



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑲ Gesuchsnummer: 4180/81

⑳ Anmeldungsdatum: 24.06.1981

③① Priorität(en): 25.06.1980 DE 3023673

⑳ Patent erteilt: 30.09.1986

④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 30.09.1986

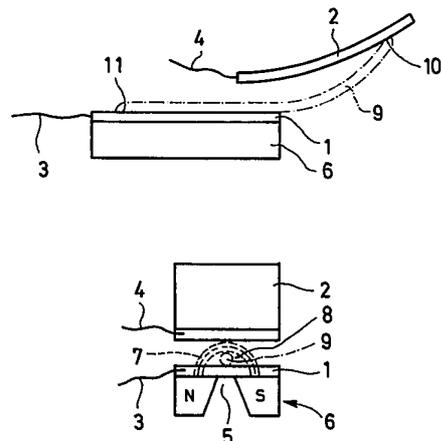
⑦③ Inhaber:
Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für
Luft- und Raumfahrt e.V., Bonn (DE)

⑦② Erfinder:
Mailänder, Martin, Dr. Dipl.-Phys., Leinfelden
(DE)

⑦④ Vertreter:
Patentanwalts-Bureau Isler AG, Zürich

⑤④ Verfahren zur Löschung des Abreissbogens in einem Schalter und Magnetfeldanordnung im Kathodenbereich eines Schalters zur Durchführung dieses Verfahrens.

⑤⑦ Im kathodenseitigen Ansatzpunkt (11) des Lichtbogens des Schalters (1, 2) werden das Magnetfeld eines Permanentmagneten (6), die Lichtbogenstromstärke und der Druck derart gewählt, dass der kathodenseitige Ansatzpunkt (11) entgegen der Richtung der Lorentz-Kraft verschoben wird. Dazu ist der Permanentmagnet (6) derart ausgebildet, dass die Magnetfeldlinien (7) auf der der Anode (2) des Schalters zugewandten Seite der Kathode (1) zumindest über einen Bereich der Länge der Kathode (1) bogenförmig sind und einen magnetischen Tunnel (8) bilden. Dadurch wird ein schnelleres Abreißen des Lichtbogens (9) erzielt.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Löschung des Abreissbogens in einem Schalter unter Verwendung eines Magnetfeldes, durch welches der Abreissbogen bis zum Abreissen verlängert wird, dadurch gekennzeichnet, dass man im kathodenseitigen Ansatzpunkt des Lichtbogens zwecks Verschiebung dieses Ansatzpunktes entgegen der Richtung der Lorentzkraft das Magnetfeld B, die Stromstärke i des Bogens und den Druck p_F derart wählt, dass die folgende Beziehung gilt:

$$X > Y$$

wobei folgende Definitionen gelten:

$$X = a \frac{B}{p_F + p_K}$$

$$Y = \frac{\gamma}{a} i(p_F + p_K)$$

wobei a und p_K Materialkonstanten des Kathodenmaterials und γ eine Konstante der verwendeten Schaltergeometrie sind, während p_F den Gasdruck im kathodennahen Bereich angibt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man im kathodennahen Bereich des Abreissbogens ein äusseres Magnetfeld erzeugt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass man das äussere Magnetfeld während des Ausschaltens erhöht.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass man den Druck p_F während des Ausschaltens absenkt.

5. Magnetfeldanordnung im Kathodenbereich eines Schalters zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetfeldlinien (7) auf der der Gegenelektrode (2) zugewandten Seite der Kathode (1) zumindest über einen Bereich der Kathodenlänge bogenförmig angeordnet sind und einen magnetischen Tunnel (8) bilden.

6. Magnetfeldanordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Kathode (1) im Bereich des Streufeldes eines Magneten (6) angeordnet ist.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Löschung des Abreissbogens in einem Schalter unter Verwendung eines Magnetfeldes, durch welches der Abreissbogen bis zum Abreissen verlängert wird, sowie eine Magnetfeldanordnung im Kathodenbereich eines Schalters zur Durchführung dieses Verfahrens.

Beim Öffnen eines elektrischen Schalters ergibt sich die Schwierigkeit, dass sich beim Entfernen der Schaltkontakte zwischen diesen ein Lichtbogen ausbildet, der eine Unterbrechung des Stromkreislaufes unterbindet und zur Zerstörung der Schaltkontakte führt. Man ist daher mit verschiedenen Hilfsmitteln bestrebt, die Entstehung eines solchen Lichtbogens zu unterdrücken oder zumindest für ein rasches Abreissen des Lichtbogens zu sorgen.

Es ist zu diesem Zweck bekannt, in Schaltergehäuse Löschgase einzubringen, jedoch hat dies den Nachteil, dass der konstruktive Aufbau eines solchen Schalters sehr kompliziert wird, denn der Schalterraum muss gegenüber der Umgebung gasdicht abgeschlossen sein.

