

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 82110829.7

(51) Int. Cl.³: **H 01 H 33/91**
H 01 H 39/00

(22) Anmeldetag: 23.11.82

(30) Priorität: 01.12.81 DD 235289
30.06.82 DD 241264

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.06.83 Patentblatt 83/23

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

(71) Anmelder: Institut "Prüffeld für elektrische
Hochleistungstechnik"
Leninallee 376
DDR-1130 Berlin(DD)

(72) Erfinder: Hess, Helmut, Dr. sc. nat.
Ho-Chi-Minh-Strasse 17
DDR-1156 Berlin(DD)

(72) Erfinder: Dienemann, Hold, Dr. rer. nat.
Büxensteinallee 26
DDR-1180 Berlin(DD)

(72) Erfinder: Anke, Ekkehard, Dr.-Ing.
Rudolf-Reusch-Strasse 16
DDR-1130 Berlin(DD)

(72) Erfinder: Hänisch, Heinz, Dr.-Ing.
Hartlebenstrasse 2
DDR-1162 Berlin(DD)

(74) Vertreter: Patentanwälte Beetz sen. - Beetz jun. Timpe -
Siegfried - Schmitt-Fumian
Steinsdorfstrasse 10
D-8000 München 22(DE)

(54) Verfahren zum Löschen des Lichtbogens in Hochspannungs-Hochleistungsschaltern.

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Löschen des Lichtbogens in Hochspannungs-Hochleistungsschaltern, bei dem zumindest zum Zeitpunkt der Trennung der Schaltkontakte (4) in der Schaltkammer (1) des Hochspannungs-Hochleistungsschalters mit höheren Drücken gearbeitet wird.

Zwecks Abschaltung des Stromes innerhalb einer Halbwelle ohne Wiederezündung sowie einer wesentlichen Erhöhung der pro Schaltkammer abzuschaltenden Spannung übernimmt daher ein zum Schaltzeitpunkt kurzzeitig erzeugtes, elektrisch gut leitendes Hochdruckplasma, das vorzugsweise ein Kompressionsplasma oder ein Stoßwellenplasma ist, in der Schaltkammer (1) den Strom beim Öffnen der Schaltkontakte (4), wobei danach durch Entspannung des elektrisch gut leitenden Hochdruckplasmas das Schaltlichtbogenplasma wirksam gelöscht wird.

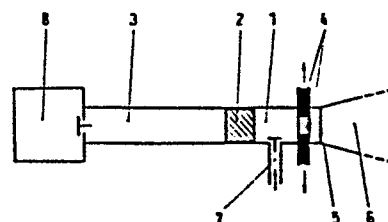


Fig 1

- 1 -

Verfahren zum Löschen des Lichtbogens in Hochspannungs-Hochleistungsschaltern

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Löschen des Lichtbogens in Hochspannungs-Hochleistungsschaltern, bei dem zumindest zum Zeitpunkt der Trennung der Schaltkontakte in der Schaltkammer des Hochspannungs-Hochleistungsschalters mit höheren Drücken gearbeitet wird.

Zum Löschen des beim Ausschalten hoher Ströme entstehenden Lichtbogens sind Verfahren bekannt, die simultan zum Trennvorgang der Schaltkontakte eine mit einer Strömung verbundene Druckerhöhung in der Schaltkammer des Hochspannungsleistungsschalters bewirken, die zu einer effektiven Abkühlung des Lichtbogenplasmas, zum Verlöschen des Lichtbogens beim Nulldurchgang des Stromes sowie zu einer dielektrischen Verfestigung der Schaltstrecke führen soll.

10 Dabei wird der Lichtbogen durch ein Gas oder durch Gasgemische, wie z. B. Luft oder Schwefelhexafluorid, beströmt bzw. beblasen. Unabhängig davon, ob nun bei den bekannten Hochspannungsleistungsschaltern die Beblasung der Schaltstrecke vor oder nach der Trennung der Schaltkontakte ein-

15 setzt, wird das dazu erforderliche unter Druck stehende Löschgas entweder einem mit Druckgas gefüllten Behälter entnommen oder die Löschgasströmung wird durch die mit einem beweglichen Schaltkontakt der Schaltstrecke verbundenen Kolben innerhalb des Hochspannungsleistungs-

