

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 87116736.7

(51) Int. Cl.4: **H01H 33/98 , H01H 33/18**

(22) Anmeldetag: 12.11.87

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
17.05.89 Patentblatt 89/20

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**CH DE ES FR GB IT LI NL SE**

(71) Anmelder: **Ganz Villamossági Művek**  
**Lövőház u. 39**  
**Budapest II(HU)**

Anmelder: **BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM**  
**Műegyetem rakpart 3. K.I.9/a.**  
**H-1111 Budapest(HU)**

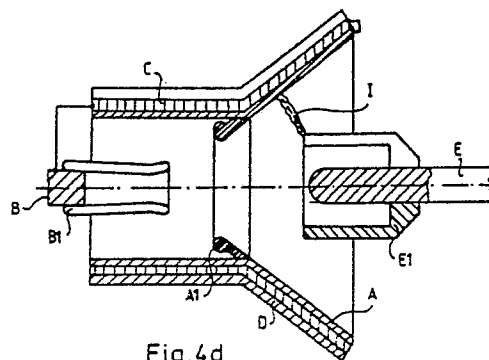
(72) Erfinder: **Boros, János, Dipl.-Ing.**  
**Fiedler R.u. 14**  
**HU-1031 Budapest(HU)**  
Erfinder: **Koller, László, Dipl.-Ing. Dr.**  
**Ujlak u. 118**  
**HU-1173 Budapest(HU)**  
Erfinder: **Madarász, György, Dipl.-Ing. Dr.**  
**Hengermalom ltp. P/4**  
**HU-1119 Budapest(HU)**  
Erfinder: **Papp, Gusztáv, Dipl.-Ing.**  
**Palócsi u. 71**  
**HU-1031 Budapest(HU)**

(74) Vertreter: **Patentanwälte Viering & Jentschura**  
**Steinsdorfstrasse 6**  
**D-8000 München 22(DE)**

(54) **SF6 - gasisoliertes elektrisches Schaltgerät mit einer Rotations-Lichtbogenlöschvorrichtung.**

(57) SF<sub>6</sub>-gasisoliertes elektrisches Schaltgerät mit einer Rotations-Lichtbogenlöschvorrichtung, in welcher sich die während des Unterbrechens entstehende Lichtbogensäule (I) zwischen dem sich axial bewegenden lichtbogenziehenden beweglichen Kontakt (E1) und dem Innenmantel eines kegelförmigen Ringes des lichtbogenziehenden feststehenden Kontaktes (A) ausbildet und dabei eine äußerst schnelle Rotation um die Achse vollführt, wodurch ein wirksames Auslöschen des Lichtbogens erfolgt. Die schnelle Rotation wird im wesentlichen dadurch erreicht, daß sich die Lichtbogensäule (I) in der Nähe der Mitte der Länge einer länglichen Erregerspule (C) annähernd senkrecht zu der Richtung der magnetischen Induktion einstellt. Die Lichtbogenlöschwirkung wird durch einen die Erregerspule (C) umgebenden, aus ferromagnetischem Material gefertigten

Flußleiter (D) insbesondere in der Nähe der Strom-nulldurchgänge gesteigert. Die Kontakte der Vorrichtung sind derart ausgebildet, daß der stromleitende feststehende Kontakteinsatz (B1) und der stromleitende bewegliche Kontakt (E) praktisch lichtbogenfrei schalten



EP 0 315 712 A1

## SF<sub>6</sub> - gasisoliertes elektrisches Schaltgerät mit einer Rotations-Lichtbogenlöschvorrichtung

Die Erfindung betrifft ein SF<sub>6</sub> - gasisoliertes elektrisches Schaltgerät mit einer Rotations-Lichtbogenlöschvorrichtung, die anhand der bekannten und neu erkannten Prinzipien des Lichtbogenlöschens mit dem Ziel des Erreichens einer größtmöglichen Löschwirkung ausgebildet ist. Durch die Anwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind SF<sub>6</sub> - gasisierte Schaltgeräte - Unterbrecher, Trennschalter, usw. - herstellbar, die zum Unterbrechen von - gegenüber den bisherigen Lösungen - höheren Strömen geeignet sind und deren elektrische Lebensdauer äußerst hoch ist, da die stromführenden Kontakte in der Lichtbogenlöschvorrichtung praktisch lichtbogenfrei schalten.

In den letzten Jahren hat sich die Anwendung der mit Schwefelhexafluoridgas (SF<sub>6</sub>) eingekapselten elektrischen Schaltgeräte weltweit verbreitet, was auf die sich aus den günstigen Eigenschaften des SF<sub>6</sub>-Gases ergebenden Vorteile zurückzuführen ist. Die in der Zukunft zu erwartende weitere Verbreitung dieser Geräte hängt ebenfalls infolge des ansteigenden Bedarfs immer mehr davon ab, auf welche Weise und inwieweit es gelingt, die sich aus den Eigenschaften des SF<sub>6</sub>-Gases ergebenden Vorteile auszunutzen. Einer der wichtigsten Vorteile ist mit dem Löschen bzw. der Verhinderung der erneuten Zündung des Lichtbogens bzw. der Verhinderung der erneuten Zündung des Lichtbogens nach dem Stromnulldurchgang verbunden; durch die Bewegung des SF<sub>6</sub>-Gases relativ zu dem Lichtbogen kann dessen Kühlung bis zum Erlöschen des Lichtbogens auch bei relativ großer Stromstärke gesteigert werden. Diese verhältnismäßig einfache Weise des Lichtbogensauslöschens wird in den zur Zeit gefertigten Lichtbogenlöschvorrichtungen der SF<sub>6</sub>-gasisolierten Mittelspannungsschaltgeräte ausgenutzt. Bisher haben sich drei Haupttypen dieser Vorrichtungen, und zwar die sogenannten "Puffer breaker", die "Self-extinguish" und die "Rotarc" verbreitet.

Die Funktion der "Puffer breaker"-Vorrichtungen (mit einem Druckkreis) kann anhand von Fig. 1 verfolgt werden. In dieser Lichtbogenlöschvorrichtung erfolgt das Löschen des Lichtbogens auf Wirkung des die im relativen Ruhestand befindliche Lichtbogensäule I umströmenden Gases. Bei Unterbrechung strömt gleichzeitig mit dem Entfernen des beweglichen Kontaktes E von dem feststehenden Kontakt B das mit dem Kolben F verdichtete Gas in den Bogenkanal. Diese von der Größe des Lichtbogenstromes unabhängige Löschwirkung entsteht unter Mitwirkung des Antriebes des Gerätes. Auf diesem Prinzip beruhende Unterbrecher werden zum Beispiel von den Firmen BBC und Ganz

Villamossági Művek (Ungarn) hergestellt.

Bei den unter der Bezeichnung "Self-extinguish" bekannt gewordenen Lichtbogenlöschvorrichtungen (Fig. 2) bewegt sich während des Unterbrechungsvorganges die Lichtbogensäule I und außerdem strömt das Gas. Der zwischen dem feststehenden Kontakt B und dem sich davon entfernenden beweglichen Kontakt E entstehende Lichtbogen verlagert sich von dem feststehenden Kontakt B auf eine mit dem einen Ende der Spule C verbundene lichtbogenziehende Scheibe K. Da das andere Ende der Spule C mit dem feststehenden Kontakt B verbunden ist, dreht sich die Lichtbogensäule I in dem über die Spule C erzeugten Magnetfeld mit einer von der Größe des zu unterbrechenden Stromes abhängigen Geschwindigkeit um die Achse des Schalter. Diese zur Bewegung gezwungene Lichtbogensäule I speist das sie umgebende Gas mit Energie, dessen Druck ansteigt, und das Gas beginnt in entsprechend ausgebildete Kanäle zu strömen. Bei Unterbrechung von kleinen Strömen würde die unbedeutende Rotation der Lichtbogensäule I nicht zum Löschen des Lichtbogens führen; deswegen erzeugt ein an dem beweglichen Kontakt E befestigter Hilfskolben F1 in dem Falle die erforderliche Gasströmung. Auf diesem Prinzip beruht zum Beispiel der Unterbrecher HB.24.06.12 der Herstellerfirma BBC.

