



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**07.03.2007 Patentblatt 2007/10**

(51) Int Cl.:  
**H01H 33/66 (2006.01) H01H 33/18 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **05405517.3**

(22) Anmeldetag: **02.09.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA HR MK YU**

- **Rager, Felix**  
**5400 Baden (CH)**
- **Niayaesh, Kaveh,**  
**Sattar khan ave.,**  
**1st Daryan**  
**IT-14557-33548 Teheran (IR)**

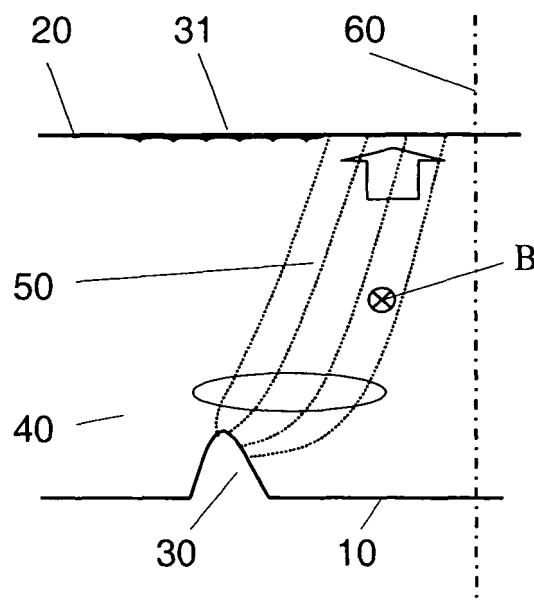
(71) Anmelder: **ABB RESEARCH LTD.**  
**8050 Zürich (CH)**

(74) Vertreter: **ABB Patent Attorneys**  
**c/o ABB Schweiz AG,**  
**Intellectual Property (CH-LC/IP),**  
**Brown Boveri Strasse 6**  
**5400 Baden (CH)**

(72) Erfinder:  
• **Schacherer, Christian**  
**78713 Schramberg (DE)**

(54) **Vakuumleistungsschalter mit durch einen Dauermagneten bewegtem Lichtbogen**

(57) Der Leistungsschalter weist eine in einer Vakuumkammer angeordnete und von zwei Lichtbogenelektroden (10, 20) gebildete Schaltstelle auf. Die beiden Elektroden sind beim Öffnen der Schaltstelle unter Bildung eines Trennspalts (40) längs einer Achse (60) relativ zueinander beweglich. Der Schalter weist ferner einen unabhängig vom Schalterstrom betreibbaren Generator zur Erzeugung eines im Trennspalt (40) wirkenden Magnetfelds (B) auf. Dieser Magnetfeldgenerator ist derart angeordnet, dass das Magnetfeld (B) nach dem Löschen eines beim Ausschalten auftretenden Schaltlichtbogens im Wesentlichen senkrecht zur Achse (60) ausgerichtet ist. Beim Ausschalten werden daher im Trennspalt (40) befindliche Ladungsträger (Energiestrom 50) radial abgelenkt. An Inhomogenitäten (30, 31) eingeleitete Rückzündungen werden so weitgehend vermieden.



**Fig.2**

## Beschreibung

### TECHNISCHES GEBIET

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Leistungsschalter nach dem Oberbegriff von Patentanspruch 1. Ein solcher unter Vakuum arbeitender Schalter wird bevorzugt in Mittelspannungsnetzen mit Nennspannungen bis ca. 72 kV eingesetzt und dient dem Ein- und Ausschalten unterschiedlichster Wechselströme, wie insbesondere dem Schalten von Lastströmen bei allen erdenklichen Impedanzen sowie von Kurzschluss- und Überströmen. Abgesehen von solchen Standardanwendungen sollte dieser Schalter aber auch Schaltfälle beherrschen, die von den für Energiewirtschaft zuständigen Behörden in Prüfungsvorschriften aufgezählt sind. Solche Vorschriften umfassen beispielsweise das Schalten kapazitiver Ströme, etwa solcher, wie sie beim Laden oder Entladen einer Kondensatorbatterie auftreten. Je nach Ausbildung des Schalters und des Netzes können bei solchen Schaltvorgängen durch Rückzündungen erzeugte Schaltüberspannungen auftreten, welche wie Blitzeinschläge gegebenenfalls zum Ausfall einer Komponente oder sogar des gesamten Mittelspannungsnetzes führen können.