Eine weitere Möglichkeit zur Löschung des Lichtbogens besteht darin, im Bereich der Schaltkontakte ein Magnetfeld zu erzeugen. In diesem Magnetfeld bewegt sich der Lichtbogen normalerweise unter dem Einfluss der Lorentz-Kräfte. Formt

man die Schaltkontakte so, dass in Richtung der Lichtbogenbewegung unter dem Einfluss der Lorentz-Kräfte der Abstand der Kontakte zunimmt, indem man beispielsweise voneinander weggebogene Schaltkontakte verwendet, dann wird der Lichtbogen bei der Verschiebung unter dem Einfluss der Magnetkräfte zunehmend länger, bis er schliesslich abreisst. Man nennt diesen Vorgang magnetische Lichtbogenlöschung. Obwohl dieses Verfahren an sich gut funktioniert, dauert es relativ lange, bis der Lichtbogen die zum Abreissen notwendige Länge erreicht, d.h. die Lösung des Lichtbogens erfolgt in vielen Fällen nicht schnell genug.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Löschung des Abreissbogens in einem Schalter zu finden, die ein schnelleres Abreissen des Lichtbogens ermöglichen.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäss durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Es ist bekannt, dass der kathodenseitige Ansatzpunkt eines Lichtbogens unter bestimmten Bedingungen durch ein Magnetfeld nicht in Richtung der Lorentz-Kraft abgelenkt wird, sondern entgegen dieser Richtung. Dieser Effekt wird gemäss der Erfindung zur beschleunigten Löschung eines Lichtbogens ausgenutzt. Um diese umgekehrte Lichtbogenbewegung im kathodenseitigen Ansatzpunkt zu erreichen, die im folgenden als retrograde motion bezeichnet wird, sind die oben angegebenen Bedingungen einzuhalten, wobei bei einer gegebenen Schalteranordnung und bei Verwendung eines bestimmten Materials diese durch entsprechende Wahl des Magnetfeldes B, der Stromstärke i des Bogens und des Druckes im Bereich des kathodenseitigen Ansatzpunktes eingestellt werden können.

Bei entsprechender Wahl dieser Grössen wird der kathodenseitige Ansatzpunkt des Lichtbogens entgegen der Lorentz-Kraft verschoben, während der Rest des Bogens, insbesondere der anodenseitige Ansatzpunkt, unter dem Einfluss des Magnetfeldes weiterhin in Richtung der Lorentz-Kraft verschoben wird. Mit anderen Worten verschieben sich anodenseitiger Ansatzpunkt und kathodenseitiger Ansatzpunkt des Lichtbogens nicht wie bei der reinen Lorentz-Verschiebung beide in derselben Richtung, sondern in entgegengesetzter Richtung. Dadurch verlängert sich der Lichtbogen ausserordentlich schnell, und man erhält ein sehr rasches Abreissen des Lichtbogens und damit eine sehr rasche Lichtbogenlöschung.

Es ist vorteilhaft, wenn man im kathodennahen Bereich des Abreissbogens ein äusseres Magnetfeld erzeugt.

Um im Ausschaltzeitpunkt eine retrograde motion zu erzeugen, kann vorgesehen sein, dass man das äussere Magnetfeld während des Ausschaltens erhöht und/oder den Druck p_F während des Ausschaltens absenkt.

Der Erfindung liegt weiterhin die Aufgabe zugrunde, eine Magnetfeldanordnung anzugeben, mit welcher sich das beschriebene Verfahren zur Löschung des Lichtbogens vorteilhaft ausführen lässt.

Diese Aufgabe wird bei einer Magnetfeldanordnung der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass die Magnetfeldlinien auf der der Gegenelektrode zugewandten Seite der Kathode zumindest über einen Bereich der Kathodenlänge bogenförmig angeordnet sind und einen magnetischen Tunnel bilden.

Eine solche Anordnung hat sich insofern als besonders vorteilhaft herausgestellt, als bei der retrograde motion der kathodenseitige Ansatzpunkt sich innerhalb dieses «magnetischen Tunnels» bewegt, man also definiert den Verschiebeweg des kathodenseitigen Ansatzpunktes durch entsprechende Konfiguration des magnetischen Tunnels beeinflussen kann.

Dabei ist es vorteilhaft, wenn die Kathode im Bereich des Streufeldes eines Magneten angeordnet ist, welche den magnetischen Tunnel ausbildet.