In der Löschvorrichtung "Rotarc" gemäß Fig. 3a dagegen bewegt sich nur die Lichtbogensäule I, d.h. sie rotiert um die Achse. Infolgedessen können die zur Erzeugung der Gasströmung erforderlichen Konstruktionsteile wegfallen, wodurch dieser Typ der Löschvorrichtungen die einfachste Lösung darstellt. Die Vorrichtung ist derart zu bemessen, daß bei solchen Lichtbögen mit geringem Strom, bei denen die sich ausbildende geringfügige Rotation nicht zum Auslöschen des Lichtbogens führen würde, der Lichtbogen während des Öffnungsvorganges spätestens zwischen den vollkommen geöffneten Kontakten auch durch Dehnung auslöschar ist. Anhand von Fig. 3a ist die Funktion derart ausgebildeter Rotations-Lichtbogenlöschvorrichtungen verfolgbar. Bei Öffnen der Kontakte verlagert sich der zwischen dem feststehenden Kontakt B und dem sich davon entfernenden beweglichen Kontakt E brennende Lichtbogen von dem feststehenden Kontakt B über die lichtbogenziehende Scheibe auf den Innenmantel eines zylindrischen lichtbogenziehenden Ringes M. Dieser lichtbogenziehende Ring M ist von der Spule C umgeben, deren eines Ende an dem lichtbogenziehenden Ring M angeschlossen ist, während ihr anderes Ende mit dem feststehenden Kontakt B verbunden ist. Infolgedessen vollführt die Lichtbogensäule I in dem von der

Spule C erzeugten Magnetfeld eine von der Größe des zu unterbrechenden Stromes abhängende Rotation um die Achse. Mit einer derartigen Lichtbogenlöschvorrichtung funktionierende Unterbrecher werden von der Firma South Wales Switchgear hergestellt, wobei die beweglichen Kontakte dieser Unterbrecher keine axial gerichtete Bewegung sondern eine Drehbewegung durchführen.

Nachstehend wird ein Vergleich der mit den oben beschriebenen Lichtbogensvorrichtungen versehenen Unterbrecherarten durchgeführt:

a) Die mit "Puffer breaker"-Lichtbogenlöschvorrichtungen versehenen Unterbrecher weisen zwar die beste Unterbrechungsfähigkeit auf, jedoch sind ihr Aufbau der Komplizierteste, ihre Lebensdauer die geringste und ihr Kostenaufwand der höchste. Der hohe Kostenaufwand ergibt sich aus dem komplizierten Aufbau, in erster Linie jedoch daraus, daß der den Kolben bewegende Antrieb äußerst stark ausgebildet werden muß, um die zur Löschung erforderliche Gasströmung in dem Lichtbogenkanal zu realisieren. Die kurze Lebensdauer ergibt sich aus der großen mechanischen Beanspruchung des Antriebes und der Lichtbogenlöschvorrichtung, und ist weiterhin darauf zurückzuführen, daß sich der Lichtbogen zwischen den Kontakten nicht bewegt und somit die Kontaktflächen stark beschädigt.

b) Die eine "Self-extinguish"-Lichtbogenlöschvorrichtung aufweisenden Unterbrecher weisen eine mittelmäßige Unterbrechungsfähigkeit auf. Bezüglich ihrer weiteren Eigenschaften (Kompliziertheit ihres Aufbaues, Kostenaufwand, und Lebensdauer) sind diese Unterbrecher ebenfalls als mittelmäßig zu bewerten. Die geringe Unterbrechungsfähigkeit hängt damit zusammen, daß die Lichtbogenlöschvorrichtung weder den sich aus der Strömung des Gases noch den sich aus der Bewegung der Lichtbogensäule I ergebenden Lichtbogenlöscheffekt entsprechend ausnutzt; die Lichtbogenrotation dient eher der Verringerung der Erosion der Kontakte. Der Hilfskolben F1 erzeugt nur eine geringe, zur Unterbrechung von kleinen Strömen erforderliche Gasströmung, desweiteren ist auch die von der rotierenden Lichtbogensäule I erzeugte Strömung des über die Kanäle in den Bogenkanal eingeblasenen Gases nur schwach, da sich keine große Rotationsgeschwindigkeit ausbilden kann. Der Grund dafür ist darin zu sehen, daß sich die Lichtbogensäule I in Hinsicht auf die Rotationskraft an einer ungünstigen Stelle, außerhalb der Spule C befindet. An dieser Stelle ist nämlich das Magnetfeld schwach und die Richtung der Lichtbogensäule I schließt mit den Induktionslinien nicht den die maximale Rotationskraft sicherstellenden räumlichen Winkel ein, dessen Größe  $\pi/2$  beträgt. Die Verstärkung des Magnetfeldes und damit die Erhöhung der Rotationsgeschwindigkeit des Lichtbo-

gens können durch eine Vergrößerung der Windungszahl der Spule C ermöglicht werden; dieser Möglichkeit werden jedoch durch die auf die Windungen der Spule C wirkenden elektrodynamischen Kräfte Grenzen gesetzt.

c) Für die mit "Rotarc"-Lichtbogenlöschvorrichtungen ausgebildeten Unterbrecher mit axial gerichteter Kontaktbewegung ist eine mittelmäßige Unterbrechungsfähigkeit charakteristisch, wobei diese Schaltgeräte den einfachsten Aufbau, den geringsten Kostenaufwand und die größte Lebensdauer aufweisen. Die mittelmäßige Unterbrechungsfähigkeit ergibt sich aus folgendem: Die sich von dem feststehenden Kontakt B auf den inneren Mantel des bogenziehenden Ringes M verlagernde Lichtbogensäule I befindet sich während der Überleitung über die lichtbogenziehende Scheibe und auch an dem Mantel des lichtbogenziehenden Ringes M in Hinsicht auf die Rotationskraft in ungünstiger Position, da die am Ende der Spule C eintretende Lichtbogensäule I in ein schwaches Magnetfeld gerät und desweiteren der räumliche Winkel zwischen den Induktionslinien und der Lichtbogensäule I bedeutend von dem die maximale Kraft sicherstellenden Winkelwert  $\pi/2$  abweicht. Darüber hinaus wird das Magnetfeld der Spule C wesentlich durch die Wirkung der in der in diesen Raum weit hineingreifenden lichtbogenziehenden Scheibe K induzierten Wirbelströme verringert. Solange sich der bewegliche Kontakte E in der Nähe der Bohrung der lichtbogenziehenden Scheibe befindet, kommt diese Wirkung verstärkt zur Geltung. Der lichtbogenziehende Ring M dient auch dazu, die Phasenlage der Magnetinduktion im Verhältnis zum Strom zu verschieben, d.h. zu verzögern, um in der Nähe des Stromnulldurchgangs eine hohe Induktion zum Drehen der Lichtbogensäule I zu erreichen. Diese Phasenverschiebung wird jedoch durch die Rückwirkung der in dem beweglichen Kontakt E, der sich im Innern des lichtbogenziehenden Ringes M befindet, induzierten Wirbelströme verringert, und zwar insbesondere am Anfang der Unterbrechung, da sich in diesem Zustand der bewegliche Kontakt E tief im Innern des lichtbogenziehenden Ringes M befindet. Die Kompensierung der Rückwirkung des beweglichen Kontaktes E kann durch Vergrößerung der Dicke des lichtbogenziehenden Ringes M erfolgen, was jedoch mit der Verkleinerung des Magnetfeldes einhergeht.

Letztlich soll erwähnt werden, daß ein gemeinsamer Nachteil der "Rotarc"-Lichtbogenlöschvorrichtungen darin besteht, daß der Lichtbogen die stromleitenden Teile der Kontakte beschädigt, da der bewegliche Kontakt E sowohl die Aufgabe des Stromleitens als auch die des Lichtbogenziehens versieht.