20

- schalters selbst erzeugt. Dabei nimmt das strömende Löschgas Energie aus dem Lichtbogen auf und führt sie ab. Infolge der Strömung ist zum Zeitpunkt der Spannungswiederkehr nur noch ein Bruchteil der insgesamt
- 5 abgeführten Energie in der Schaltkammer vorhanden. Dennoch kommt es bei höheren Spannungen zum Wiederspülen der Schaltstrecke aufgrund einer ungenügenden Verfestigung des Mediums, wodurch die Schaltspannung begrenzt ist. Nun sind zwar auch Hochspannungsleistungsschalter bekannt, bei denen die Löschmittelströmung mittels des Energieinhaltes des Lichtbogens selbst erzeugt wird, indem die Zersetzung von flüssigen oder festen
- 10 Stoffen vorgesehen ist, aber es hat sich gezeigt, daß auch bei diesen sowie bei allen anderen bekannten Hochspannungsleistungsschaltern es bisher nicht gelungen ist, den Strom innerhalb einer Halbwelle abzuschalten. Weiterhin sind auch diese bekannten Hochspannungsleistungsschalter mit dem Nachteil behaftet, daß die pro Schaltkammer abschaltbare Spannung zu gering ist.
- 15
- 20 Obwohl es nach der DD-PS 79 061, H 01 H, 33/64, auch schon bekannt ist, bei Hochspannungsleistungsschaltern mit höheren statischen Drücken in der Schaltkammer zu arbeiten, wobei Expansionseffekte ebenfalls berücksichtigt werden, ist auch dieser Hochspannungsleistungsschalter nicht dazu geeignet, um den Strom innerhalb einer Halbwelle abzuschalten, da bei diesem Hochspannungsleistungsschalter nur mit hohen Drücken zur Erhöhung der Durchschlagfestigkeit in der Schaltkammer gearbeitet
- 25
- 30 wird und eine Expansion über eine verschließbare Öffnung lediglich zum schnellen Abtransport der ionisierten Teilchen genutzt werden soll. Auch hier ist die pro Schaltkammer abschaltbare Spannung zu gering.
- 35 Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Die Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, löst die

Aufgabe, ein Verfahren zum Löschen des Lichtbogens in Hochspannungs-Hochleistungsschaltern zu schaffen, bei dem unter Anwendung höherer Drücke in der Schaltkammer eine effektivere Abkühlung des Schaltlichtbogenplasmas
5 und eine schnellere dielektrische Verfestigung der Schaltstrecke erreicht und der Strom innerhalb einer Halbwelle ohne Wiederzündung abgeschaltet wird, dadurch, daß ein zum Schaltzeitpunkt kurzzeitig erzeugtes, elektrisch gut leitendes Hochdruckplasma, das vorzugsweise ein Kompressionsplasma oder ein Stoßwellenplasma ist, in der
10 Schaltkammer den Strom beim Öffnen der Schaltkontakte übernimmt, und daß danach durch Entspannung des elektrisch gut leitenden Hochdruckplasmas das Schaltlichtbogenplasma wirksam gelöscht wird. Dabei wird zwecks Schonung der
15 Schaltkontakte der Strom beim Öffnen der Schaltkontakte von einem eine geringere Stromdichte als im Falle der selbständigen Entladung besitzenden elektrisch gut leitenden Hochdruckplasma übernommen.

20 In weiterer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Kompressionsplasma als elektrisch gut leitendes Hochdruckplasma durch einen in einem Kompressionsrohr frei fliegenden Kolben erzeugt, wobei nach Erreichen der maximalen Kompression der frei fliegende Kolben umkehrt, wo-
25 durch das elektrisch gut leitende Hochdruckplasma sich in der Schaltkammer entspannt und dabei abkühlt.

