



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 298 462 A7

Erfindung gemäß § 18 Absatz 2
Patentgesetz der DDR
vom 27.10.1983

5(51) H 01 H 33/66

in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

DEUTSCHES PATENTAMT

(21) DD H 01 H / 309 609 7

(22) 30.11.87

(45) 27.02.92

(71) siehe (73)

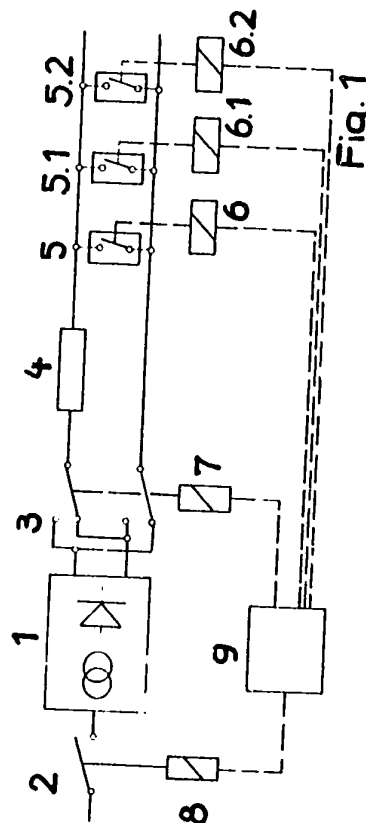
(72) Bräuer, Jürgen, Dipl.-Phys.; Crnok, Joachim; Gebauer, Eckehard, Dr. Dipl.-Ing.; Mütznert, Udo, Dipl.-Ing., DE

(73) Elektro-Apparate-Werke Berlin GmbH, Hoffmannstraße 15-26, O - 1193 Berlin, DE

(54) Verfahren zur Formierung von Vakuumschaltkammern

(55) Verfahren; Formierung; Vakuumschaltkammer;
Gleichstrombogenentladung; Polarisationswechsel;
Schließen; Öffnen; Schaltzyklus; Lichtbogenbrenndauer;
Pausenzeit; Endtemperatur

(57) Das erfindungsgemäße Verfahren ist anwendbar für die Formierung von Vakuumschaltkammern, z. B. für Niederspannungsvakuumschütze. Es soll insgesamt den technologischen Aufwand entscheidend verringern und eine Fließfertigung ermöglichen. Gelöst wird diese Aufgabe dadurch, daß die zu formierenden Vakuumschaltkammern von Innen her durch eine, von der Größe der Vakuumschaltkammer her bestimmte größere Anzahl von Gleichstromlichtbögen niederer Stromstärke und mit einer Brenndauer von jeweils nur wenigen Sekunden und einer von Schaltung zu Schaltung alternierenden Polarität aufgeheizt werden, wobei sowohl der Wärmeeintrag als auch die Katoden- und Anodenprozesse und Metaldampfkondensationsvorgänge zur gewünschten Säuberung der Innenflächen der Vakuinkammern genutzt werden. Fig. 1



Patentansprüche:

1. Verfahren zur Formierung von Vakuumschaltkammern, die aus beweglichem und festern Schaltstück mit jeweiliger Zuführungselektrode, Isolierstrecke und einem Mantelteil aus Metall bestehen, unter Nutzung einer Aufheizung der Vakuumschaltkammer durch den Leistungsumsatz in einer Gleichstromlichtbogenentladung, wobei über eine Steuereinrichtung ein mehrfaches Schließen und Öffnen der Schaltstücke, verbunden mit einem Polarisationswechsel erfolgt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schaltstücke auf eine gleichbleibende Öffnung, die größer ist als beim betriebsmäßigen Schalten, vorzugsweise 2–3 mm, gebracht werden und daß das Schließen und Öffnen nach einem Zeitprogramm erfolgt, bei dem eine Brenndauer der Gleichstromlichtbögen von 2–3 Sekunden bei einer Formierungsschaltung vorgesehen ist und daß eine Schaltpause vorgesehen ist von der Dauer des Mehrfachen der Zeit einer Formierungsschaltung, wobei die Dauer so bemessen ist, daß die durch die Formierungsschaltungen jeweils erreichte Temperatur an den zu erwärmenden Teilen nicht absinkt, daß nach 60–70% der Gesamtzahl der Formierungsschaltungen in Höhe von vorzugsweise 50–75 die Endtemperatur in Höhe von 200–250°C, bezogen auf die Kammerwand, erreicht und bis zum Ende der Formierungsschaltungen konstant gehalten wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß für jede zu formierende Vakuumschaltkammer ein Schaltzyklus vorgesehen ist, bestehend aus zwei Formierungsschaltungen mit unterschiedlicher Polarität und daß jeweils nach diesem Schaltzyklus eine Schaltpause eingeordnet ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß jede zu formierende Vakuumschaltkammer eine Formierungsschaltung ausführt und daß danach die Schaltpause vorgesehen wird und daß am Ende dieser Schaltpause die nächste Formierungsschaltung aber mit umgekehrter Polarität erfolgt.