Anhand des Vergleichs der bisher hergestellten

SF<sub>6</sub>-gasisolierten Unterbrecherarten kann festgestellt werden, daß sich die Anwendung der Schaltgeräte, die eine "Rotarc"-Drehlichtbogenlöschvorrichtung aufweisen und die eine axial gerichtete Kontaktbewegung durchführen, in jeder Hinsicht als günstigste erweisen würde, wenn deren Unterbrechungsfähigkeit gesteigert werden würde.

Es existierten Modellversuche (Fig. 3b), bei denen der Lichtbogen an der hinsichtlich der Rotation günstigsten Stelle erzeugt wird, d.h. der räumliche Winkel zwischen dem Lichtbogen I und der Magnetinduktion nimmt einen Wert von  $\pi/2$  an. Diese Geräte können jedoch in keiner Weise als für die Praxis geeignete Geräte betrachtet werden, da derartige Lösungen im geschlossenen Zustand ohne Verschweißen keinesfalls dazu fähig sind, starke Ströme zu leiten.

Der Erfindung wurde das Ziel gesetzt, für SF<sub>6</sub>-gasisierte Schaltgeräte eine eine axialgerichtete Kontaktbewegung realisierende Rotations-Lichtbogenlöschvorrichtung auszubilden, die die Nachteile und Fehler der bisher hergestellten ähnlichen Vorrichtungen nicht aufweist und gegenüber diesen eine größere Unterbrechungsfähigkeit aufweist. Zur Erhöhung der Unterbrechungsfähigkeit bestand das Ziel im Erreichen einer maximal starken Lichtbogenrotation. Die dazu erforderliche Lichtbogenlöschvorrichtung wurde anhand der Resultate, die sich aus auf bekannten und neu erkannten Prinzipien beruhenden Berechnungen und Experimente ergaben, ausgebildet.

Das gestellte Ziel wurde mit einer solchen Rotationslichtbogenlöschvorrichtung in SF<sub>6</sub>-gasisolierten Schaltgeräten erreicht, die mit einem an dem Gehäuse des Gerätes befestigten und aus Metall gefertigten feststehenden Teil und einem zu diesem coaxial angeordneten und entlang der Achse beweglichen Teil versehen ist, wobei der feststehende Teil aus einem lichtbogenziehenden feststehenden Kontakt, einem stromleitenden feststehenden Kontakteinsatz und einer Erregerspule besteht und gemäß der Erfindung der lichtbogenziehende feststehende Kontakt von einem kegelförmigen Ring gebildet ist, dessen Ende mit dem kleineren Durchmesser sich in einen den gleichen Durchmesser aufweisenden, den stromleitenden feststehenden Kontakteinsatz umgebenden zylindrischen Ring fortsetzt, in welchen ein mit dem lichtbogenziehenden feststehenden Kontakt in Berührung stehender und - im vollkommen geschlossenen und im vollkommen geöffneten Zustand - der inneren Erzeugenden des kegelförmigen Ringes folgender lichtbogenziehender feststehender Kontakteinsatz hineinragt. Der lichtbogenziehende feststehende Kontakt ist von in einer oder mehreren Schichten in gleicher Windungsrichtung gewickelten Erregerspule dicht umgeben, wobei der eine Anschluß der

Erregerspule mit dem den größeren Durchmesser aufweisenden Ende des kegelförmigen Ringes des lichtbogenziehenden feststehenden Kontaktes verbunden ist, wohingegen der andere Anschluß der Erregerspule an dem mit dem stromleitenden feststehenden Kontakteinsatz in Berührung stehenden stromleitenden feststehenden Kontakt angeschlossen ist. Weiterhin ist die Erregerspule von einem aus ferromagnetischem Material gefertigten, entlang seiner Erzeugenden geschlitzten oder aus Segmenten bestehenden Flußleiter dicht umgeben und in dem Inneren des feststehenden Teils ist der bewegliche Teil relativ zu dem feststehenden Teil derart angeordnet, daß im vollständig geschlossenen Zustand sein stromleitender beweglicher Kontakt nur mit dem stromleitenden feststehenden Kontakteinsatz, und in vollständig geöffnetem Zustand - bis zum Erlöschen der Lichtbogensäule - sein lichtbogenziehender beweglicher Kontakt über die Lichtbogensäule mit dem lichtbogenziehenden feststehenden Kontakt in galvanischer Verbindung steht und im dazwischen liegenden Zustand - ausgehend von dem geschlossenen Zustand - während des Öffnens zuerst der lichtbogenziehende bewegliche Kontakt des beweglichen Teils auch mit dem lichtbogenziehenden feststehenden Kontakteinsatz in Berührung steht, wonach nur noch der lichtbogenziehende bewegliche Kontakt den lichtbogenziehenden feststehenden Kontakteinsatz berührt, wobei der stabförmige stromleitende bewegliche Kontakt von dem an ihm befestigten rohrrartigen, lichtbogenziehenden beweglichen Kontakt umgeben ist.

Weitere Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung wird nachstehend anhand eines in der Zeichnung näher veranschaulichten Ausführungsbeispiels ausführlicher beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine "Puffer breaker"-Lichtbogenlöschvorrichtung,

Fig. 2 eine "Self-extinguish"-Lichtbogenlöschvorrichtung,

Fig. 3a eine "Rotarc"-Lichtbogenlöschvorrichtung,

Fig. 3b ein Versuchsmodell der "Rotarc"-Lichtbogenlöschvorrichtung,

Fig. 4a eine Ausführungsform der Rotationslichtbogenlöschvorrichtung gemäß der Erfindung im geschlossenen Zustand des Schalters (der Strom fließt zwischen dem stromleitenden feststehenden Kontakteinsatz B1 und dem stromleitenden beweglichen Kontakt E),

Fig. 4b die erfindungsgemäß ausgebildete Rotationslichtbogenlöschvorrichtung in der ersten Phase des Öffnens des Schalters (der Strom fließt zwischen dem stromleitenden feststehenden Kontakteinsatz B1 und dem stromleitenden beweglichen Kontakt E).

chen Kontakt E, sowie dem lichtbogenziehenden feststehenden Kontakteinsatz A1 und dem lichtbogenziehenden beweglichen Kontakt E1)

Fig. 4c die erfindungsgemäß ausgebildete Rotationslichtbogenlöschvorrichtung in der zweiten Phase des Öffnens des Schalters (der Strom fließt zwischen dem lichtbogenziehenden feststehenden Kontakteinsatz A1 und dem lichtbogenziehenden beweglichen Kontakt E1),

Fig. 4d die erfindungsgemäß ausgebildete Rotationslichtbogenlöschvorrichtung in der dritten Phase des Öffnens des Schalters (der Strom fließt über die zwischen dem lichtbogenziehenden feststehenden Kontakt A und dem lichtbogenziehenden beweglichen Kontakt E1 befindliche Bogensäule I), und

Fig. 4e die Form der Bogensäule I während der Drehung in einer zu der Achse senkrechten Ebene.

Die gemäß der Erfindung ausgebildete Rotationslichtbogenlöschvorrichtung (Fig. 4a) weist einen an dem Gehäuse des Schaltgerätes befestigten, aus Metall gefertigten feststehenden Teil, und einen zu diesem koaxial angeordneten beweglichen Teil auf, der entlang der Achse bewegbar ist, wobei der feststehende Teil (Fig. 4a, b, c, d) aus einem lichtbogenziehenden feststehenden Kontakt A, einem lichtbogenziehenden feststehenden Kontakteinsatz A1, einem stromleitenden feststehenden Kontakt B, einem stromleitenden feststehenden Kontakteinsatz B1, einer Erregerspule C und einem Flußleiter D besteht, während der bewegliche Teil aus einem stromleitenden beweglichen Kontakt E und einem lichtbogenziehenden beweglichen Kontakt E1 besteht.

