 weist n elektrisch in Reihe geschaltete Doppelkaskaden 34 auf, die jeweils aus einem kapazitiven Energiespeicher 36 und zwei Schalteinrichtungen 38 bestehen, die elektrisch parallel zum Energiespeicher 36 geschaltet sind. Als kapazitiver Energiespeicher 36 sind zwei elektrisch in Reihe geschaltete Kondensatoren 40 vorgesehen. Die Anzahl der Kondensatoren ist von der Punktzahl der Schalteinrichtung 38 abhängig, wobei bei einer n-Punktschalteinrichtung 38 n-1 Kondensatoren 40 für den kapazitiven Energiespeicher 36 benötigt werden. Jede Phase R, S und T des ausgangsseitigen Stromrichter 16 weist n Vierquadrantensteller 42 auf, wobei jeder Vierquadrantensteller 42 aus zwei elektrisch in Reihe geschalteten Kondensatoren 44 und zwei Dreipunkt-Schalteinrichtungen 38 besteht, die elektrisch parallel zur Reihenschaltung der Kondensatoren 44 geschaltet sind. Der Aufbau eines derartigen Vierquadrantenstellers 42 ist aus dem eingangs genannten Aufsatz "Statischer Umrichter Muldenstein" bekannt. Der Zusatztransformator 18 ist je Phase R, S, T aus n Zweiwicklungstransformatoren 46 aufgebaut, wobei jeweils die n Ausgangswicklungen 32 einer Phase seriell in den Leitungen R, S bzw. T des Netzes angeordnet sind. Die n Eingangswicklungen 30 einer Phase sind jeweils mit den Wechselspannungsanschlüssen der n Vierquadranten-

tensteller 42 der gleichen Phase des ausgangsseitigen Stromrichters 16 verknüpft. Die Kondensatoren 40 und 44 bilden den kapazitiven Energiespeicher des Umrichters 24, in dem die Kondensatoren 40 und 44 elektrisch parallel geschaltet sind.

5

Durch das aufeinanderfolgende Ein- bzw. Ausschalten der Kondensatoren 40 in den Strompfad der einzelnen Phasen wird die Parallelspannung  $U_{PR}$  gebildet. Das Ein- bzw. Ausschalten geschieht mittels der Dreipunkt-Schalteinrichtungen 38. Es entsteht eine  $4n+1$ -stufige Spannung  $U_{PR}$ . Die Zeitpunkte für das Ein- bzw. Ausschalten der Kondensatoren 40 können so gewählt werden, daß diese treppenförmige Ausgangsspannung  $U_{PR}$  des Kaskadenstromrichters 12 möglichst gut der Sinusform entspricht. Die Figur 5 zeigt einen möglichen Verlauf der Ausgangsspannung  $U_{PR}$ , wenn zwei Doppelkaskaden 34 vorhanden sind und alle Spannungen der Kondensatoren 40 auf die gleiche Spannung  $U_{DC}/2$  aufgeladen sind.

10

15

Die Schrägspannung  $U_{SR}$  setzt sich aus den  $n$  Teilspannungen  $U_{SR1}, \dots, U_{SRn}$  zusammen, die durch  $n$  Vierquadrantensteller 42 aus der Gleichspannung von  $n \cdot 2$  Kondensatoren 44 gebildet werden. Die  $n$  Teilspannungen  $U_{SR1}, \dots, U_{SRn}$  werden über  $n$  Zweiwicklungstransformatoren 46 je Phase R, S, T in der Übertragungsleitung 2 eingeprägt. Durch entsprechendes Schalten der Dreipunkt-Schalteinrichtungen 38 können unterschiedlich breite Spannungsblöcke erzeugt werden, so daß sich eine Schrägspannung  $U_{SR}$  mit  $4n+1$  Stufen ergibt. Ein Kriterium für die Wahl der Stufen kann so gewählt werden, daß die Schrägspannung  $U_{SR}$  möglichst sinusförmig ist. Ein Beispiel für die Form der Schrägspannung  $U_{SR}$  ist durch die in Figur 5 gezeigte Spannung  $U_{PR}$  gegeben. Die Schrägspannung  $U_{SR}$  muß jedoch nicht gleich der Parallelspannung  $U_{PR}$  sein.