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Der Erfindungsgedanke betrifft ein Verfahren zur Formierung von Vakuumschaltkammern, z. B. für Niederspannungsschütze. Diese Vakuumschaltkammern nach dem bekannten und üblichen Aufbau, bestehend aus einem Gehäuse, einer Isolierstrecke, einem festen und einem über einen Metallfaltenbalg vakuumdicht und beweglich angeordneten Schaltstück und einer festen und beweglichen Zuführung, müssen in ihrem Innern so weit gesäubert und abgepumpt werden, daß der Kammerinnendruck während der gesamten Lager- und Lebensdauer von z. B. über 10^7 Schaltspielen einen Wert von 1 Pa nicht überschreitet. Für diesen Formierungsprozeß, eingeordnet in eine Fließfertigung, soll dieses Verfahren dienen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

In den bisher bekannten Formierungsverfahren werden die Vakuumschaltkammern in einem Ofen durch Wärmeeintrag von außen in einem zeit- und anlagenintensiven Verfahren aufgeheizt, in der Regel auf eine Temperatur von 350–400°C, bei einem gleichzeitigen Abpumpen. Zur Säuberung der Schaltstückoberfläche werden diese mit etwa 100–200 Wechselstrom-Vakuumlichtbögen mit einer Stromstärke von 1000–2000 A beansprucht. Nachteil dieser bekannten Verfahren ist der sehr hohe anlagentechnische Aufwand, die lange Auf- und Ausheizzeit, die thermische Belastung der im Ausheizofen befindlichen Kammeraußenteile und Verbindungselemente und der hohe Leistungsumsatz für die Formierungsschaltungen mit einigen kA und der insgesamt mehrere Stunden in Anspruch nehmende Gesamt-Formierungsprozeß.

Zur Verbesserung dieses klassischen Verfahrens sind bereits Anordnungen bzw. Verfahren bekannt geworden, bei denen im Inneren der Vakuumschaltkammer eine Glimmentladung gezündet wird und sowohl durch die Elektrodenprozesse als auch durch den Leistungsumsatz der notwendige Formierungseffekt erreicht werden soll (DD-PS 13395; DD-PS 139047). Nachteil dieser Anordnungen ist, daß die Glimmentladung nur bei relativ hohen Drücken aufrecht erhalten werden kann, die oberhalb des maximal zulässigen Betriebsdruckes in der Vakuumschaltkammer liegen. Um dies zu verbessern, wurde die zusätzliche Anwendung von Magnetfeldern vorgeschlagen. Ebenso wurde eine Anordnung bekannt aus der Kombination einer Formierung durch eine Glimmentladung und einer Säuberung der Elektrodenoberfläche mittels eines Gleichstrom-Vakuumlichtbogens im Wechsel mit der Glimmentladung DD-PS 132221).

Weiterer Nachteil dieses Verfahrens ist der relativ niedrige Leistungsumsatz in der Glimmentladung, der aus arbeitsschutztechnischen Gründen probematische höhere Spannungsbedarf der Glimmentladung und der relativ hohe Aufwand, dies aufrecht zu erhalten.

Es sind weitere Verfahren bekannt geworden, bei denen ein Gleichstromlichtbogen zwischen den Schaltstücken gezogen und über eine längere Zeit aufrecht gehalten wird, bis durch die Wärmedehnung der beweglichen Zuführung und eines daran gekoppelten Gestänges die Schaltstücke wieder geschlossen werden und damit der Lichtbogen erlischt (DD-PS 246 191). In

Erweiterung dieses Verfahrens wird noch eine Steueranordnung vorgeschlagen, bei der u. a. auch ein Polaritätswechsel des Gleichstromlichtbogens entweder bei Abreißen bzw. Unterbrechen der Bogenentladung bei Schließen der Schaltstücke, verursacht durch die Wärmedehnung der beweglichen Zuführung und des angekoppelten Gestänges, erreicht werden soll (DD-PS 246 192).