### STAND DER TECHNIK

**[0002]** Ein Schalter der eingangs genannten Art ist beschrieben in DE 198 46 435 A1. Der beschriebene Schalter weist eine in einer Vakuumkammer angeordnete und zwei Lichtbogenelektroden enthaltenden Schaltstelle auf. Mit Hilfe einer vakuumdicht aus der Vakuumkammer geführten Stange können die beiden Elektroden beim Öffnen der Schaltstelle unter Bildung eines Trennspalts längs einer Achse relativ zueinander verschoben werden.

### DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

**[0003]** Der Erfindung, wie sie in den Patentansprüchen angegeben ist, liegt die Aufgabe zugrunde, einen Leistungsschalter der eingangs genannten Art zu schaffen, welcher weitgehend rückzündungsfrei ausschalten kann.

**[0004]** Beim erfindungsgemässen Leistungsschalter ist ein unabhängig vom Schalterstrom betreibbarer Generator zur Erzeugung eines im Trennspalt wirkenden Magnetfelds vorgesehen. Dieser Magnetfeldgenerator ist derart angeordnet, dass das Magnetfeld nach dem Löschen eines beim Ausschalten entstehenden Schaltlichtbogens im Wesentlichen senkrecht zur Achse ausgerichtet ist. Nach dem Löschen des Schaltlichtbogens wirken daher auf gegebenenfalls im Trennspalt befindliche Ladungsträger nicht nur starke axial gerichtete Kräfte, welche durch das von der wiederkehrenden Spannung aufgeprägte starke elektrische Feld hervorgerufen werden und welche aus den Lichtbogenelektroden tre-

tende thermische Elektronen zu der als Anode wirkenden Lichtbogenelektrode beschleunigen, sondern zugleich auch starke radial gerichtete elektromagnetische Kräfte. Diese radial gerichteten Kräfte werden durch das Magnetfeld und die senkrecht zur Feldrichtung erfolgende Bewegung der Ladungsträger hervorgerufen. Vorhandene Inhomogenitäten in den Bereichen der Elektrodenoberflächen, welche beim Einschalten infolge Vorzündung und nachfolgender Schmelz-, Verschweiss- und Aufbruchvorgänge hervorgerufen werden, können die dielektrische Festigkeit des Schalters nach dem Löschen des Schaltlichtbogens nun nicht mehr wesentlich herabsetzen, da die Ladungsträger infolge der radialen Bewegungskomponente nicht mehr auf kürzestem Weg von den Inhomogenitäten der Kathode zu den zugeordneten Inhomogenitäten der Anode gelangen können. Die Ladungsträger sind gezwungen, einen längeren Weg zu durchlaufen und treffen zumindest zum Teil neben den Inhomogenitäten der Anode auf einen unbeschädigten Bereich der Elektrodenoberfläche auf. Die Inhomogenitäten können daher die dielektrische Festigkeit des Schalters nicht mehr so stark herabsetzen. Die Häufigkeit des Auftretens von Rückzündungen nach dem Löschen des Lichtbogens wird so erheblich reduziert.

**[0005]** Die Wahrscheinlichkeit einer Rückzündung wird besonders klein, wenn das Magnetfeld im Trennspalt eine Stärke aufweist, die ausreicht, um die im Trennspalt nach der Lichtbogenlöschung vorhandenen Ladungsträger radial soweit zu verschieben, dass der überwiegende Teil der Ladungsträger neben den beim Einschaltvorgang erzeugten Inhomogenitäten auf die als Anode wirkende Lichtbogenelektrode auftrifft.

**[0006]** In technisch einfacher Weise lässt sich der Magnetfeldgenerator durch einen Permanentmagneten realisieren, zwischen dessen beiden Polen der Trennspalt angeordnet ist. Aus Kostengründen ist eine Anordnung des Magneten ausserhalb der Vakuumkammer im Allgemeinen besonders vorteilhaft. Falls ein besonders starkes Magnetfeld benötigt wird, kann der Magnet auch in der Vakuumkammer des Schalters angeordnet sein. Zur Erzielung eines starken Magnetfeldes kann der Magnetfeldgenerator zwei diametral zur Achse gelegte Permanentmagnete aufweisen, welche gleichsinnig längs einer senkrecht durch die Achse geführten Geraden ausgerichtet sind. Eine zusätzliche Feldverstärkung wird erreicht, wenn der Nordpol des ersten Permanentmagneten mit dem Südpol des zweiten Permanentmagneten magnetisch verbunden ist.

### KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

**[0007]** Anhand von Zeichnungen wird nachfolgend ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert. Hierbei zeigen die Figuren 1 und 2 jeweils eine schematische Darstellung des Energieflusses vor einer Rückzündung in einer Kontaktanordnung eines Leistungsschalters nach dem Stand der Technik (Fig.1) und nach der Erfindung (Fig.2) jeweils beim Ausschalten, und zeigen

Fig.3 eine Schnittansicht einer vereinfacht dargestellten Ausführungsform des Leistungsschalters nach der Erfindung bei einem Schaltvorgang, und

Fig.4 eine Draufsicht auf einen im erfindungsgemäßen Schalter eingesetzten Magnetfeldgenerator.

#### WEG ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

**[0008]** In allen Figuren beziehen sich gleiche Bezugszeichen auf gleichwirkende Teile. In den Figuren 1 und 2 bezeichnet das Bezugszeichen 10 eine als Kathode und das Bezugszeichen 20 eine als Anode wirkende Lichtbogenelektrode einer mit einer Wechselspannung von beispielsweise 70 kV und 50 Hz belasteten Schaltstelle. In den Lichtbogenelektroden 10 und 20 sind in den einander gegenüberstehenden Elektrodenoberflächen die Inhomogenitäten 30 und 31 eingepreßt. Diese Inhomogenitäten können sich beim Einschalten eines kapazitiven Stroms bilden. Dient der Schalter beispielsweise dem Schalten einer Kondensatorbatterie und reduziert sich beim Einschalten des Schalters die Breite eines von den beiden Lichtbogenelektroden 10, 20 begrenzten Trennspalts 40, so wird im Trennspalt ein Lichtbogen vorgezündet. Die hierbei kurzzeitig fließenden, sehr großen kapazitiven Lade- oder Entladeströme können die Oberflächen der Lichtbogenelektroden 10, 20 aufschmelzen. Bei geschlossenem Schalter können dann die Elektroden verschweißen, was beim Öffnen des Schalters zum Auseinanderreißen der Schweißstellen unter Bildung der Inhomogenitäten 30, 31 führt. Jede Inhomogenität 30, 31 besteht im Allgemeinen aus einem lokalisierten, unebenen Oberflächenbereich. Bei der zuvor als Anode geschalteten Lichtbogenelektrode 20 weist die Inhomogenität 31 einen durch Lichtbogenkrater und Metallspritzer erzeugten unebenen Oberflächenbereich auf. Diese unebenen, inhomogenen Bereiche der Elektrodenoberflächen setzen die Spannungsfestigkeit des Leistungsschalters herab, so dass es beim Ausschalten gegebenenfalls zu einem Durchschlag des dielektrisch stark belasteten Trennspalts 40 kommen kann. Solch ein Durchschlag kann beim Ausschalten in Form von Rückzündungen oder von kurzzeitig andauernden Störentladungen (NSDD) zu einer unerwünscht hohen elektrischen Belastung einer oder mehrerer Komponenten des Netzes führen.

**[0009]** Wie aus Fig.1 ersichtlich ist, bildet sich zwischen den Inhomogenitäten 30, 31 ein starkes elektrische Feld aus, in dem ein in Pfeilrichtung strömender Energiefluss 50 geführt ist. Der Energiefluss wird von thermischen Elektroden gespeist, welche an der als Kathode geschalteten Lichtbogenelektrode 10, vorzugsweise im Bereich der Inhomogenität 30, in den Trennspalt 40 austreten und zu der als Anode geschalteten Elektrode 20 beschleunigt werden. Der Energiefluss erwärmt so infolge von Elektronenbeschuss Bereiche der

Anodenoberfläche, welche durch die Inhomogenität 31 gebildet sind. Da diese Bereiche uneben sind und weitgehend thermisch isolierte Teile wie Metallspritzer und Lichtbogenkrater enthalten, kann diesen Bereichen nur wenig Wärme entzogen werden. Es können sich nun auch in diesen Bereichen thermische Elektronen bilden und in den dielektrisch stark belasteten Spalt 40 treten. Dies kann zu einer unerwünschten Rückzündung beim Ausschalten führen.