20

25

30

Jeder der Vierquadrantensteller 42 ist einer Doppelkaskade 34 zugeordnet und mit ihr durch Parallelschaltung der Kondensa-

35

toren 44 und 42 verbunden. Diese Parallelschaltung der Kondensatoren 44 und 42 gewährleistet die Übertragung der Wirkleistung zwischen dem Parallelzweig und dem Serienzweig des Leistungsflußreglers. Durch die Ansteuerung der Doppelkaskade 34 und der Vierquadrantensteller 42 sollte sichergestellt sein, daß die Wirkleistungsbilanz je Kondensator 40 und 44 im Mittel ausgeglichen ist.

Wie bereits erwähnt, ist bei der Ausführungsform gemäß Figur 3 die Schalteinrichtung 38 jeder Kaskade 34 dreipunktförmig ausgeführt. Als dreipunktförmige Schalteinrichtung 38 kann ein Dreipunkt-Modul entsprechend Figur 4, bestehend aus einem Brückenweig mit vier abschaltbaren Leistungshalbleiterschaltern 48, beispielsweise abschaltbaren Thyristoren (GTO-Thyristoren) mit zugehörigen Freilaufdioden 50, die mit Hilfe zweier Mittelpunktsdioden 52 und 54 einen Dreipunkt-Ventilzweig bilden. An den Anschlüssen +, M und M, - ist jeweils ein Kondensator 40 bzw. 44 schließbar. Die Phase R bzw. S bzw. T wird an dem Anschluß Ph angeschlossen. Der Aufbau eines derartigen Dreipunkt-Ventilzweiges ist identisch mit einem Brückenweig eines Dreipunkt-Wechselrichters. Durch die Ansteuerung der abschaltbaren Leistungshalbleiterschalter 48 kann jeweils einer der beiden Kondensatoren 40 derartig in den Strompfad einer Phase R, S und T zugeschaltet werden, daß sich eine Parallelspannung  $U_{PR}$  gemäß Figur 5 einstellt.

Anstelle der Dreipunkt-Module können auch Zweipunkt- oder n-Punktmodule eingesetzt werden. Die Leistung jedes Moduls kann durch direkte Serienschaltung von abschaltbaren Leistungshalbleiterschaltern feinstufig erhöht werden. Dabei können redundante abschaltbare Leistungshalbleiterschalter eingebaut werden, was zu einer Erhöhung der Zuverlässigkeit der Stromrichter 12 und 16 führen würde.

Die Figur 6 zeigt eine vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schrägtransformators 22. Der Unterschied zur Ausführungsform gemäß Figur 3 besteht darin, daß die Kondensatoren 44 jedes Vierquadrantenstellers 42 und der kapazitive Speicher 36 jeder Doppelkaskade 34 eine Baueinheit bilden. Somit verringert sich die Anzahl der Kondensatoren und deren Verdrahtung mit einem Vierquadrantensteller 42 und einer Doppelkaskade 34.

Die beiden Anschlüsse der Ausgangswicklung der elektrisch in Reihe geschalteten Zweiwicklungstransformatoren 46 sowie die beiden Anschlüsse der Eingangswicklungen 30 müssen gleichermaßen durch Strom belastbar sein. Eine vorteilhafte Ausführungsform des Leistungsflußreglers entsteht durch den Einsatz üblicher Einphasentransformatoren im Längszweig 20. Weitere Vorteile lassen sich erzielen, wenn die n Zweiwicklungstransformatoren 46 einer Phase R bzw. S bzw. T weitestgehend zusammengefaßt werden. Zum Beispiel kann bei einem erfindungsgemäßen Schrägtransformator, der aus drei Doppelkaskaden 34 und zugeordneten Vierquadrantenstellern 42 besteht, je Phase R bzw. S bzw. T ein Dreiwicklungs-Transformator mit Fünfschenkelkern eingesetzt werden.

Die Vorteile dieses erfindungsgemäßen Schrägtransformators sind:

- Die Vorteile der Kaskadenschaltung können im Querzweig voll genutzt werden.
- Die Schrägspannung  $U_{GR}$  wird ebenfalls aus mehreren Spannungsstufen gebildet, was eine gute Annäherung an die Sinusform ermöglicht. Damit wird eine hohe Ausnutzung der eingesetzten abschaltbaren Leistungshalbleiterschalter und eine hinsichtlich der Verzerrungsströme günstige Betriebsweise erreicht.