Vorteilhaft läßt sich ein wirksames Löschen des Lichtbogens ohne Wiederzünden in einem Hochspannungs-Hochleistungsschalter mit einem beweglichen und einem feststehenden
30 Schaltkontakt, und zwar beim synchronen Abschalten von Wechselströmen dadurch erreichen, daß der Kolben zum Zeitpunkt des Stromnulldurchganges axial oder radial durch Zünden einer Kartusche in das Kompressionsrohr eingeschossen, die Verbindung zwischen den Schaltkontakten
35 zu diesem Zeitpunkt

unterbrochen und anschließend das Schaltlichtbogen-
plasma aus dem Entladungsraum der Schaltkammer über ein
steuerbares Ventil verdrängt wird. Das noch vorhandene
Plasma wird dabei durch den Kolben stark komprimiert,
5 so daß der Kolben nach Abgabe seiner Energie umkehrt.
Beim Rücklauf des Kolbens wird über das steuerbare Ven-
til kaltes Isoliergas in die Schaltstrecke gesaugt und
der Kolben in seine Ausgangsposition zurückgeschoben, wo-
bei gleichzeitig Explosionsgase aus dem Kompressionsrohr
10 abgeführt werden.

Eine Steigerung der Abkühlrate des Hochdruckplasmas kann
erreicht werden, wenn bei Überschreiten eines bestimmten
Druckes oder in Abhängigkeit von einem Steuersignal in
der Schaltkammer eine Membran oder ein Ventil geöffnet
15 wird, durch die bzw. das eine Expansion in eine etwa auf
Normaldruck befindliche Expansionskammer ermöglicht wird.
Um die Durchschlagfestigkeit der Schaltstrecke zu erhöhen,
wird vorteilhaft nach Unterschreiten eines vorgegebenen
Druckes in der Expansionsphase ein kaltes Gas hoher di-
20 elektrischer Festigkeit in die Schaltkammer eingelassen.

Somit ist das Wesen der Erfindung darin zu sehen, daß die
Energieabfuhr aus dem Schaltlichtbogenplasma nicht durch
ein mehr oder weniger gleichmäßig strömendes Löschgas er-
25 folgt, sondern durch die Entspannung eines zum Schalt-
beginn elektrisch gut leitenden Hochdruckplasmas und daß
die Verfestigung der Schaltstrecke durch ein sehr effekti-
ves kaltes Treib- und Testgas bewirkt wird, das in die
Schaltkammer einströmt, wenn der Druck in der Schaltkammer
30 infolge der Entspannung des elektrisch gut leitenden Hoch-
druckplasmas unter den Druck in einem Löschgasbehälter ge-
sunken ist.

Das Unterbrechen der Verbindung bei Stromnulldurchgang
durch den im Kompressionsrohr frei fliegenden Kolben, der
35 zweckmäßigerweise mit isolierendem Material gegen thermi-

sche und Strahlungsbelastung versehen sein sollte, setzt zum Löschen des Schaltlichtbogenplasmas nicht zwingend die Erzeugung eines elektrisch gut leitenden Hochdruckplasmas gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren voraus. Damit ent-
5 fällt auch ein großer Energiespeicher, um den Kolben über ein hochgespanntes Treibgas zu beschleunigen.

Ein weiteres Merkmal des erfindungsgemäßen Verfahrens ist in diesem Zusammenhang darin zu sehen, daß die Spannungs-
festigkeit sich mit einem im Kompressionsrohr frei beweg-
10 lichen Schaltkontakt gegenüber einem im Kompressionsrohr beweglich angeordneten Schaltkontakt in herkömmlicher Ausführung wesentlich günstiger gestalten läßt, da selbst bei kleinem Rohrdurchmesser der nunmehr frei bewegliche
Schaltkontakt praktisch beliebig weit ausgefahren werden
15 kann, was im anderen Falle nur durch größeren Rohrdurchmesser zu erreichen wäre.

Wird dagegen bei dem erfindungsgemäßen Verfahren als elektrisch gut leitendes Hochdruckplasma das Stoßwellen-
20 plasma zur Anwendung gebracht, so wird dieses vorzugsweise durch das Sprengen einer Membran vor dem Treibgastank einer als Membranstoßrohr ausgebildeten Schaltkammer verursacht, nach dessen Vorbeiführung an den
Schaltkontakten mit dem Eintreffen der hinteren Kontakt-
25 fläche des Stoßwellenplasmas die Temperatur des Stoßwellenplasmas und damit auch seine Leitfähigkeit sprunghaft abnimmt. Dabei fällt die Temperatur unter Raumtemperatur. Das bedeutet für die elektrische Leitfähigkeit eine
Abnahme um mindestens acht Größenordnungen. Der zwischen
30 den sich öffnenden Schaltkontakten brennende Lichtbogen kann auf diese Weise sehr wirkungsvoll gelöscht werden.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von drei Ausführungsbeispiele darstellenden Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen

Figur 1 in schematischer Darstellung einen Hochspannungs-Hochleistungsschalter, bei dem das elektrisch gut leitende Hochdruckplasma durch einen frei fliegenden Kolben erzeugt wird,

Figur 2 ebenfalls in schematischer Darstellung einen Hochspannungs-Hochleistungsschalter, bei dem das Stoßwellenplasma als elektrisch gut leitendes Hochdruckplasma durch das Sprengen einer Membran vor dem Treibgastank verursacht wird, wobei gleichzeitig die Temperaturverteilung zur Zeit t_1 dargestellt wird und

Figur 3 eine weitere schematische Darstellung eines Hochspannungs-Hochleistungsschalters im Schnitt, bei dem die Verfahrensstufen a - e den Verfahrensablauf zur Löschung des Lichtbogenplasmas durch einen frei fliegenden Kolben im Kompressionsrohr bei einer beweglichen Anordnung eines der Schaltkontakte charakterisieren.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten Hochspannungs-Hochleistungsschalter wird in einer Schaltkammer 1 wenige ms nach Erhalt eines Steuersignals durch schnelle Kompression des Schaltkammergases mit Hilfe eines druckgetriebenen, frei fliegenden Kolbens 2 innerhalb eines Kompressionsrohres 3 ein elektrisch gut leitendes Hochdruckplasma erzeugt, das den Strom beim Öffnen der Schaltkontakte 4 übernimmt, und zwar mit einer geringeren Stromdichte als im Falle der selbständigen Entladung. Nach Erreichen der maximalen Kompression kehrt der frei fliegende Kolben 2 um. Das elektrisch gut leitende Hochdruckplasma in der Schaltkammer 1 entspannt sich und kühlt dabei ab. Eine Steigerung der Abkühlrate wird erreicht, wenn beispielsweise bei Überschreiten eines bestimmten Druckes in der Schaltkammer 1 eine Membran 5 geöffnet wird, die die Expansion in eine Expansionskammer 6 erlaubt, die sich auf Normaldruck befindet. Soll die

Durchschlagfestigkeit der Schaltstrecke erhöht werden, so wird nach Unterschreiten eines vorgegebenen Druckes in der Expansionsphase ein kaltes Gas hoher dielektrischer Festigkeit über die Rohrleitung 7 in die Schaltkammer 1 eingelassen. Der Antrieb für den frei fliegenden Kolben 2 kann durch einen Hochdruckgasstoß aus einem Treibgastank 8 oder aber durch Zündung einer nicht weiter dargestellten, mit Pulver gefüllten Kartusche bewirkt werden.

10

Gemäß dem Hochspannungs-Hochleistungsschalter nach Fig. 2 läuft wenige ms nach Erhalt eines Steuersignals ein Stoßwellenplasma 9 durch die Schaltkammer 1, das durch das Sprengen der Membran 10 vor dem Treibgastank 8 der Schaltkammer 1 verursacht wurde. Dabei ist die Schaltkammer 1 als Membranstoßrohr ausgebildet, so daß das Stoßwellenplasma 9 nicht zunichte gemacht wird. Dadurch wird für eine bestimmte Zeit, und zwar bis zum Eintreffen der hinteren Kontaktfläche 11 des Stoßwellenplasmas 9, ein elektrisch gut leitendes Hochdruckplasma an den Schaltkontakten 4 vorbeigeführt. Mit dem Eintreffen der hinteren Kontaktfläche 11 nimmt die Temperatur des elektrisch gut leitenden Hochdruckplasmas, wie der Temperaturverteilung zu entnehmen ist, und damit auch seine Leitfähigkeit sprunghaft ab, und zwar derart, daß die Temperatur unter Raumtemperatur fällt. Indem das eine Ende 12 der als Membranstoßrohr ausgebildeten Schaltkammer 1 mit einem Dämpfungsgefäß 13 in Verbindung steht, wird verhindert, daß eine reflektierte Stoßwelle zur Schaltkammer 1 zurückkehrt. Die Dauer der Phase hoher Leitfähigkeit kann durch die Wahl der Drücke und der Gasarten für das Treibgas und das Testgas sowie durch die Wahl der Entfernung der Schaltkammer 1 von der Membran 10 bestimmt werden. Der hohe Druck, der für den Treibgastank 8 benötigt wird, muß entweder ständig aufrecht erhalten werden, oder er

35

zeugt werden.