Die nachfolgende Beschreibung bevorzugter Ausführungsform der Erfindung dient im Zusammenhang mit der Zeichnung der näheren Erläuterung. Es zeigen:

Fig. 1 eine Seitenansicht eines erfindungsgemässen Schalters in geschlossener Stellung;

Fig. 2 eine Ansicht des Schalters in Fig. 1 kurz nach dem Öffnen des Schalters;

Fig. 3 eine Ansicht ähnlich Fig. 1 mit einem durch den entgegengesetzten Lorentz-Effekt, die sog. «retrograde motion» verlängerten Lichtbogen und

Fig. 4 eine Ansicht des Schalters der Fig. 1 bis 3 in Richtung des Pfeiles A in Fig. 2.

Der in der Zeichnung dargestellte Schalter weist als ersten Schaltkontakt eine ebene, metallische Platte auf, die im folgenden als Kathode bezeichnet wird. Ihr gegenüber befindet sich als Gegenkontakt eine in Längsrichtung gebogene Anode 2, die in nicht aus der Zeichnung ersichtlicher Weise senkrecht zur Kathode 1 verschieblich gelagert ist. Kathode 1 und Anode 2 sind mittels Leitungen 3 bzw. 4 in einen zu schaltenden Stromkreis eingeschaltet.

Die Kathode 1 liegt auf einem sich parallel zur Kathode 1 erstreckenden Luftspalt 5 eines Permanentmagneten 6, wobei sich die Spaltbreite in Richtung auf die Kathode 1 verringert (Fig. 4). Die von den Polen des Permanentmagneten 6 ausgehenden Magnetfeldlinien 7 durchsetzen die Kathode 1 und bilden infolge ihrer bogenförmigen Form einen magnetischen Tunnel 8, der sich längs der Kathode 1 oberhalb von deren Oberfläche erstreckt.

Im geschlossenen Zustand liegen die Kathode 1 und die Anode 2 aneinander an, wie dies aus der Darstellung der Fig. 1 ersichtlich ist. Beim Öffnen des Schalters wird die Anode 2 von der Kathode 1 entfernt; dabei bildet sich zwischen den ursprünglichen Berührungsstellen dieser beiden Kontakte ein Lichtbogen 9 aus (Fig. 2), dessen anodenseitiger Ansatzpunkt 10 entweder unter der Wirkung des vom Lichtbogen selbst erzeugten Magnetfeldes oder unter der Wirkung eines äusseren, senkrecht zur Zeichenebene verlaufenden Magnetfeldes in Richtung des Pfeiles B verschoben wird, also in Richtung zu dem entfernten Ende der Anode 2. Diese Verschiebung erfolgt aufgrund der Lorentz-Kraft, die sowohl senkrecht auf den Magnetfeldlinien als auch senkrecht auf dem Strom i des Lichtbogens steht.

Der kathodenseitige Ansatzpunkt 11 wandert aufgrund seiner bestimmten Auswahl des vom Magneten 6 erzeugten Magnetfeldes, des Stromes i im Lichtbogen und des Druckes im kathodenseitigen Ansatzpunkt 11 in entgegengesetzter Richtung, also in Richtung des Pfeiles C in Fig. 2. Diese als retrograde motion bezeichnete, der Lorentz-Bewegung entgegengesetzte Bewegung entfernt den kathodenseitigen Ansatzpunkt 11 in der entgegengesetzten Richtung, wobei dieser kathodenseitige Ansatzpunkt 11 sich innerhalb des magnetischen Tunnels 8 bewegt. Dadurch wird der Lichtbogen ausserordentlich stark gestreckt, denn die Bewegung des anodenseitigen Ansatzpunktes 10 und die Bewegung des kathodenseitigen Ansatzpunktes 11 verlaufen in entgegengesetzter Richtung. Der Lichtbogen erhält somit die in Fig. 3 dargestellte Konfiguration, wobei er zunächst längs der Kathodenoberfläche im magnetischen Tunnel 8 verläuft und vom Ende der Kathode 1 zum anodenseitigen Ansatzpunkt 10 umbiegt.

Es ist klar, dass man durch die entgegengerichtete Bewegung der beiden Lichtbogenansatzpunkte eine beschleunigte Verlängerung desselben und damit ein rascheres Abreißen des Lichtbogens erreicht.

Um statt der üblicherweise erreichten Lorentz-Verschiebung des Lichtbogens im kathodenseitigen Ansatzpunkt die gewünschte retrograde motion zu erreichen, müssen das Magnetfeld im kathodenseitigen Ansatzpunkt, der Druck im Bereich des kathodenseitigen Ansatzpunktes und der Strom des Lichtbogens bestimmte Bedingungen erfüllen. Wenn zwischen dem

Magnetfeld B , der Lichtbogenstromstärke i und dem Druck p_F im Bereich des kathodenseitigen Ansatzpunktes die Beziehung

$$5 \quad a \frac{B}{p_F + p_K} > \frac{\gamma}{a} i(p_F + p_K)$$

gilt, dann bewegt sich der kathodenseitige Ansatzpunkt entgegenger Richtung der Lorentz-Kraft, man erhält also eine retrograde Bewegung.