- Bei der vorgeschlagenen Lösung des erfindungsgemäßen Schrägtransformators kann die Amplitude der Schrägspannung  $U_{SR}$  bei Aufrechterhaltung der Grundfrequenz-Modulation der GTO-Thyristoren-Ansteuerung durch die Breite der Spannungsblöcke der Teilspannungen schnell geändert werden.  
5
- Die Leistung dieses Schrägtransformators kann durch mehrfaches Verwenden der gleichen Komponenten auf wirtschaftliche Weise den Anforderungen angepaßt werden. Für die einzelnen Komponenten können standardisierte Bausteine  
10 verwendet werden. Dies führt zu einem kostengünstigen Aufbau.

## Patentansprüche

1. Netzfrequenzfreundlicher stromrichter-gesteuerter, spannungsein-  
prägender Schrägtransformator (22) großer Leistung, der einen  
5 Erregertransformator (8), einen Zusatztransformator (18) und  
einen Umrichter (24) aufweist, wobei der Umrichter (24) ein-  
gangsseitig mit dem Erregertransformator (8) und ausgangssei-  
tig mit dem Zusatztransformator (18) verknüpft ist und aus  
zwei mit einem Gleichspannungs-Zwischenkreis (14) versehenen  
10 Stromrichtern (12,16) besteht, die jeweils abschaltbare Lei-  
stungshalbleiter aufweisen, d a d u r c h g e k e n n -  
z e i c h n e t , daß jede Phase (R, S, T) des erregersei-  
tigen Stromrichters (12) n elektrisch in Reihe geschaltete  
Doppelkaskaden (34) aufweist, die jeweils aus einem kapaziti-  
15 ven Energiespeicher (36) und zwei Schalteinrichtungen (38)  
bestehen, die elektrisch parallel zum Energiespeicher (36)  
geschaltet sind, daß jede Phase (R,S,T) des ausgangsseitigen  
Stromrichters (16) n Vierquadrantensteller (42) aufweist, daß  
der Zusatztransformator (18) je Phase (R,S,T) aus n Zweiwik-  
20 klungstransformatoren (46) besteht, die sekundärseitig elek-  
trisch in Reihe geschaltet und primärseitig jeweils mit den  
Wechselspannungsanschlüssen der Vierquadrantensteller (42)  
verknüpft sind, und daß die Gleichspannungsanschlüsse jedes  
Vierquadrantenstellers (42) mit den entsprechenden Anschlüs-  
25 sen des Energiespeichers (36) einer Doppelkaskade (34) ver-  
bunden sind.

2. Netzfrequenzfreundlicher stromrichter-gespeister, spannungsein-  
prägender Schrägtransformator (22) nach Anspruch 1, d a -  
30 d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Konden-  
satoren (44) jedes Vierquadrantenstellers (42) und der kap-  
zitive Speicher (36) jeder Doppelkaskade (34) eine Baueinheit  
bilden.

3. Netzfrequenzfreundlicher stromrichter-gesteuerter, spannungsein-  
prägender Schrägtransformator (22) nach Anspruch 1, da -  
durch gekennzeichnet, daß die n Zwei-  
wicklungstransformatoren (46) je Phase (R,S,T) zu einer  
5 Transformatoreinheit zusammengefaßt sind.

4. Netzfrequenzfreundlicher stromrichter-gesteuerter, spannungsein-  
prägender Schrägtransformator (22) nach Anspruch 3, da -  
durch gekennzeichnet, daß als Trans-  
10 formatoreinheit je Phase (R,S,T) ein Dreiwicklungs-Transfor-  
mator mit Fünfschenkelkern vorgesehen ist.

5. Netzfrequenzfreundlicher stromrichter-gesteuerter, spannungsein-  
prägender Schrägtransformator (22) nach Anspruch 1, da -  
15 durch gekennzeichnet, daß als Schalt-  
einrichtung (38) ein Zweipunkt-Modul vorgesehen ist.

6. Netzfrequenzfreundlicher stromrichter-gesteuerter, spannungsein-  
prägender Schrägtransformator (22) nach Anspruch 1, da -  
20 durch gekennzeichnet, daß als Schalt-  
einrichtung (38) ein Dreipunkt-Modul vorgesehen ist.

7. Netzfrequenzfreundlicher stromrichter-gesteuerter, spannungsein-  
prägender Schrägtransformator (22) nach Anspruch 1, da -  
25 durch gekennzeichnet, daß als Schalt-  
einrichtung (38) ein n-Punkt-Modul vorgesehen ist.