Gemäß Fig. 3 wird nach Erhalt eines Steuersignals ein Kolben 2 aus isolierendem Material axial zur Anordnung der Schaltkontakte 4 durch Zündung einer Kartusche 14 eingeschossen - Verfahrensstufe a - derart, daß er zum
5 Zeitpunkt des Stromnulldurchganges die Entladungsstrecke erreicht - Verfahrensstufe b - . Dadurch wird das Schaltlichtbogenplasma 15 aus dem Entladungsraum über ein steuerbares Ein- und Auslaßventil 16 verdrängt - Verfahrens-
stufe c - . Dazu muß der Spalt zwischen dem Kolben 2
10 und der Rohrwand des Kompressionsrohres 3 hinreichend klein sein und die Länge des Kolbens 2 muß so bemessen sein, daß die dielektrische Belastung getragen werden kann. Dazu ist es erforderlich, daß das Kompressionsrohr 3 aus elektrisch nicht leitendem Material besteht. Das in einem
15 bestimmten Restvolumen verbleibende Plasma wird stark komprimiert - Verfahrensstufe d - , so daß der Kolben 2 nach vollständiger Abgabe seiner Energie umkehrt. Dabei saugt er kaltes Gas über das steuerbare Ein- und Auslaßventil 16 an und hinterläßt so in der Schaltstrecke ein
20 hinreichend gut isolierendes Medium. Durch das Kaltgas wird der Kolben 2 wieder in seine Ausgangslage gebracht und dort arretiert, gleichzeitig werden Explosionsgase aus dem Kompressionsrohr 3 über ein steuerbares Auslaßventil 17 abgeführt - Verfahrensstufe e - . Es wird zu-
25 gleich das Magazin weitergestellt, das die Kartuschen 14 zum Kolbenantrieb enthält. Die dem Schaltlichtbogenplasma 15 zugewandte Seite des Kolbens 2 muß eine Schutzschicht gegen thermische und Strahlungseinflüsse tragen. In der hier erläuterten Variante mit axialem Einschub
30 kann die Kolbenbewegung zur Verschiebung des beweglichen Schaltkontaktes der Schaltkontakte 4 ausgenutzt werden bzw. die Verschiebung unterstützen.

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Löschen des Lichtbogens in Hochspannungs-Hochleistungsschaltern, bei dem zumindest zum Zeitpunkt der Trennung der Schaltkontakte in der Schaltkammer des Hochspannungs-Hochleistungsschalters mit höheren Drücken gearbeitet wird,
5 dadurch gekennzeichnet,
daß ein zum Schaltzeitpunkt kurzzeitig erzeugtes, elektrisch gut leitendes Hochdruckplasma, das vorzugsweise ein Kompressionsplasma oder ein Stoßwellenplasma (9) ist, in der Schaltkammer (1) den Strom beim Öffnen der Schaltkontakte (4) übernimmt und daß danach durch Entspannung des elektrisch gut leitenden Hochdruckplasmas das Schaltlichtbogenplasma wirksam gelöscht wird.
10
- 15 2. Verfahren nach Patentanspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Strom beim Öffnen der Schaltkontakte (4) von einem eine geringere Stromdichte als im Falle der selbständigen Entladung besitzenden elektrisch gut
20 leitenden Hochdruckplasma übernommen wird.
3. Verfahren nach Patentanspruch 1 und 2,
dadurch gekennzeichnet,
25 daß das Kompressionsplasma als elektrisch gut leitendes Hochdruckplasma durch einen in einem Kompressionsrohr (3) frei fliegenden Kolben erzeugt wird und daß nach Erreichen der maximalen Kompression der frei fliegende Kolben (2) umkehrt.