Nachteil auch dieses Verfahrens bzw. der hierzu erforderlichen Anordnung sind der anlagentechnische Aufwand zum selbständigen Kurzschließen des Gleichstromlichtbogens durch Wärmedehnung von Teilen und der hohe Aufwand für deren Justage und insbesondere der über längere Zeit (bis über 30 Minuten) mit gleicher Polarität und bei sehr kleinen Schaltstückabständen brennende Gleichstromlichtbogen, der zu einer sehr großen Belastung der Schaltstückoberfläche, einem hohen Materialabbrand (der 10–20% des während der elektrischen Lebensdauer der Vakuumschaltkammer eintretenden betragen kann und damit die Lebensdauer der Schaltstücke zu stark vermindert) und zu einer Schuppenbildung auf der Schaltstückoberfläche führt, die wiederum die Durchschlagsfestigkeit unzulässig herabsetzen würde. Ein weiterer wesentlicher Nachteil der für das Verfahren notwendigen Anordnungen ist, daß durch die erforderlichen Halterungen, Gestänge u. ä. nicht unerheblich Wärme aus der Vakuumschaltkammer abgezogen wird. Damit wiederum ist ein größerer Energieeintrag notwendig mit seinen nachteiligen Folgen auf die Schaltstücke, um die erforderliche Formierungstemperatur zu erreichen.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die entscheidende Senkung des anlagentechnischen Aufwandes, eine Minimierung des Aufwandes und der benötigten Energiemenge für den Formierungsprozeß selbst, eine minimale Beanspruchung der Schaltstücke und ein für eine Fließfertigung geeignetes Formierungsverfahren bei einer gleichzeitigen Verbesserung des Formierungsgrades zu schaffen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Dem Erfindungsgedanken liegt die Aufgabe zugrunde, ein Formierungsverfahren für Vakuumschaltkammern vorzuschlagen, mit dem unter einem minimalen technologischen, anlagentechnischen und Zeitaufwand eine optimale Formierung mit einer für eine Fließfertigung geeigneten Technologie ermöglicht wird.

Nach dem Erfindungsgedanken wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß die Schaltstücke auf eine gleichbleibende Öffnung, die größer ist als beim betriebsmäßigen Schalten, vorzugsweise 2–3 mm, gebracht werden und daß das Schließen und Öffnen der Schaltstücke nach einem Zeitprogramm erfolgt, bei dem eine Brenndauer der Gleichstromlichtbögen von 2–3 sec bei einer Formierungsschaltung vorgesehen ist und daß eine Schaltpause vorgesehen ist von der Dauer des Mehrfachen der Zeit einer Formierungsschaltung, wobei die Dauer so bemessen ist, daß die durch die Formierungsschaltungen jeweils erreichte Temperatur an den zu erwärmenden Teilen nicht ab sinkt, daß nach 60–70% der Gesamtzahl der Formierungsschaltungen in Höhe von vorzugsweise 50–75 die Endtemperatur in Höhe von 200–250°C, bezogen auf die Kammerwand, erreicht und bis zum Ende der Formierungsschaltungen konstant gehalten wird.

Durch die gleichbleibende Öffnung der Schaltstücke auf einen Abstand, der größer ist als beim betriebsmäßigen Schalten und dem Öffnen und Schließen der Schaltstücke nach einem Zeitprogramm wird die Vakuumschaltkammer durch einen Zyklus von Gleichstromlichtbögen bestimmter, aber größerer Anzahl, jedoch wesentlich kürzerer Dauer, niedriger Stromstärke, die ein Abreißen der Bogenentladung sicher verhindert, aber keine unzulässige Beanspruchung der Schaltstückoberflächen verursacht, im Inneren aufgeheizt und dabei gleichzeitig sowohl die Schaltstückoberflächen als auch die in Nähe der Schaltstückanordnung befindlichen Wandflächen bzw. die Wandflächen, auf die während des betriebsmäßigen Einsatzes der Vakuumschaltkammer Metalldampf auftrifft, durch die Kondensationsvorgänge von Schaltstückmaterial-Metalldampf durch Abtrommeln der absorbierten Gasbeläge gesäubert.