Der lichtbogenziehende feststehende Kontakt A wird von einem eine geradlinige Erzeugende aufweisenden kegelförmigen Ring gebildet, dessen Ende mit dem kleineren Durchmesser sich in einen den gleichen Durchmesser aufweisenden zylindrischen Ring fortsetzt, welcher den federnden stromleitenden feststehenden Kontakteinsatz B1 umgibt und in welchem - in der vollständig geschlossenen und der vollständig geöffneten Position (d.h. in der Position gemäß Fig. 4a und 4d) - ein der inneren Erzeugenden des kegelförmigen Ringes folgender federnder lichtbogenziehender feststehender Kontakteinsatz A1 hineinragt. Der lichtbogenziehende feststehende Kontakteinsatz A1 steht mit dem lichtbogenziehenden feststehenden Kontakt A in Berührung.

Der lichtbogenziehende feststehende Kontakt A ist von einer aus isolierten Leitern in einer oder mehreren Schichten in gleicher Windungsrichtung gewickelten Erregerspule C eng umgeben, deren einer Anschluß an dem den größeren Durchmesser aufweisenden Ende des kegelförmigen Ringes des

lichtbogenziehenden feststehenden Kontaktes A angeschlossen ist, während der andere Anschluß der Erregerspule C an dem mit dem stromleitenden feststehenden Kontakteinsatz B1 in Kontakt befindlichen stromleitenden feststehenden Kontakt B angeschlossen ist. Die Erregerspule C ist von einem aus ferromagnetischem Material gefertigten, entlang seiner Erzeugenden aufgeschlitzten oder aus Segmenten bestehenden Flußleiter D eng umgeben. In dem Innern des feststehenden Teil kann der bewegliche Teil die Positionen gemäß den Figuren 4a, 4b, 4c und 4d annehmen, d.h. in vollständig geschlossener Position ist sein stromleitender beweglicher Kontakt E nur mit dem stromleitenden feststehenden Kontakteinsatz B1 in galvanischer Verbindung, während in vollständig geöffnetem Zustand des Schalters bis zum Erlöschen des Lichtbogens der lichtbogenziehende bewegliche Kontakt E1 über die Bogensäule I mit dem lichtbogenziehenden feststehenden Kontakt A in galvanischer Verbindung ist. In den dazwischen befindlichen Positionen ausgehend von der geschlossenen Lage gelangt zuerst während des Öffnens des Schalters auch der lichtbogenziehende bewegliche Kontakt E1 mit dem lichtbogenziehenden feststehenden Kontakteinsatz A1 in Kontakt, und danach bleibt nur noch der lichtbogenziehende bewegliche Kontakt E1 mit dem lichtbogenziehenden feststehenden Kontakteinsatz A1 in Verbindung. Der stromleitende bewegliche Kontakt E ist stabförmig ausgebildet und ist von dem an ihm befestigten rohrartigen bogenziehenden beweglichen Kontakt E1 umgeben, welcher vorzugsweise entlang seiner Erzeugenden an einer oder mehreren Stellen aufgeschlitzt ist.

Die gemäß der Erfindung ausgebildete Lichtbogenlöschvorrichtung funktioniert in folgender Weise. Im geschlossenen Zustand des Schalters (Fig. 4a) steht der stromleitende bewegliche Kontakt E mit dem aus Rohrsegmenten bestehenden stromleitenden feststehenden Kontakteinsatz B1 in Kontakt, welcher seinerseits mit dem stromleitenden feststehenden Kontakt B ebenfalls in Berührung ist. In dieser Position fließt somit der Strom zwischen dem stromleitenden feststehenden Kontakt B und dem stromleitenden beweglichen Kontakt E. In der ersten Phase des Öffnens des Schalters (Fig. 4b) fließt ein geringer Teil des zwischen dem stromleitenden beweglichen Kontakt E und dem stromleitenden feststehenden Kontakt B fließenden Stromes auch durch die Erregerspule C. In dieser Öffnungsphase stehen nämlich auch der lichtbogenziehende bewegliche Kontakt E1 und der lichtbogenziehende feststehende Kontakteinsatz A1 in Berührung, so daß über den lichtbogenziehenden Kontakt A und die daran angeschlossene Erregerspule C zu dem stromleitenden feststehenden Kontakt B ebenfalls Strom fließt, da das andere Ende

der Erregerspule C an diesem angeschlossen ist.

In der zweiten Phase des Öffnens des Schalters (Fig. 4c) trennt sich der stromleitende bewegliche Kontakt E von dem stromleitenden feststehenden Kontakteinsatz B1 praktisch lichtbogenfrei. Dies wird dadurch erreicht, daß während des Trennens der lichtbogenziehende feststehende Kontakteinsatz A1 und der lichtbogenziehende bewegliche Kontakt E1 weiterhin in Berührung bleiben und somit die Erregerspule C den stromleitenden feststehenden Kontakteinsatz B1 und den von diesem getrennten stromleitenden beweglichen Kontakt E shuntet. Der auf Wirkung des durch die Erregerspule C fließenden Stromes entstehende geringe Spannungsabfall ist im allgemeinen nicht ausreichend, um einen Lichtbogen entstehen zu lassen. Bei der weiteren Fortbewegung des beweglichen Teils E des Schalters, beginnend von dem Zeitpunkt, in dem sich der lichtbogenziehende bewegliche Kontakt E1 von dem lichtbogenziehenden feststehenden Kontakteinsatz A1 trennt, bildet sich ein Lichtbogen aus und der aus Segmenten bestehende, federnde lichtbogenziehende feststehende Kontakteinsatz A1 stellt sich in die Richtung der inneren Erzeugenden des kegelförmigen Ringes des lichtbogenziehenden feststehenden Kontaktes A ein. Der entstandene Lichtbogen dehnt sich und führt auf Wirkung des durch die Erregerspule fließenden Stromes eine Rotation um die Achse durch. Nach einer gewissen Zeit, in der Position nach Fig. 4d, verlagert sich die Lichtbogensäule I zwischen dem lichtbogenziehenden beweglichen Kontakt E1 und dem lichtbogenziehenden feststehenden Kontakt A, wobei sie dabei eine ständige Rotation um die Achse ausführt. Die Lichtbogensäule I ist bestrebt, sowohl auf der Innenfläche des lichtbogenziehenden feststehenden Kontakteinsatzes A1 als auch auf dem Innenmantel des kegelförmigen Ringes des lichtbogenziehenden feststehenden Kontaktes A1 eine zu diesen senkrechte Lage gemäß Fig. 4d einzunehmen, da dies den kürzesten Abstand zwischen dem lichtbogenziehenden feststehenden Kontakt A und dem lichtbogenziehenden beweglichen Kontakt E1 bedeutet. Die eine Rotation um die Achse durchführende Lichtbogensäule I bleibt in dem kegelförmigen Ring des lichtbogenziehenden feststehenden Kontaktes A, da sie dazu von den auf sie einwirkenden elektrodynamischen Kräften gezwungen wird. Eine dieser Kräfte entsteht dadurch, daß die Lichtbogensäule I während ihrer Rotation um die Achse mit einem zum Beispiel dem Uhrzeigersinn entsprechenden Drehsinn die in Fig. 4e veranschaulichte Form in einer zur Achse senkrechten Ebene annimmt. Die tangentielle Komponente des Lichtbogenstromes erzeugt mit der radialen Komponente der magnetischen Induktion eine in Richtung zu dem kleineren Durchmesser des kegelförmigen Teils des lichtbogenziehenden