8. Netzfrequenzfreundlicher stromrichter-gesteuerter, spannungsein-  
prägender Schrägtransformator (22) nach Anspruch 1, da -  
30 durch gekennzeichnet, daß als kapazi-  
tiver Energiespeicher (36) wenigstens ein Kondensator (40)  
vorgesehen ist, wobei sich die Anzahl der Kondensatoren (40)  
nach der Punktzahl der Schalteinrichtung (38) richtet.

1/4

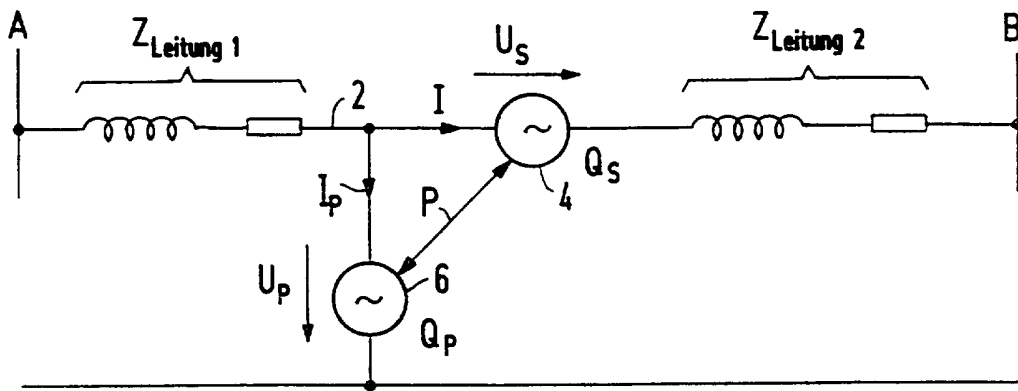


FIG 1

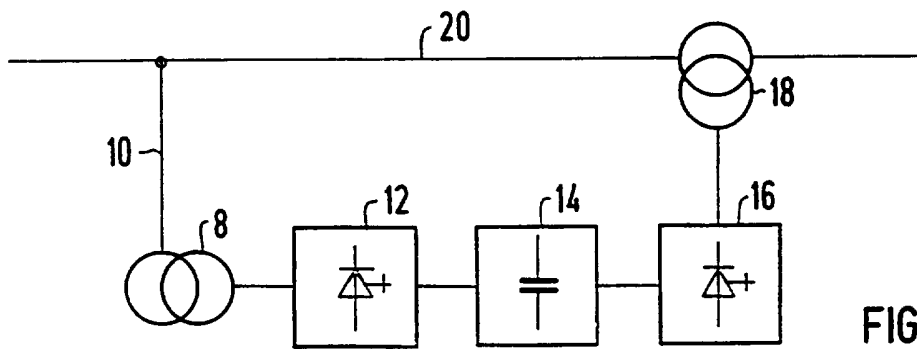