Entscheidend ist weiter, daß neben einer kurzen Bogenbrenndauer von nur wenigen Sekunden die Polarität in einem definierten Rhythmus und in kurzen Abständen, z. B. nach jeder Formierungsschaltung, d. h. auch von Schaltung zu Schaltung der einzelnen bzw. jeder Vakuumschaltkammer oder auch nach einer eng begrenzten Anzahl von Formierungsschaltungen die Polarität des Formierungslichtbogens gewechselt wird, wodurch ein einseitiges Abtragen der Katode und ein einseitiger Niederschlag an der Anode, der wiederum zu einer Schuppenbildung und damit Verminderung der elektrischen Festigkeit bzw. zum Verschweißen der Schaltstücke bei höheren Strombelastungen im Einzelfall führen würde, vermieden wird.

Für das erfindungsgemäße Verfahren ist neben dem üblichen vakuumtechnischen Teil einer vakuumdichten Kopplung der zu formierenden Schaltkammer mit dem Vakuumpumpstand nur eine einfache Betätigungsverrichtung (Magnetantrieb, Druckluftantrieb u. ä.) zum Schließen und Öffnen der Schaltstücke auf eine konstante und größere Distanz als beim betriebsmäßigen Schalten eine Gleichstromquelle für Ströme von wenigen 100 A und ein Taktgeber erforderlich. Die zu formierende Vakuumschaltkammer ist dabei über einen Lastwiderstand zum Einstellen des Formierungsstromes und einer Anordnung zum Polaritätswechsel mit der Gleichstromquelle verbunden.

Nach dem Erfindungsgedanken besteht das Formierungsverfahren insgesamt aus folgenden Schritten:

- Aufbau, Erzeugung des Startdruckes, Abpumpen
- Formierungsschaltungen mit einem Bogenstrom von etwa 100–150 A bei kleineren, etwa 100–250 A für größere Vakuumschaltkammern (z. B. für 630 A Nennstrom), Zünden der Gleichstrombogenentladung durch kurzzeitiges Schließen und Öffnen der Schaltstücke auf eine Distanz von vorzugsweise 2–3 mm, Brenndauer jedes Gleichstromlichtbogens 2–3 sec, Löschen der Bogenentladung (z. B. durch Abschalten der Gleichstromversorgung), vor der nächsten Formierungsschaltung in der jeweiligen Vakuumschaltkammer Polaritätswechsel entweder sofort anschließend oder nach einer kurzen Pause, bei der folgenden Formierungsschaltung Zünden der Bogenentladung mit umgekehrter Polarität, weiterer Ablauf wie vordem beschrieben, nach Löschen der Bogenentladung wiederum Polaritätswechsel;
- Pause zum Temperatenausgleich innerhalb der Vakuumschaltkammer und Wärmefluß in die zu formierenden Oberflächen bzw. Kammerteile;

- Weiterführung des Programms mit vorzugsweise je einer oder zwei Schaltungen und Polaritätswechsel und Pausen bis zum Erreichen der notwendigen Temperatur an den zu formierenden Kammerteilen und Temperaturkonstanz (nach etwa 60-70% dieser Lastschaltungen);
- Weiterführen dieser Lastschaltungen mit Gleichstrombögen alternierender Polarität bei konstanter Erwärmung mit etwa 40-30% der gesamten Lastschaltungen;
- Abkühlen der Vakuumschaltkammer bei gleichzeitigem weiterem Abpumpen;
- Vakuumdichtes Verschließen (Abquetschen des Abpumpstutzens) der Vakuumschaltkammer.