feststehenden Kontaktes A wirkende Kraft. Eine andere gleichgerichtete Kraftwirkung ist auf die Ausdehnung der auf dem beweglichen Teil durch den über die Lichtbogensäule I und den lichtbogenziehenden feststehenden Kontakt A fließenden konvektiven Strom erzeugten Schleife zurückzuführen. Die Lichtbogensäule I führt eine insbesondere in der Nähe der Nulldurchgänge des Stromes außerordentlich schnelle Rotation durch. Somit kommt es in dem ersten oder höchstens zweiten Stromnulldurchgang zum Löschen des Lichtbogens. Die äußerst schnelle Drehung des Lichtbogensäule I und die sich daraus ergebende bedeutende Lichtbogenlöschwirkung sind auf folgende - die Ausbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ebenfalls erläuternde - Gründe zurückzuführen:

a) Der Lichtbogen brennt von seiner Entstehung bis zu seiner Auslöschung in der Nähe der Mitte der Länge der Erregerspule C, wo der Wert der die zur Drehung des Lichtbogens erforderliche Kraft erzeugenden magnetischen Induktion am größten ist. Während der Bewegung des beweglichen Teils bewegt sich die Lichtbogensäule I in Richtung zu dem Rand der Erregerspule C, wodurch der Lichtbogen in einen Raum mit kleinerer magnetischer Induktion gelangt. Diese ungünstige Wirkung kann jedoch in der bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung dadurch verringert oder beseitigt werden, daß die Anzahl der Schichten der Erregerspule C in Richtung zu dem den größten Durchmesser aufweisenden Endes des kegelförmigen Ringes des lichtbogenziehenden feststehenden Kontaktes A ansteigt.

b) Infolge der kegelförmigen Ausbildung sind der Innenmantel des kegelförmigen Ringes des lichtbogenziehenden feststehenden Kontaktes A und die Innenfläche des lichtbogenziehenden feststehenden Kontakteinsatzes A1 zu der Richtung der magnetischen Induktionslinien annähernd parallel. Somit nähert der Wert des räumlichen Winkels zwischen der zu dem Innenmantel des lichtbogenziehenden feststehenden Kontaktes A und zu der Innenfläche des lichtbogenziehenden feststehenden Kontakteinsatzes - gemäß Fig. 4d - senkrechten Lichtbogensäule I und den magnetischen Induktionslinien den die größte Kraftwirkung ausübenden Wert  $\pi/2$  an. Diese Anforderung kommt insbesondere bei der Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Geltung, bei welcher die Erzeugende des kegelförmigen Ringes des lichtbogenziehenden feststehenden Kontaktes A zu der in der Nähe des Innenmantels dieses kegelförmigen Ringes befindlichen magnetischen Kraftlinie parallel ist.

c) Ein Lichtbogen mit vorgegebener Stromstärke wird - bei unveränderten sonstigen Bedingungen - um so leichter gelöscht, je größer die erste Ableitung der die Drehung um die Achse

hervorrufenden Kraftwirkung nach der Zeit im Zeitpunkt des Stromnulldurchganges ist. Der Einfachheit halber wird angenommen, daß der Strom sinusförmig ist, desweiteren werden die Metallteile im Innern des lichtbogenziehenden feststehenden Kontaktes A und die Wirkung des im lichtbogenziehenden feststehenden Kontakt A fließenden konvektiven Stromes sowie des Flußleiters D vernachlässigt. In diesem Fall kann in erster Annäherung nachgewiesen werden, daß eines der Kriterien der Steigerung der Löschwirkung in dem Erreichen einer höchstmöglichen gegenseitigen Induktionswertes zwischen dem lichtbogenziehenden feststehenden Kontakt A - welcher auch für die zeitliche Phasenverschiebung der magnetischen Induktion verantwortlich ist- und der Erregerspule besteht. Um eine größtmögliche gegenseitige Induktivität zu erreichen, ist es erforderlich, eine enge Kopplung des lichtbogenziehenden Kontaktes A und der Erregerspule zu realisieren. Dies wird von der erfindungsgemäß ausgebildeten Vorrichtung - ebenso wie von den bisherigen Drehlichtbogenlösungen - entsprechend sichergestellt. Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann jedoch eine gegenüber der bisherigen weitaus größere gegenseitige Induktivität erreicht werden, da die Erregerspule C relativ zu ihrem Durchmesser eine verhältnismäßig große Länge aufweist, wodurch einerseits die Kopplung zwischen der Erregerspule C und dem lichtbogenziehenden feststehenden Kontakt A weiterverstärkt wird, andererseits die Windungszahl der Erregerspule C ebenfalls erhöht wird. Die Erhöhung der Windungszahl kann dadurch erklärt werden, daß die Querschnittsmaße des Leiters durch den Wert des zu unterbrechenden Stromes in Hinsicht auf die Festigkeit und die Erwärmung im wesentlichen vorgegeben sind. Dieser Leiter ist - um eine bestmögliche Kopplung und größtmögliche Induktion zu erreichen - möglichst in einer Schicht dicht auf den lichtbogenziehenden feststehenden Kontakt A aufzuwickeln. Die erfindungsgemäße Erregerspule ist relativ lang, wodurch die anbringbare Windungszahl ebenfalls groß ist. Anhand der Figuren 4a, b, c und d ist gut ersichtlich, daß diese relativ lange Erregerspule C nicht zu einer Verlängerung der Vorrichtung führt, da der stromleitende Kontakteinsatz B1 in die Erregerspule C hineinragt. Es soll hierbei erwähnt werden, daß die Ausbildung der Wicklung auf dem kegelförmigen Ring des lichtbogenziehenden feststehenden Kontaktes A in Richtung zu dessen dem größeren Durchmesser aufweisenden Ende mit steigender Schichtenzahl keine effektive Weise der Erhöhung der Induktion darstellt und somit als Zwangsmaßnahme zu betrachten ist. Die Dickenmaße des lichtbogenziehenden feststehenden Kontaktes A sind ebenfalls mit dem Ziel des Erreichens der größten Löschwirkung festzulegen.

d) Die mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung erreichte und unter den Punkten a) - c) begründete große Löschwirkung wird in einem gewissen Maße von der Rückwirkung der im Inneren des lichtbogenziehenden feststehenden Kontaktes A befindlichen Metallteile, so in dem lichtbogenziehenden feststehenden Kontakteinsatz A1, in dem stromleitenden feststehenden Kontakteinsatz B1 und in dem beweglichen Teil induzierten Wirbelströme herabgesetzt. Diese Rückwirkung tritt in erster Linie dadurch in Erscheinung, daß in der Umgebung der Lichtbogensäule I die Phasenverschiebung der Induktion geringer wird, wodurch sich auch die Löschwirkung verringert. Durch die erfindungsgemäße Ausbildung der Vorrichtung konnte das Maß dieser Rückwirkung bedeutend herabgesetzt werden. Der im Innern des lichtbogenziehenden feststehenden Kontaktes A angeordnete lichtbogenziehende feststehende Kontakteinsatz A1 und der stromleitende feststehende Kontakteinsatz B1 bestehen nämlich aus Segmenten. Somit können sich die in einem zu der Achse senkrechten Kreis strömenden Wirbelströme nicht ausbilden. In dem mit der Erregerspule C in bester Kopplung befindlichen lichtbogenziehenden beweglichen Kontakt E1 des beweglichen Teils verringern sich die Wirbelströme dadurch, daß dieser rohrartig ausgebildete lichtbogenziehende bewegliche Kontakt E1 entlang seiner Erzeugenden an einer oder mehreren Stellen aufgeschlitzt ist. Hierzu soll erwähnt werden, daß die Rückwirkung des beweglichen Teils um so geringer ist, je weiter der bewegliche Teil nach außen und dadurch die Lichtbogensäule I aus dem lichtbogenziehenden feststehenden Kontakteinsatz A1 heraus gelangen. Dies ist von Vorteil, da der Wert der magnetischen Induktion im allgemeinen in Richtung zum Ende der Erregerspule geringer wird.