FIG 2

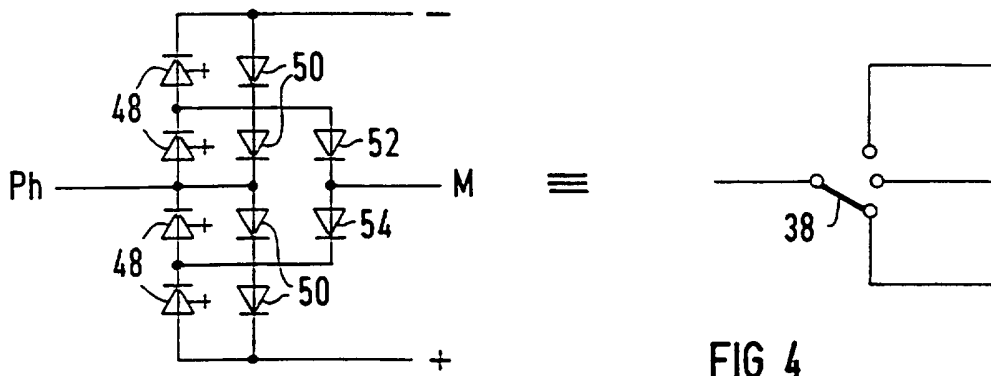


FIG 4

2/4

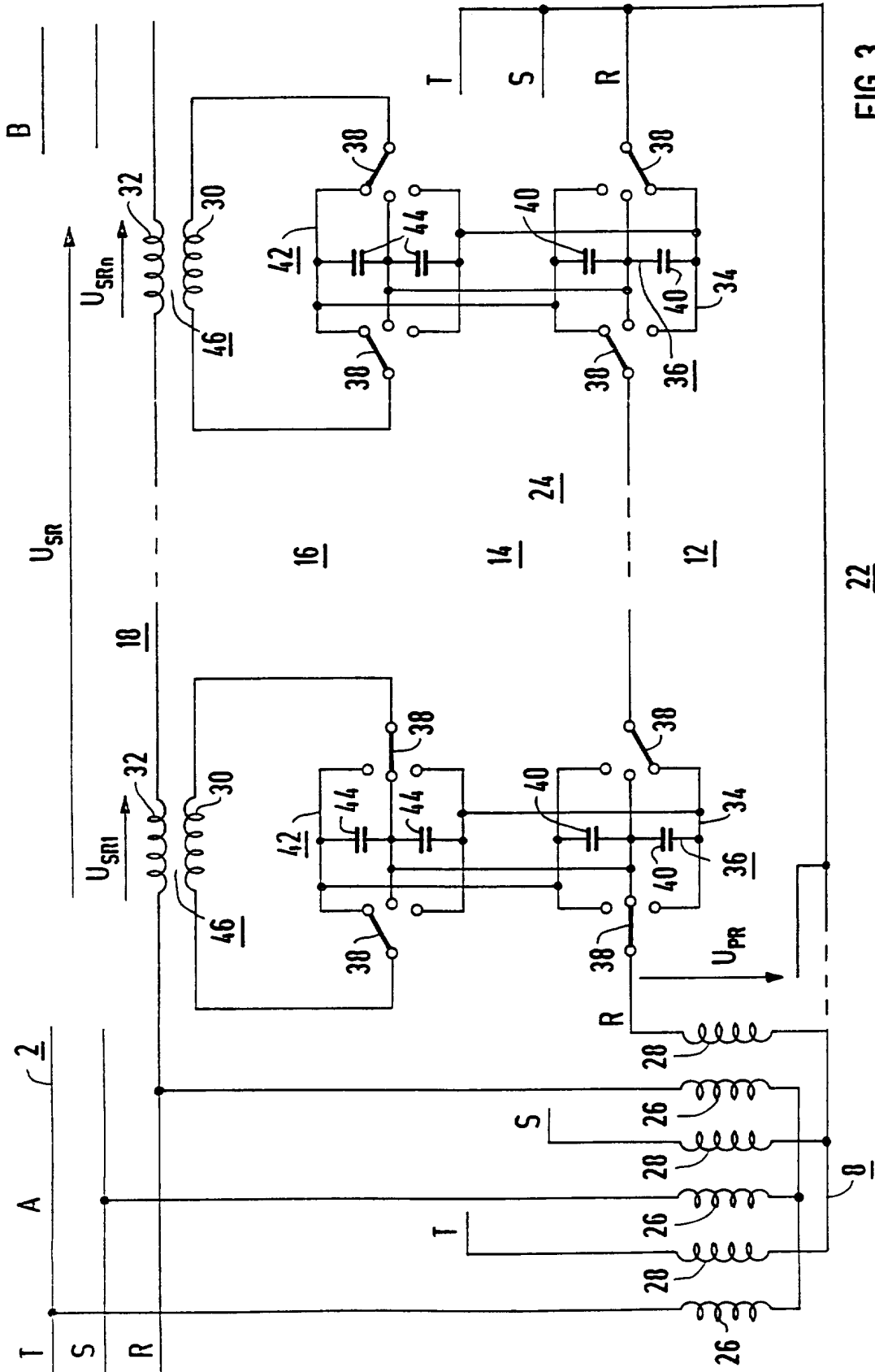


FIG 3

22

3/4

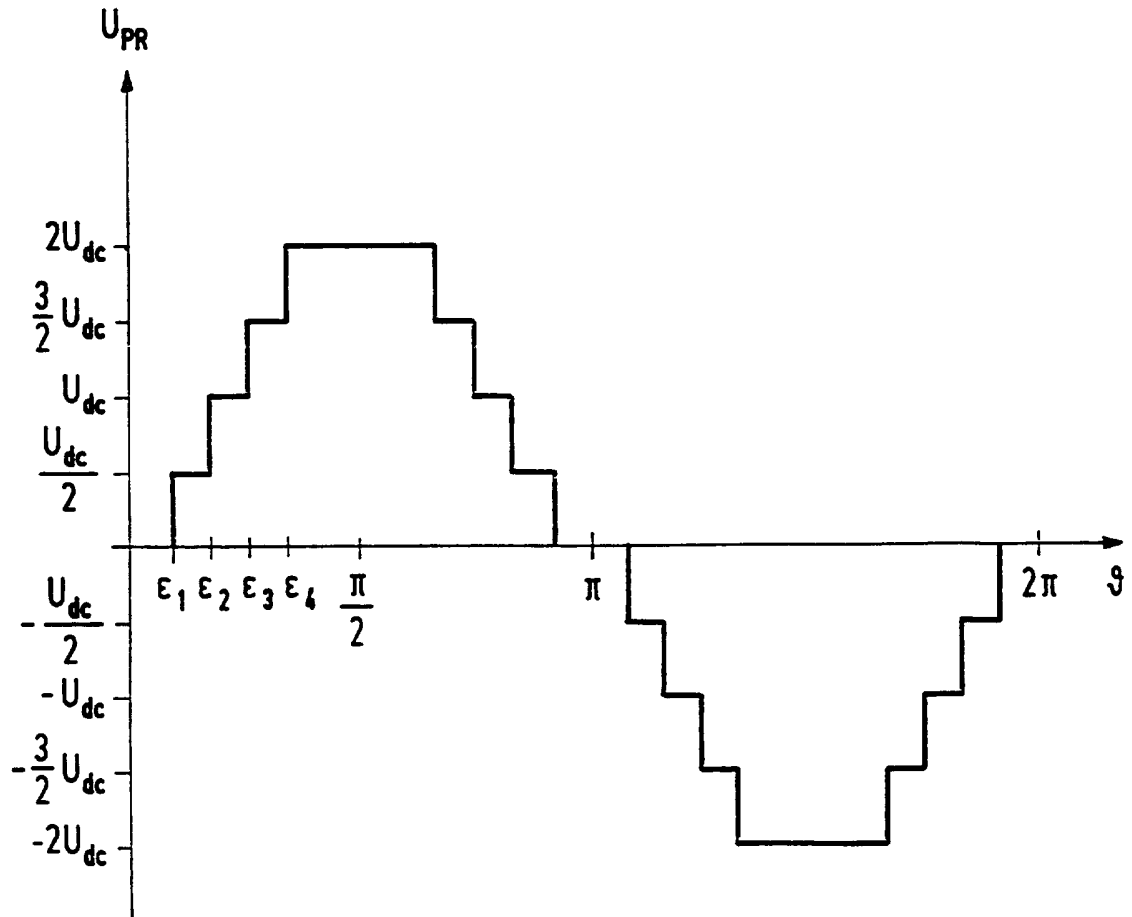


FIG 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 96/01706

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 H02J3/06 H02J3/18 H02M7/48

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 H02J H02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, vol. 10, no. 2, 1 April 1995, pages 1085-1097, XP000539135 GYUGYI I ET AL: "THE UNIFIED POWER FLOW CONTROLLER: A NEW APPROACH TO POWER TRANSMISSION CONTROL" cited in the application see figure 1 ---	1,2,5
A	ELEKTRISCHE BAHNEN, vol. 93, no. 1/02, 1 January 1995, pages 43-48, XP000492379 FIEBER E ET AL: "STATISCHER UMRICHTER MULDENSTEIN" cited in the application see figure 4 ---	1,3,6
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 February 1997