**[0010]** Im Unterschied zu Fig.1 ist in Fig.2 der Energiefluss 50 radial abgelenkt und nun nicht mehr auf die Inhomogenität 31 geführt. Dies ist eine Folge eines im Trennspalt 40 wirkenden und senkrecht zur Achse 60 ausgerichteten Magnetfelds mit der magnetischen Induktion B, welches unabhängig von einem im Schalter geführten Strom ist. Die den Energiefluss 50 speisenden thermischen Elektronen bewegen sich auf ihrem Weg von der Kathode 10 zur Anode 20 überwiegend senkrecht zum Magnetfeld. Daher werden diese Elektronen und damit auch der Energiefluss 50 in radialer Richtung, hier ersichtlich nach rechts, abgelenkt. Beim Ausschalten wird daher die Inhomogenität 31 nun nicht mehr vom Energiefluss 50 mit Elektronen beschossen, sondern diese schnellen Elektronen treffen jetzt auf einen Bereich der Oberfläche der Anode 20 auf, der frei von Inhomogenitäten ist. In diesem Bereich kann die durch den Elektronenbeschuss gebildete Wärme rasch von dem beschossenen Oberflächenbereich ins Innere der Anode gelangen. Hierdurch werden lokal überhitzte Oberflächenbereiche und damit unerwünschte Quellen für thermische Elektronen wirksam unterdrückt. Die Wahrscheinlichkeit, dass es zu einer Rückzündung kommt, ist daher wesentlich geringer als bei einem vergleichbar ausgebildeten und in ein vergleichbares Netz geschalteten Vakuumschalter nach dem Stand der Technik.

**[0011]** Bei der in Fig.3 dargestellten Ausführungsform des Vakuumschalters nach der Erfindung sind die beiden Lichtbogenelektroden 10, 20 in einer Vakuumkammer 70 angeordnet. Die Vakuumkammer weist ein von einem rohrförmigen Isolator 71 und zwei an den beiden Stirnseiten des Isolator 71 angeordneten Metallplatten 72, 73 gebildetes Gehäuse auf. Die beiden Lichtbogenelektroden 10, 20 sind auf der Achse 60, welche der Rohrachse des Isolators entspricht, angeordnet. Die Elektroden 10 resp. 20 sind jeweils am Ende einer elektrisch leitenden Stange 11 resp. 21, welche längs der Achse 60 ausgerichtet sind, befestigt. Die die Lichtbogenelektrode 20 tragende Stange 21 ist feststehend an der Platte 73 gehalten. Ein vakuumdicht aus dem Gehäuse geführtes Ende dieser Stange 21 ist mit einem Stromanschluss 22 des Schalters verbunden. Die die Lichtbogenelektrode 10 haltende Stange 11 ist axial verschieblich durch eine Öffnung der Platte 72 geführt. Mit Hilfe eines in die Vakuumkammer 70 ragenden Faltenbalgs 74, dessen oberes Ende an der Stange 11 und dessen unteres Ende im Bereich des Randes der Öffnung an der Platte 72 befestigt ist, ist die Vakuumdichtigkeit der Kammer 70 gewährleistet. Das aus der Vakuumkammer 70 geführte

Ende der Stange 11 ist kraftschlüssig mit einem Antrieb verbunden, welcher eine axial gerichtete, durch einen Doppelpfeil symbolisierte Schubbewegung erzeugt.

**[0012]** Das Magnetfeld wird durch einen Generator 80 erzeugt, welcher einen Permanentmagneten 81 enthält. Zwischen Nord- N und Südpol S des Magneten ist der Trennspace 40 angeordnet. Ein solcher Magnet kann beispielsweise eine Hufeisenform aufweisen.