e) Die mit Hilfe der Lösungen gemäß Punkt d) verringerte geringfügige Rückwirkung der sich im Inneren des bogenziehenden feststehenden Kontaktes A befindenden Metallteile kann nicht nur kompensiert werden, sondern es kann eine noch stärkere Bogenlöschwirkung durch die Anwendung eines die Erregerspule C eng umgebenden, aus ferromagnetischem Material bestehenden Flußleiters D erreicht werden. Dieser Flußleiter D ist entlang seiner Erzeugenden aufgeschlitzt, damit er sich auf Wirkung der Betriebsströme nicht erwärmt. Der Flußleiter D übt dadurch eine hinsichtlich der Lichtbogenlöschung vorteilhafte Wirkung aus, daß er den äußeren Fluß der Erregerspule C leitet, somit einerseits durch Verringerung des Streuung in dem Inneren des lichtbogenziehenden feststehenden Kontaktes den Wert der magnetischen Induktion erhöht und andererseits durch die Wirbelstrom- und Hysteresisverluste die Phasenverschiebung der Induktion erhöht. Dieser Flußlei-



ter D wird gesättigt, wenn der Augenblickswert des zu unterbrechenden Stromes groß ist; somit wird dann seine Wirkung geringer. Es ist jedoch von wesentlicher Bedeutung, daß er gerade bei Annäherung des Stromnulldurchganges, wenn der Augenblickswert des Stromes gering ist, mit ständig steigender Wirkung zu der wirksamen Auslöschung der Lichtbogensäule I beiträgt. Ein besonderer Vorteil der Anwendung des Flußleiters D besteht darin, daß dieser die Lichtbogenlöschvorrichtung magnetisch gegen die Umgebung abschirmt.

Die erfindungsgemäß ausgebildete Rotationslichtbogenlöschvorrichtung in SF<sub>6</sub>-gasisolierten Schaltgeräten hat folgende Vorteile:

- eine äußerst hohe Unterbrechungsfähigkeit,
- kleine Abmessungen, einen einfachen Aufbau,
- einen nur geringen Kostenaufwand,
- ein äußerst hohe Lebensdauer,
- ein praktisch lichtbogenfreies Schalten zwischen den stromleitenden Kontakten, und
- eine magnetisch abgeschirmte Ausführung.

## Ansprüche

1. SF<sub>6</sub>-gasisoliertes elektrisches Schaltgerät mit einer Rotations-Lichtbogenlöschvorrichtung, welche einen an dem Gehäuse des Gerätes befestigten, aus Metall gefertigten feststehenden Teil und einen coaxial zu diesem angeordneten, axial bewegbaren beweglichen Teil aufweist, wobei der feststehende Teil einen lichtbogenziehenden feststehenden Kontakt (A), einen stromleitenden feststehenden Kontakt (B), einen stromleitenden feststehenden Kontakteinsatz (B1) und eine Erregerspule (C) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß der lichtbogenziehende feststehende Kontakt (A) von einem kegelförmigen Ring gebildet wird, dessen Ende mit kleinerem Durchmesser sich in einen den gleichen Durchmesser aufweisenden zylindrischen Ring fortsetzt, der den stromleitenden feststehenden Kontakteinsatz (B1) umgibt und in den ein mit dem lichtbogenziehenden feststehenden Kontakt (A) in Berührung stehender und der inneren Erzeugenden des kegelförmigen Ringes - im vollkommen geschlossenen und vollkommen geöffneten Zustand des Schalters - folgender lichtbogenziehender feststehender Kontakteinsatz (A1) hineinragt, daß der lichtbogenziehende feststehende Kontakt (A) von einer in einer oder mehreren Schichten in gleicher Windungsrichtung gewickelten Erregerspule (C) eng umgeben ist, deren einer Anschluß an dem den größeren Durchmesser aufweisenden Ende des kegelförmigen Ringes des lichtbogenziehenden feststehenden Kontaktes (A) angeschlossen ist und deren anderer Anschluß an dem mit dem stromleitenden feststehenden Kon-

takteinsatz (B1) in Berührung stehenden stromleitenden feststehenden Kontakt (B) angeschlossen ist, daß die Erregerspule (C) von einem aus ferromagnetischem Material gefertigten und entlang seiner Erzeugenden aufgeschlitzten oder aus Segmenten bestehenden Flußleiter (D) eng umgeben ist, daß der bewegliche Teil in dem Inneren des feststehenden Teils relativ zu diesem derart angeordnet ist, daß in vollkommen geschlossener Position sein stromleitender beweglicher Kontakt (E) nur mit dem stromleitenden feststehenden Kontakteinsatz (B1), und in vollkommen geöffneter Position - bis zum Erlöschen der Lichtbogensäule (I) - sein lichtbogenziehender beweglicher Kontakt (E1) über die Lichtbogensäule (I) mit dem lichtbogenziehenden feststehenden Kontakt (A) in galvanischer Verbindung steht, wohingegen in den Zwischenstellungen des Schalters während dessen Öffnen ausgehend von der geschlossenen Lage zuerst auch sein lichtbogenziehender beweglicher Teil (E1) mit dem lichtbogenziehenden feststehenden Kontakteinsatz (A1) in Berührung gelangt und beim weiteren Öffnen des Schalters nur noch der lichtbogenziehende bewegliche Kontakt (E1) mit dem lichtbogenziehenden feststehenden Kontakteinsatz (A1) in Berührung steht, und daß der stabförmige stromleitende bewegliche Kontakt (E) von dem an ihm befestigten rohrartig ausgebildeten lichtbogenziehenden beweglichen Kontakt (E1) umgeben ist.

2. Schaltgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Erzeugende des kegelförmigen Ringes des lichtbogenziehenden feststehenden Kontaktes (A) zu der in der Nähe des Innenmantels dieses kegelförmigen Ringes befindlichen magnetischen Kraftlinie parallel ist.

3. Schaltgerät nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Anzahl der Schichten der auf dem kegelförmigen Ring des bogenziehenden feststehenden Kontaktes (A) angebrachten Erregerspule (C) in Richtung zu dem den größeren Durchmesser aufweisenden Ende des kegelförmigen Ringes des lichtbogenziehenden feststehenden Kontaktes (A) vergrößert.

4. Schaltgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der lichtbogenziehende bewegliche Kontakt (E1) entlang seiner Erzeugenden an mindestens einer Stelle aufgeschlitzt ist.