4. Verfahren nach Patentanspruch 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Kolben (2) unmittelbar beim Stromnulldurch-
gang axial oder radial durch Zünden einer Kartusche (14)
5 in die Schaltstrecke des Kompressionsrohres (3) einge-
schossen wird und zu diesem Zeitpunkt die Verbindung
zwischen den Schaltkontakten (4) unterbricht und an-
schließend das Schaltlichtbogenplasma (15) aus dem
Entladungsraum der Schaltkammer (1) verdrängt wird.
10
5. Verfahren nach Patentanspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß die durch die Umkehr des frei fliegenden Kol-
bens (2) erreichte Abkühlung des elektrisch gut lei-
tenden Hochdruckplasmas erhöht wird, indem bei Über-
15 schreiten eines bestimmten Druckes oder in Abhängig-
keit von einem Steuersignal in der Schaltkammer (1)
eine Membran (5) oder ein Ventil geöffnet wird, durch
die bzw. das eine Expansion in eine etwa auf Normal-
20 druck befindliche Expansionskammer (6) ermöglicht
wird.
6. Verfahren nach Patentanspruch 3 und 5,
dadurch gekennzeichnet,
25 daß nach Unterschreiten eines vorgegebenen Druckes in
der Expansionsphase ein kaltes Gas hoher dielektrischer
Festigkeit in die Schaltkammer (1) eingelassen wird.
7. Verfahren nach Patentanspruch 4,
30 dadurch gekennzeichnet,
daß kaltes Isoliergas beim Rücklauf des Kolbens (2)
in die Schaltstrecke der Schaltkammer (1) gesaugt
und der Kolben (2) vom Kaltgas in seine Ausgangs-
position geschoben und arretiert wird und gleichzeitig
35 Explosionsgase aus dem Kompressionsrohr (3) abgeführt
werden.

8. Verfahren nach Patentanspruch 1 und 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Stoßwellenplasma (9) als elektrisch gut leitendes Hochdruckplasma vorzugsweise durch das Sprengen
5 einer Membran (10) vor dem Treibgastank (8) einer als Membranstoßrohr ausgebildeten Schaltkammer (1) verursacht wird, nach dessen Vorbeiführung an den Schaltkontakten (4) mit dem Eintreffen der hinteren Kontaktfläche (11) des Stoßwellenplasmas (9) die Temperatur
10 des Stoßwellenplasmas (9) und damit auch seine Leitfähigkeit sprunghaft abnimmt.