**[0013]** Wie aus Fig.4 ersichtlich ist, kann der Magnetfeldgenerator auch zwei diametral zur Achse 60 angeordnete Permanentmagnete 82, 83 aufweisen, welche gleichsinnig längs einer senkrecht durch die Achse geführten Geraden ausgerichtet sind. Bei diesem Magnetfeldgenerator 80 ist eine als Ring aus ferromagnetischem Material ausgeführte Verbindung 84 vorgesehen, welche den Südpol des Permanentmagneten 82 mit dem Nordpol des Permanentmagneten 83 verbindet und so die beiden Magnete zu einem magnetischen Kreis zusammenschaltet. Hierdurch wird in einem den Trennspace 40 aufnehmenden Luftspalt des magnetischen Kreises eine grosse magnetische Induktion B erreicht.

#### BEZUGSZEICHENLISTE

##### [0014]

10	Lichtbogenelektrode, Kathode	
11	Stange	
12	Stromanschluss	
20	Lichtbogenelektrode, Anode	
21	Stange	
22	Stromanschluss	
30, 31	Inhomogenitäten	
40	Trennspace	
50	Energiefluss	
60	Achse	
70	Vakuumkammer	
71	Isolator	
72, 73	Platten	
74	Faltenbalg	
75	Abschirmungen	
80	Magnetfeldgenerator	
81, 82, 83	Permanentmagnete	
84	Verbindung	
B	magnetische Induktion	

sehen ist, welcher derart angeordnet ist, dass das Magnetfeld (B) nach dem Löschen eines beim Ausschalten auftretenden Schaltlichtbogens im wesentlichen senkrecht zur Achse (60) ausgerichtet ist.

- Schalter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Magnetfeld (B) im Trennspace (40) eine Stärke aufweist, die ausreicht, um im Trennspace (40) nach der Lichtbogenlöschung vorhandene Ladungsträger radial soweit zu verschieben, dass der überwiegende Teil der Ladungsträger neben einer bei einem Einschaltvorgang erzeugbaren Inhomogenität (31) auf der als Anode wirkenden Lichtbogenelektrode (20) auftritt.
- Schalter nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Magnetfeldgenerator (80) mindestens einen Permanentmagneten (81, 82, 83) aufweist, zwischen dessen beiden Polen der Trennspace (40) angeordnet ist.
- Schalter nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Magnetfeldgenerator (80) zwei diametral zur Achse (60) gelegte Permanentmagnete (82, 83) aufweist, welche gleichsinnig längs einer senkrecht durch die Achse (60) geführten Geraden ausgerichtet sind.
- Schalter nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Nordpol des ersten (82) der beiden Permanentmagnete (82, 83) magnetisch verbunden ist mit dem Südpol des zweiten Permanentmagneten (83).

#### Patentansprüche

- Leistungsschalter mit einer in einer Vakuumkammer (70) angeordneten und zwei Lichtbogenelektroden (10, 20) enthaltenden Schaltstelle, bei dem die Elektroden beim Öffnen der Schaltstelle unter Bildung eines Trennspace (40) längs einer Achse (60) relativ zueinander beweglich sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein unabhängig vom Schalterstrom betreibbarer Generator (80) zur Erzeugung eines im Trennspace (40) wirkenden Magnetfelds (B) vorge-