In dieser Beziehung sind a und p_K Materialkonstanten des Kathodenmaterials, die Grösse γ ist im wesentlichen eine Konstante der verwendeten Schaltergeometrie und umfasst unter anderem den Elektrodenabstand sowie den Strömungswiderstand des Bogens im Gas.

Im folgenden werden Werte der Materialkonstanten a und p_K für verschiedene Kathodenmaterialien angegeben:

TABELLE 1

$$20 \quad a \left[\begin{array}{c} 10^5 \\ \frac{\text{Pa m}}{\text{T s}} \end{array} \right]$$

Metall

Hg	5,51
30 Zn	117
Pb	38,5
Al	706
Sn	181
35 Ni	416
Ti	415
Mo	445

TABELLE 2

$$40 \quad p_K \left[10^5 \text{ Pa} \right]$$

Metall

Hg	0,041
Zn	2,03
45 Pn	0,445
Al	3,81
Sn	1,10
Ni	1,95
50 Ti	2,34
55 Mo	1,61

Bei einer gegebenen Schalteranordnung mit gegebenem Kathodenmaterial genügt es also, entweder das Magnetfeld B gross genug und/oder den Lichtbogenstrom i und/oder den Druck p_F klein genug zu wählen, um den Effekt der retrograden Bewegung zu erzielen. Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn man im Moment des Ausschaltens das Magnetfeld zeitweilig erhöht und/oder den Druck im Kathodenbereich zeitweilig absenkt. Um den Lichtbogenstrom i niedrig zu halten, ist es möglich, die Kathode in eine Reihe von Parallelkathoden zu unterteilen, also eine Anzahl nebeneinander brennende Lichtbö-

gen zu erzeugen, wobei der Strom in jedem Lichtbogen entsprechend niedrig ist.

Man erhält durch Wahl der geeigneten Grössen B , i und p_F und mittels einer ausserordentlich einfachen Konstruktion des Schalters eine äusserst wirksame Methode zur beschleunigten

Löschung eines Lichtbogens. Das erfindungsgemässe Verfahren lässt sich auch in Schaltern herkömmlicher Bauart dann ohne weiteres verwirklichen, wenn auf der Kathode vom Kontaktpunkt aus ein genügender Weg für die retrograde Verschiebung des kathodenseitigen Ansatzpunktes zur Verfügung steht.

Fig. 1

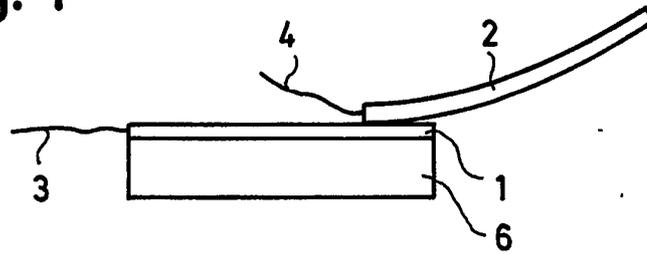


Fig. 2

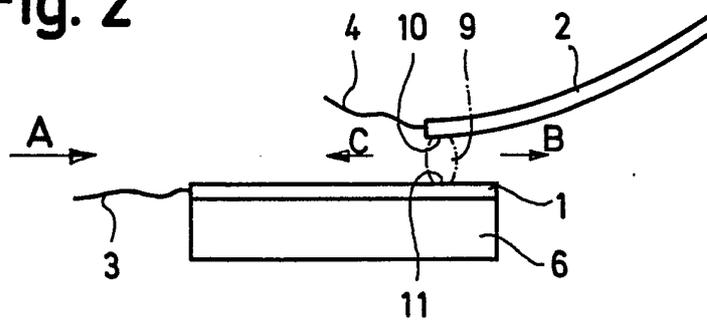


Fig. 3

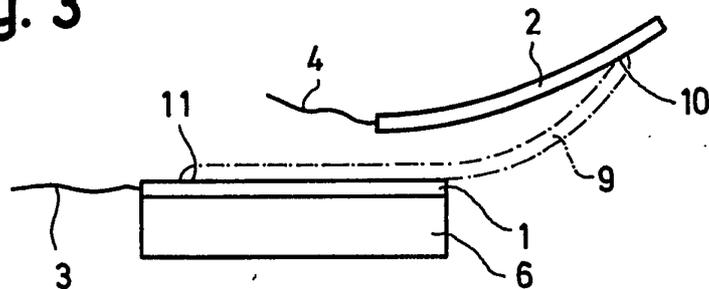


Fig. 4