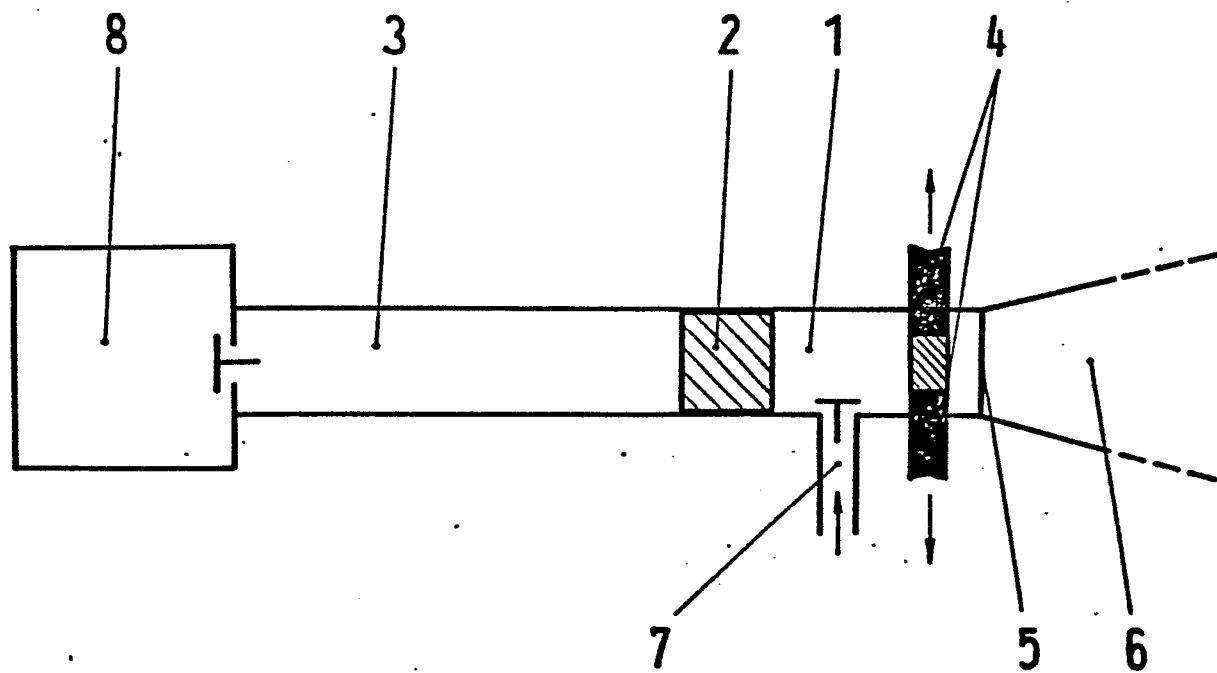


Fig. 1

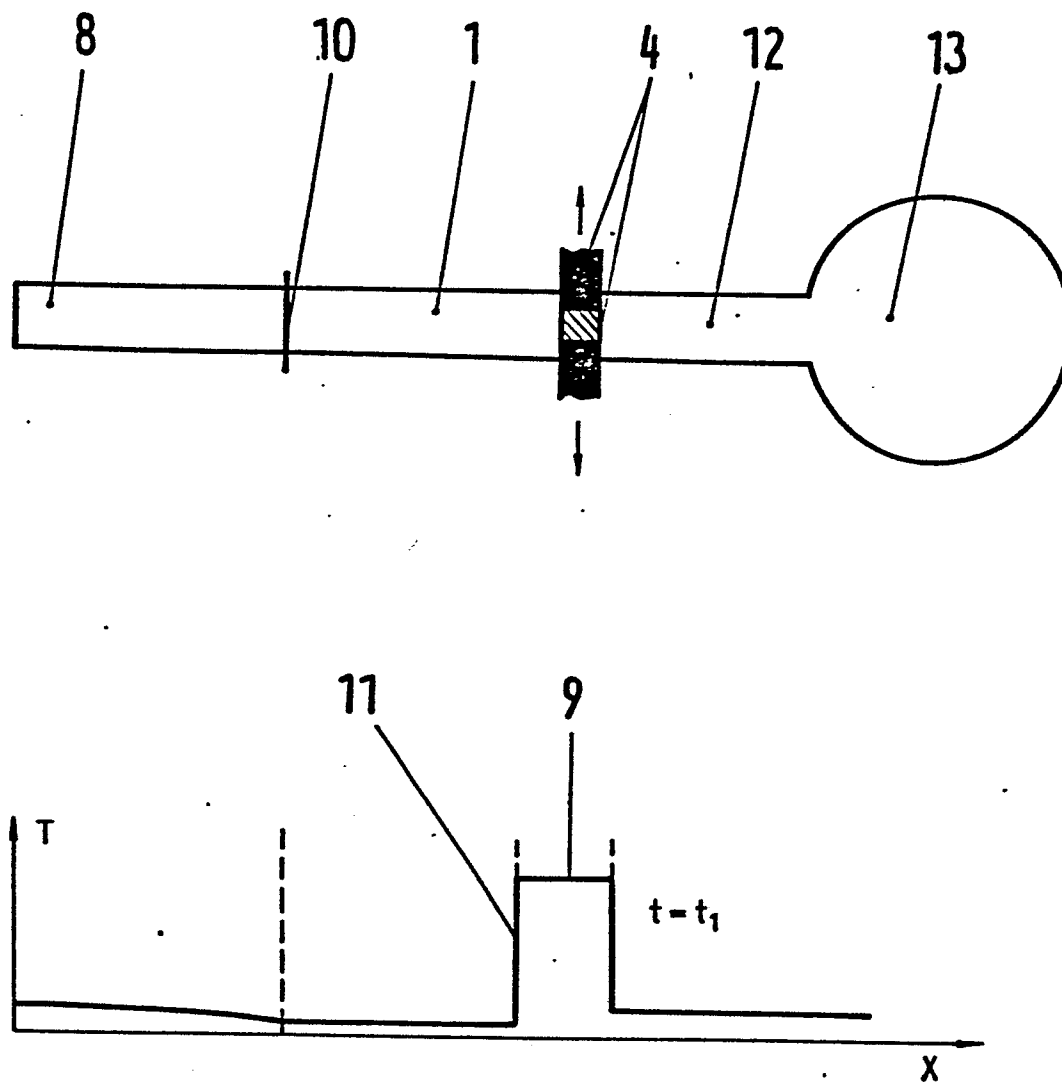