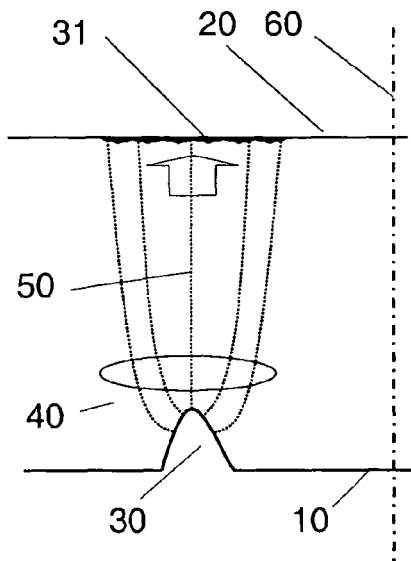


Fig.1

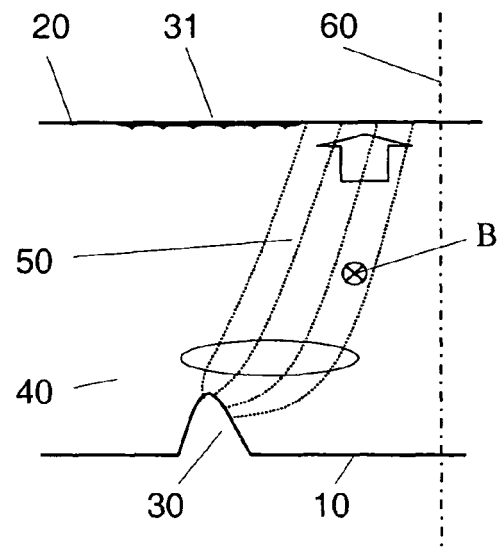


Fig.2

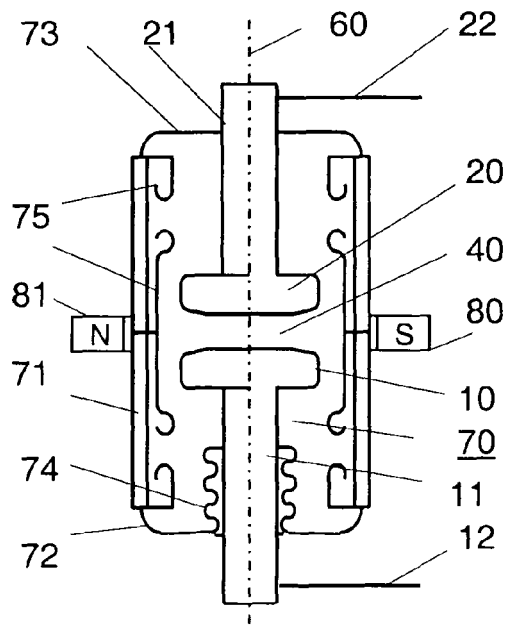


Fig.3

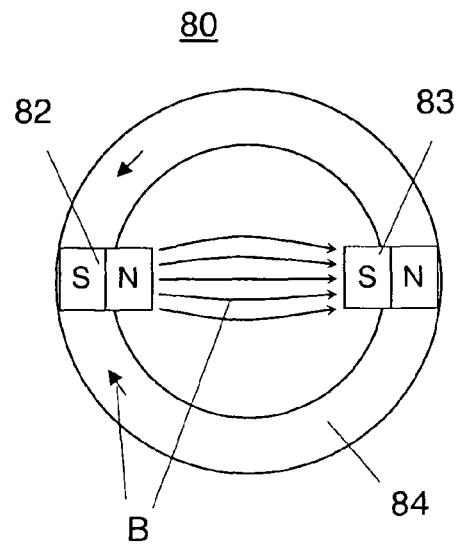


Fig.4



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 05 40 5517

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 3 071 667 A (LEE THOMAS H) 1. Januar 1963 (1963-01-01) * Spalte 6, Zeile 75 - Spalte 7, Zeile 11; Abbildungen 3,4 *	1-5	H01H33/66 H01H33/18
A	----- WO 03/041103 A (DAV; VANHELLE, STEPHANE; MUELLER, FRANCOIS; PALLAS, JEAN-MICHEL) 15. Mai 2003 (2003-05-15) * Abbildungen 1,5 *	2-5	
A	----- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 2000, Nr. 04, 31. August 2000 (2000-08-31) & JP 2000 021276 A (TOSHIBA CORP), 21. Januar 2000 (2000-01-21) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,3,5 *	3	
A	----- GB 833 386 A (SIEMENS-SCHUCKERTWERKE AKTIENGESELLSCHAFT) 21. April 1960 (1960-04-21) * Abbildung 3 *	3-5	
	-----		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) H01H
Recherchenort <b>Den Haag</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>2. März 2006</b>	Prüfer <b>Overdijk, J</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1  
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 05 40 5517

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

02-03-2006

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3071667 A	01-01-1963	KEINE	
WO 03041103 A	15-05-2003	EP 1451841 A1	01-09-2004
JP 2000021276 A	21-01-2000	KEINE	
GB 833386 A	21-04-1960	CH 351658 A	31-01-1961
		DE 1020081 B	28-11-1957
		FR 1177546 A	27-04-1959
		NL 106773 C	
		NL 217318 A	
-----			

EPO FORM P0481

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 19846435 A1 [0002]