Wesentliche Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens sind, daß die in den Lastschaltungen in den Gleichstrom-Vakuumlichtbögen umgesetzte Energiemenge bzw. frei werdende Wärme in die Schaltstücke eingeleitet und von dort in die Kammerwände abgeführt wird, daß aber auch durch den vorzusehenden größeren (einige mm) und konstanten Abstand beider Schaltstücke ein Teil der erzeugten Wärme direkt an die Kammerwand abgegeben wird, daß die Formierungsgleichstromlichtbögen bei konstantem Schaltstückabstand brennen und damit nur eine minimale Beanspruchung der Schaltstückoberflächen verursachen, daß die Gleichstromlichtbögen bei den gewählten Stromstärken nicht abreißen, sondern deren Brenndauer von außen durch die Steuerung exakt vorgegeben und eingehalten werden, daß durch den Polaritätswechsel Schaltstückmaterial zwischen den beiden Schaltstücken hin und zurück transportiert wird, so daß dadurch und durch den vorgegebenen konstanten Schaltstückabstand nur ein minimaler aber ausreichender Anteil an Metaldampf aus dem Schaltstückzwischenraum austritt, an den Kammerinnenwänden kondensiert und dabei anhaftende Gasbeläge abtrommelt und dies mit einer entscheidend höheren Effektivität als bei reiner Erwärmung dieser Beläge durch Wärmeeintrag von außen. Wesentlich ist weiter, daß die Nachteile der bekannten Lösungen, insbesondere der Formierung mit Gleichstrombögen sehr langer Brenndauer, einem Abreißen des Formierungsbogens und damit eine stark schwankende Bogenbrenndauer und ein Kurzschließen des Formierungsbogens durch die langsame Wärmedehnung der Zuführungen und des angeköpften Gestänges mit allen nachteiligen Folgen eines Vakuumbogens extrem kurzer Länge vermieden werden. Mit geeigneter und an die jeweilige Vakuumkammergröße angepaßter Auswahl der Schaltfolgen und Pausenzeiten lassen sich mit einer Anlage mehrere Vakuumschaltkammern gleichzeitig und automatisierbar formieren. Ein weiterer und wichtiger Vorteil dieses Verfahrens ist, daß die sonst übliche und vorgeschriebene Formierungstemperatur von 350°C bis über 450°C auf Werte von 200°C-250°C, bezogen auf die Außenwand des Kammeranteils aus Metall bzw. die Flächen, auf die während des betriebsmäßigen Schaltens im praktischen Einsatz im Vakuumschutz Schaltstückmaterialdampf auftrifft, gesenkt werden kann. Damit wird eine wesentlich niedrige Beanspruchung aller empfindlichen Bauelemente, wie z. B. des Metallfaltenbalgs und der Isolierstrecke erreicht. Als zusätzliche Nebeneffekte sind Zeit- und Energieeinsparungen zu nennen.

Ausführungsbeispiel

An zwei Ausführungsbeispielen wird das erfindungsgemäße Verfahren erläutert. In den zugehörigen Zeichnungen zeigen

- Fig. 1: das Blockschaltbild
- Fig. 2: das Zeitdiagramm des Schaltzyklus
- Fig. 3: den Temperaturverlauf während der Formierung
- Fig. 4: Schnitt durch die Vakuumschaltkammer
- Fig. 5: eine weitere Variante des Schaltzyklus

In Fig. 1 ist der prinzipielle Aufbau der erforderlichen Formierungsanordnung dargestellt. Die Gleichstromquelle 1 (z. B. Trafo und Gleichrichtereinheit) ist über Netzschalter 2, einer Steuereinrichtung zum Polaritätswechsel 3 und dem Belastungswiderstand 4 zum Einstellen des Formierungsstromes mit den zu formierenden Vakuumschaltkammern 5; 5.1; 5.2 verbunden. Weiterhin sind die jeweils zugehörigen Antriebe 6; 6.1; 6.2 (z. B. Magnete) sowie Steuermagnete 7; 8 mit der Steuereinheit 9 (z. B. einer Schaltwalze) verbunden.