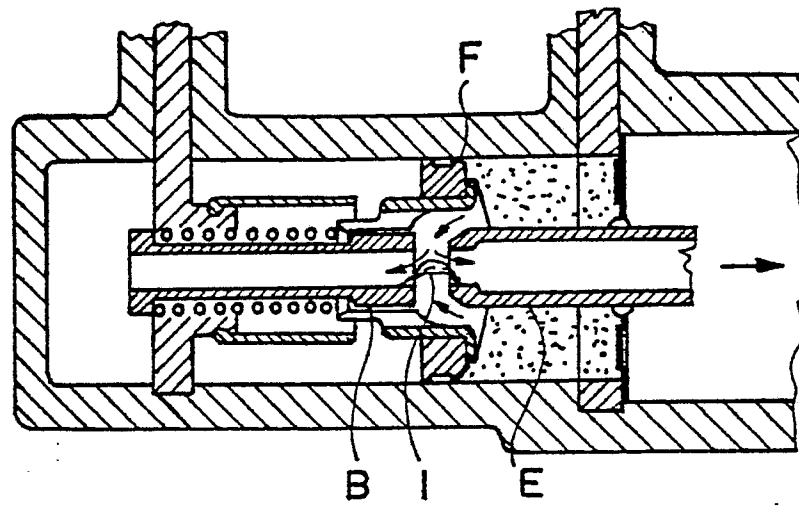


Fig.1

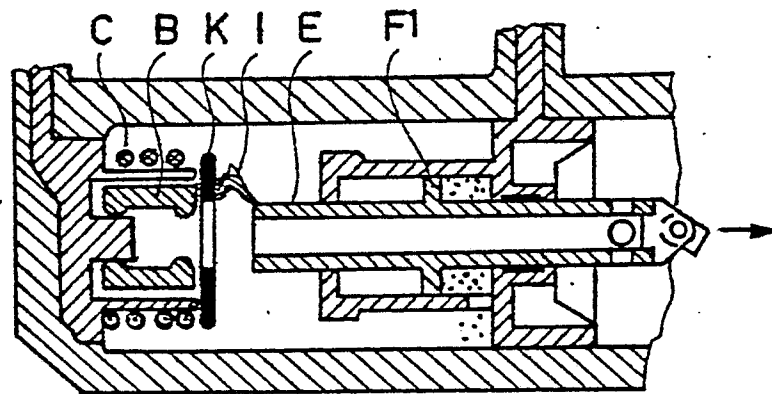


Fig.2

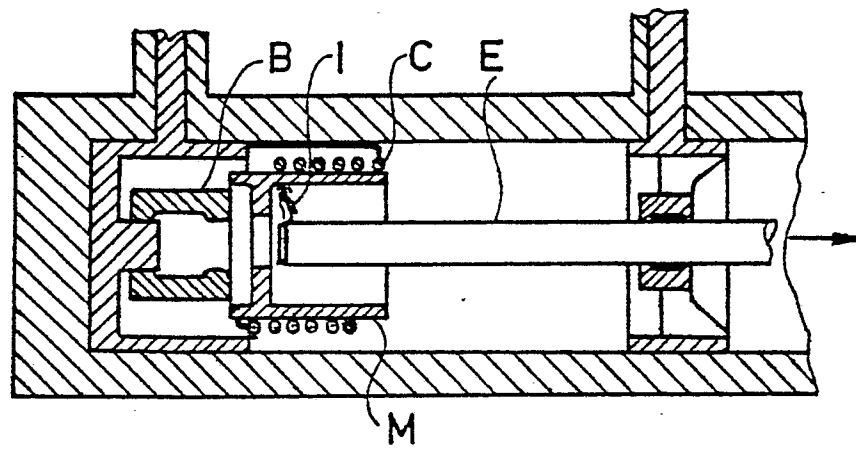


Fig. 3a

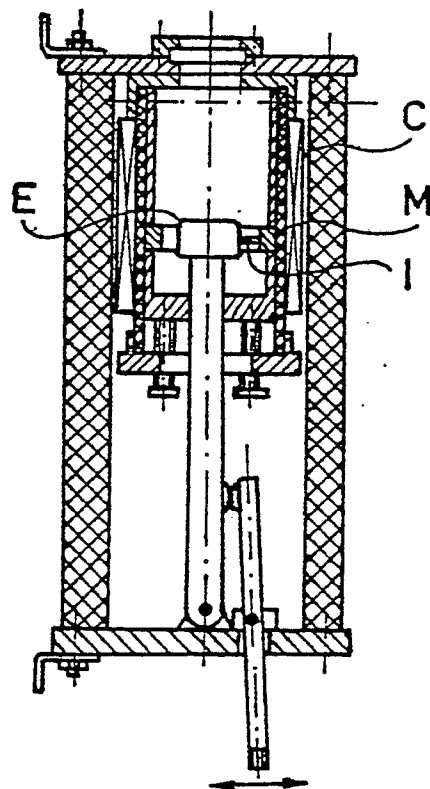
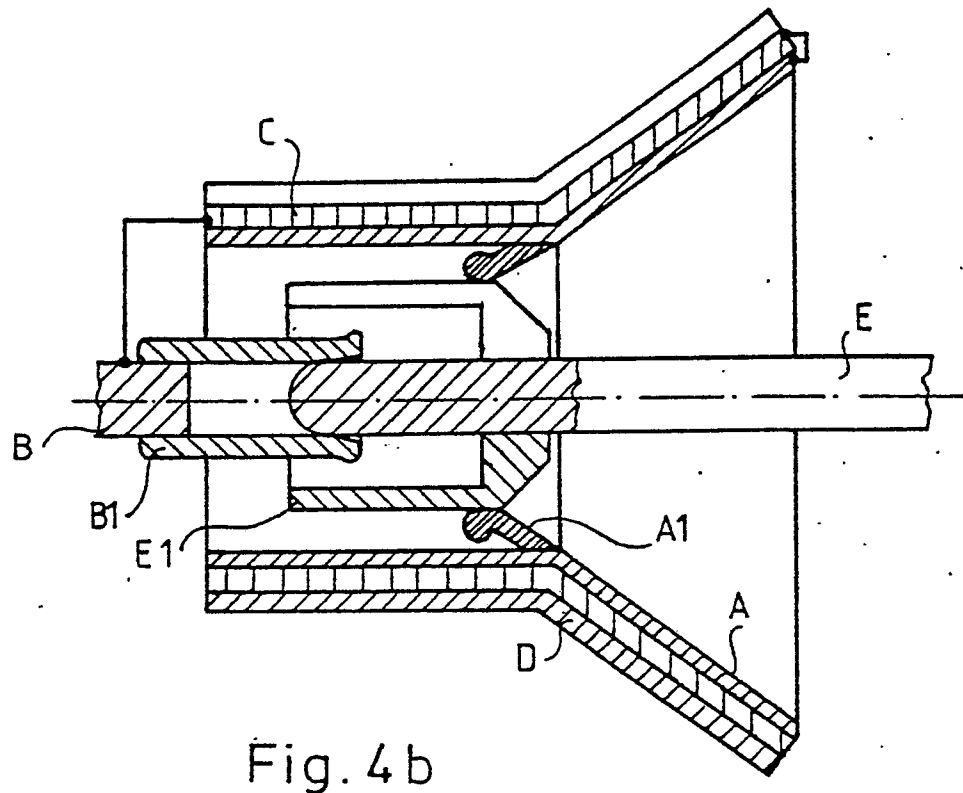
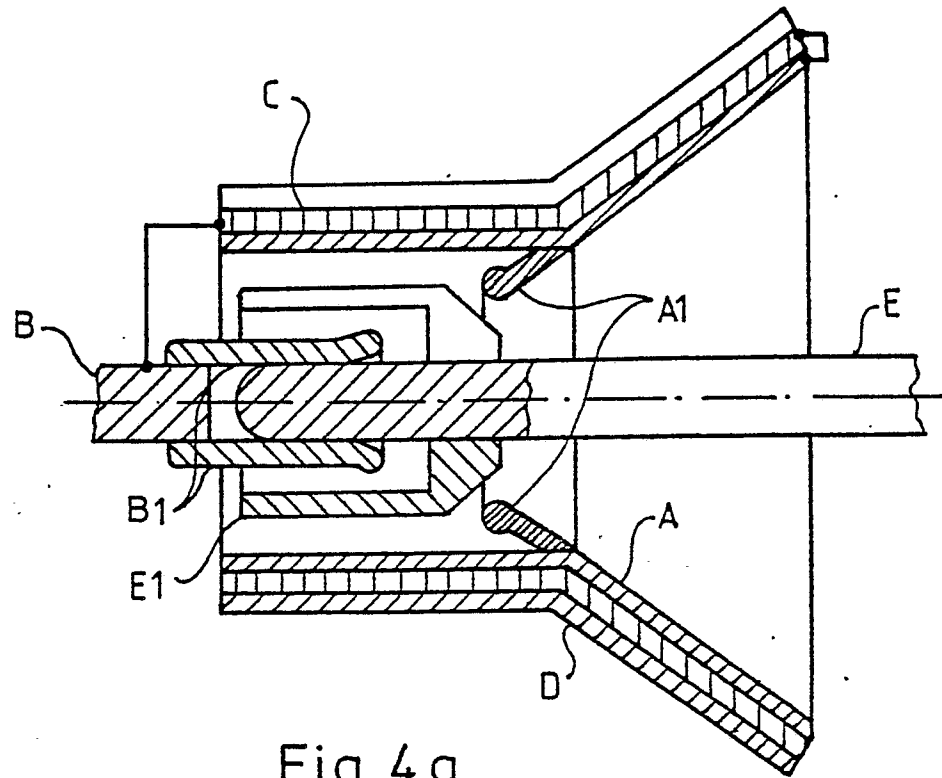
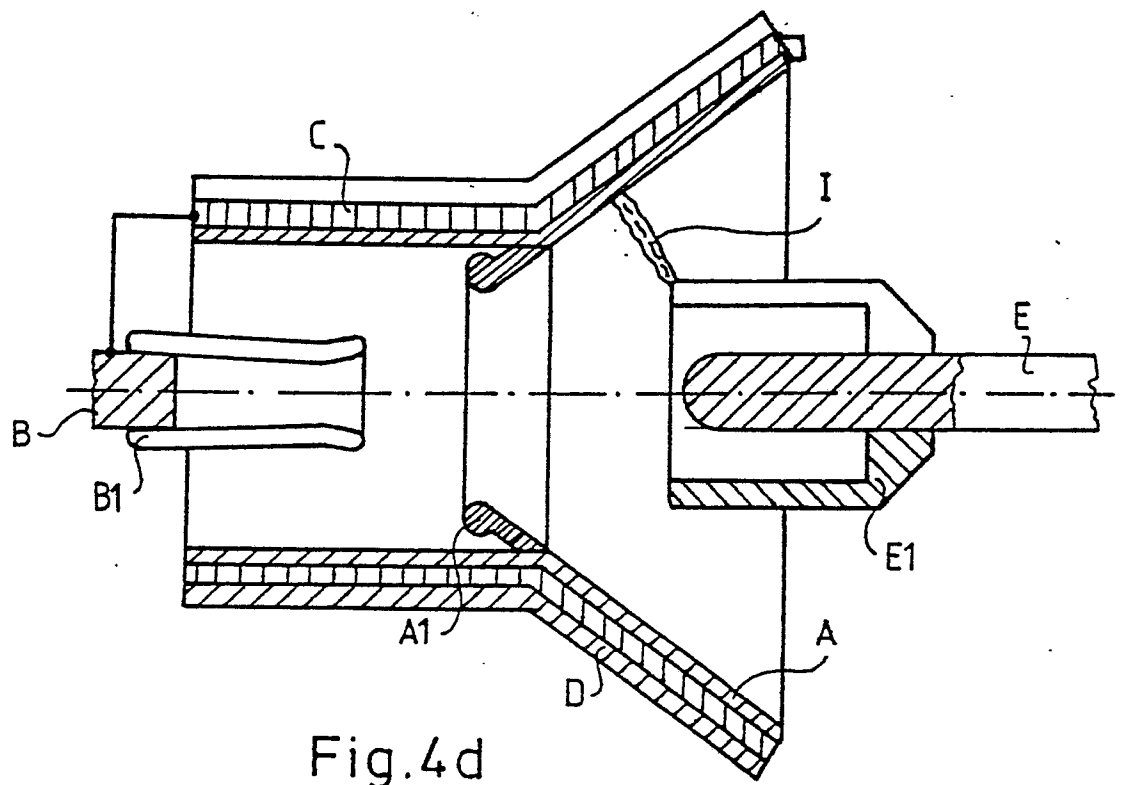
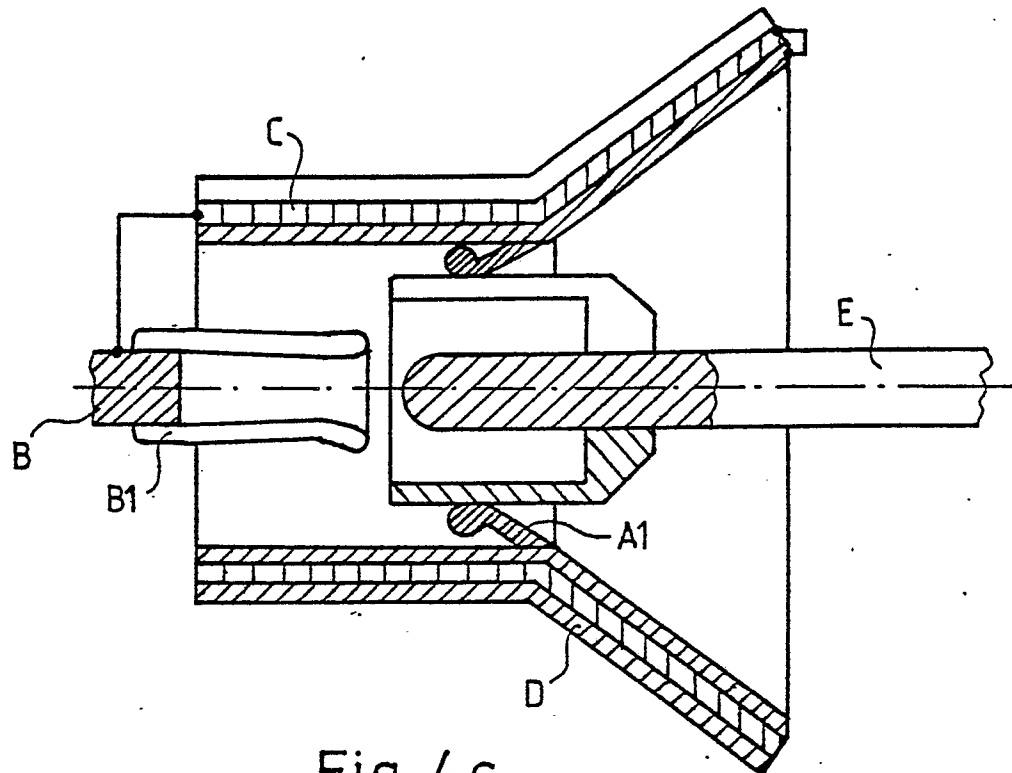