Fig. 2

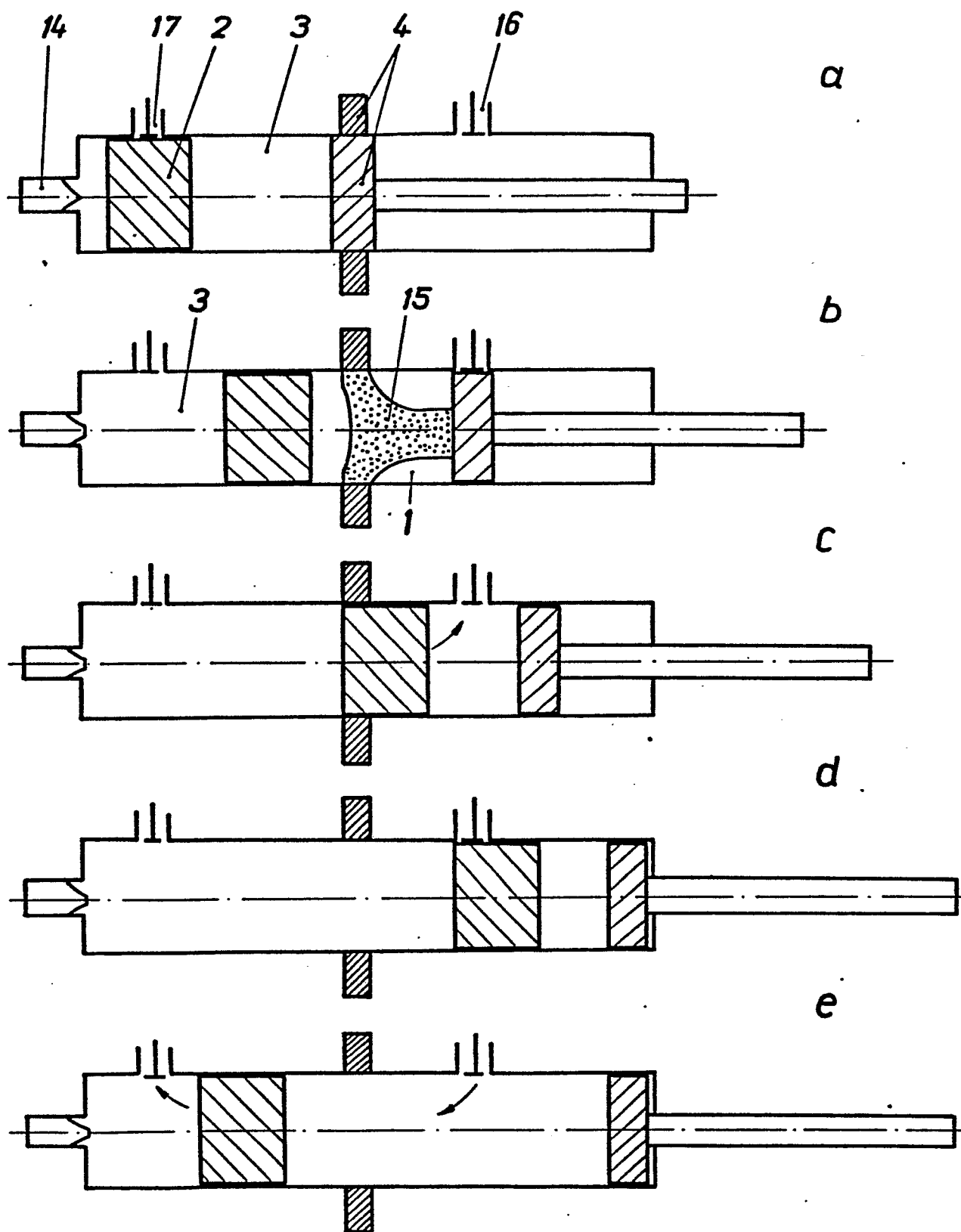
- 3/-
3

Fig. 3