Date of mailing of the international search report

26.02.97

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer  
Van den Doel, J

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 96/01706

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, vol. 10, no. 2, 1 April 1995, pages 732-738, XP000539099 MENZIES R W ET AL: "ADVANCED STATIC COMPENSATION USING A MULTILEVEL GTO THYRISTOR INVERTER" cited in the application see figure 2	1,7
A	--- PROCEEDINGS OF THE ANNUAL POWER ELECTRONICS SPECIALISTS CONFERENCE (PESC), TOLEDO, JUNE 29 - JULY 3, 1992, vol. 1, 29 June 1992, INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, pages 521-529, XP000369067 WUEST D ET AL: "A COMPARISON OF DIFFERENT CIRCUIT CONFIGURATIONS FOR AN ADVANCED STATIC VAR COMPENSATOR (ASVC)" cited in the application see figure 8	1,5,6
A	--- IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, vol. 8, no. 1, 1 February 1993, pages 371-377, XP000385271 SHOSUKE MORI: "DEVELOPMENT OF A LARGE STATIC VAR GENERATOR USING SELF-COMMUTATED INVERTERS FOR IMPROVING POWER SYSTEM STABILITY" cited in the application see figure 4	1
A,P	--- GB 2 293 928 A (SIEMENS AG) 10 April 1996 cited in the application see figures 1,4,7	1,2,5,6
A	--- PROCEEDINGS OF THE EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS. (EPE), AACHEN, 9 - 12 OCTOBER, 1989, vol. 2, 9 October 1989, LEONHARD W;HOLTZ J; SKUDELNY H C, pages 577-582, XP000143450 BAECHLE CH ET AL: "REQUIREMENTS ON THE CONTROL OF A THREE-LEVEL FOUR QUADRANT POWER CONVERTER IN A TRACTION APPLICATION" see figures 3,4 -----	1,2,5,6

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 96/01706

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB-A-2293928	10-04-96	DE-U- 9416048	01-02-96
		DE-A- 19535552	11-04-96
-----			

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE 96/01706

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 6 H02J3/06 H02J3/18 H02M7/48

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 6 H02J H02M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, Bd. 10, Nr. 2, 1. April 1995, Seiten 1085-1097, XP000539135 GYUGYI I ET AL: "THE UNIFIED POWER FLOW CONTROLLER: A NEW APPROACH TO POWER TRANSMISSION CONTROL" in der Anmeldung erwähnt siehe Abbildung 1 ---	1,2,5
A	ELEKTRISCHE BAHNEN, Bd. 93, Nr. 1/02, 1. Januar 1995, Seiten 43-48, XP000492379 FIEBER E ET AL: "STATISCHER UMRICHTER MULDENSTEIN" in der Anmeldung erwähnt siehe Abbildung 4 ---	1,3,6
	-/-	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- |   |  |
|---|--|
| <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</li> <li>*E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</li> <li>*L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</li> <li>*O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</li> <li>*P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>*T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</li> <li>*X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden</li> <li>*Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</li> <li>*Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</li> </ul> |
|---|--|

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
18. Februar 1997	26. 02. 97
Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+ 31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Van den Doel, J

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 96/01706

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, Bd. 10, Nr. 2, 1.April 1995, Seiten 732-738, XP000539099 MENZIES R W ET AL: "ADVANCED STATIC COMPENSATION USING A MULTILEVEL GTO THYRISTOR INVERTER" in der Anmeldung erwähnt siehe Abbildung 2	1,7
A	--- PROCEEDINGS OF THE ANNUAL POWER ELECTRONICS SPECIALISTS CONFERENCE (PESC), TOLEDO, JUNE 29 - JULY 3, 1992, Bd. 1, 29.Juni 1992, INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, Seiten 521-529, XP000369067 WUEST D ET AL: "A COMPARISON OF DIFFERENT CIRCUIT CONFIGURATIONS FOR AN ADVANCED STATIC VAR COMPENSATOR (ASVC)" in der Anmeldung erwähnt siehe Abbildung 8	1,5,6
A	--- IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, Bd. 8, Nr. 1, 1.Februar 1993, Seiten 371-377, XP000385271 SHOSUKE MORI: "DEVELOPMENT OF A LARGE STATIC VAR GENERATOR USING SELF-COMMUTATED INVERTERS FOR IMPROVING POWER SYSTEM STABILITY" in der Anmeldung erwähnt siehe Abbildung 4	1
A,P	--- GB 2 293 928 A (SIEMENS AG) 10.April 1996 in der Anmeldung erwähnt siehe Abbildungen 1,4,7	1,2,5,6
A	--- PROCEEDINGS OF THE EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS. (EPE), AACHEN, 9 - 12 OCTOBER, 1989, Bd. 2, 9.Oktober 1989, LEONHARD W;HOLTZ J; SKUDELNY H C, Seiten 577-582, XP000143450 BAECHLE CH ET AL: "REQUIREMENTS ON THE CONTROL OF A THREE-LEVEL FOUR QUADRANT POWER CONVERTER IN A TRACTION APPLICATION" siehe Abbildungen 3,4 -----	1,2,5,6

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 96/01706

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB-A-2293928	10-04-96	DE-U- 9416048 DE-A- 19535552	01-02-96 11-04-96
-----			