Fig. 3 b





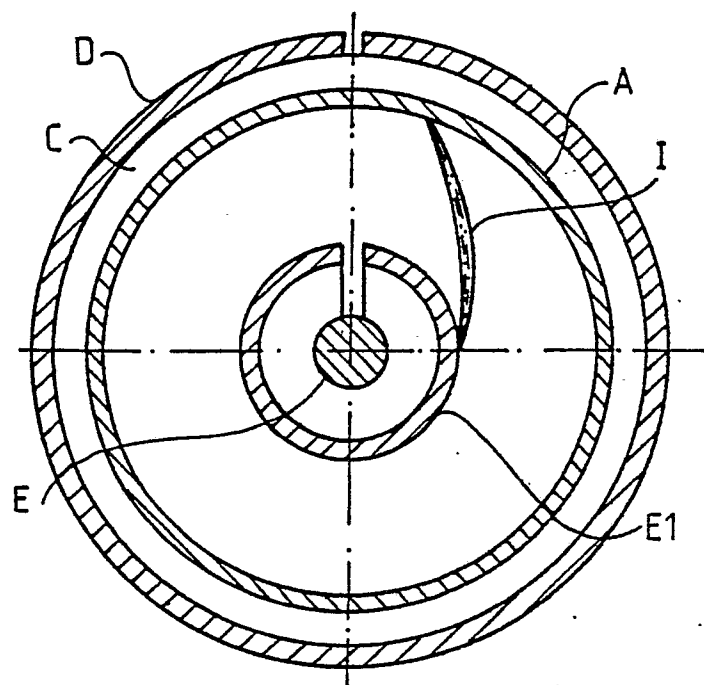


Fig. 4e



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 87 11 6736

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)
A	EP-A-0 003 976 (LICENTIA PATENT-VERWALTUNGS-GMBH) * Seite 2, Zeile 23 - Seite 4, Zeile 9; Figuren 1,2 * ---	1	H 01 H 33/98 H 01 H 33/18
A	DD-A- 140 309 (AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN DER DDR) * ganzes Dokument * ---	1	
A	DE-A-2 511 238 (FUJI ELECTRIC CO. LTD.) -----	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.4)
			H 01 H 33/00
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort BERLIN		Abschlußdatum der Recherche 10-06-1988	Prüfer RUPPERT W
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b> X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			