In Fig. 2 und Fig. 5 ist der erfindungsgemäße Ablauf des Formierungsprozesses anhand von zwei Varianten dargestellt. Dabei ist gekennzeichnet mit t_2 die Schließzeit des Netzschalters 2, mit t_3 und t_3' die Schließzeit der Steuereinrichtung zum Polaritätswechsel in den beiden Stellungen, mit t_5 die kurze Schließzeit der Schaltstücke in der Vakuumschaltkammer 5, mit t_1 und t_1' die Brenndauer dieses Gleichstrombogens mit der Brennspannung U_B , mit t_p die Pausenzeit bis zur Wiederholung eines Schaltzyklus, bestehend aus wiederum zwei Formierungsschaltungen mit einer Bogenbrenndauer von t_B und t_B' . Das erfindungsgemäße Verfahren ist besonders geeignet, um in einem Prozeß mehrere Vakuumschaltkammern gleichzeitig zu formieren, als Beispiel dargestellt in Fig. 1 die Vakuumschaltkammer 5; 5.1; 5.2. Zu Beginn des Formierungsprozesses wird, wie in Fig. 2 gezeigt, zuerst der Polwendeschalter 3 eingeschaltet, danach Netzschalter 2, unmittelbar danach werden in der Vakuumschaltkammer 5 die Schaltstücke geschlossen und sofort darauf wieder geöffnet. Während dieser Schließzeit t_5 fließt ein Strom J , der durch den Widerstand 4 einstellbar und bestimmt ist. Nach Wiederöffnen der Schaltstücke in der Vakuumschaltkammer 5 brennt ein Gleichstromvakuumbogen der Größe I_B . Nach einem Teil des Erfindungsgedankens soll dabei der Strom J_B abhängig von dem Schaltstückwerkstoff so bemessen sein, daß mindestens 2-3 parallele Katodenfußpunkte entstehen, vorzugsweise danach mindestens 100-150 A. Nach einer Bogenbrenndauer t_B wird der Formierungsgleichstrombogen durch Ausschalten des Netzschalters 2 unterbrochen. Danach wird mit Schalter 3 die Polarität gewechselt und eine weitere Formierungsschaltung mit J' , J_B' und t_B' ausgeführt. Es folgt eine Pause t_p , in der die im Inneren der Vakuumschaltkammer eingetragene Wärmemenge von den Schaltstücken in die anderen Kammerteile abgeleitet wird. Dadurch wird über einen Temperaturausgleich eine gleichmäßige Temperaturverteilung erreicht. In dieser Pausenzeit t_p für die erste Vakuumschaltkammer, nach Fig. 1 Schaltkammer 5, sind nach dem Erfindungsgedanken die weiteren Vakuumschaltkammern 5.1; 5.2 usw. nacheinander mit dem gleichen Rhythmus zu schalten. Nach dem Schaltzyklus der letzten Vakuumschaltkammer des zu formierenden Kammerloses bzw. nach der Pausenzeit t_p wird mit dem gleichen Schaltzyklus nach Fig. 2 wiederum Kammer 5, danach Kammer 5.1 usw. geschaltet.

In Fig. 5 ist eine weitere Variante dieses Formierungsprozesses dargestellt. Diese Variante unterscheidet sich insbesondere darin, daß die Pausenzeit t_p kleiner wird und nicht zwei Formierungsschaltungen mit unterschiedlicher Polarität unmittelbar aufeinanderfolgen, sondern zwischen einer Formierungsschaltung mit der einen Polarität die Zeit t_p vergeht bis zur nächsten Formierungsschaltung mit der gleichen Schaltkammer, aber mit umgekehrter Polarität.

In Fig. 5 ist zusätzlich mit t_{21} die Schließzeit des Netzschalters für die erste Formierungsschaltung für die Vakuumschaltkammer 5 und mit t_{2n} die Schließzeit für die n-te Schaltkammer in der zu formierenden Losgröße gekennzeichnet.

Vorteil dieser Variante ist, daß die Polumschalteinrichtung 3 wesentlich weniger geschaltet werden muß, daß dadurch bei gleicher Prozeßzeit die Zeit t_2 bzw. die Bogenbrenndauer t_B verlängert werden kann und damit die Schwankungen in der Temperatur durch Wärmezufuhr und Wärmeabgabe verringert werden.

Weitere Varianten des Formierungsablaufes aus einer Kombination dieser in Fig. 2 und Fig. 5 dargestellten Abläufe sind möglich. Entscheidend ist dabei u. a., daß der Wechsel der Polarität von Schaltung zu Schaltung u. U. auch nach wenigen, aber maximal nach 3-5 Schaltungen gleicher Polarität erfolgt, und die kurze Bogenbrenndauer von 2-3 Sekunden und die beschriebenen und gewünschten Wirkungen des Formierungs-Gleichstromlichtbogens niedriger Stromstärke erhalten bleiben.

Nach dem Erfindungsgedanken ist dabei eine Abstimmung der Bogenbrenndauer t_B mit dem Bogenstrom J_B und der Pausenzeit t_p so vorzunehmen, daß die dem Produkt aus $J_B \cdot t_B \cdot U_B$ (wobei U_B als Konstante anzunehmen ist) entsprechende Wärmemenge eine stetige Temperaturerhöhung bewirkt und daß während der Pausenzeit t_p keine Abkühlung, insbesondere der Kammeraußenwand erfolgt, bis sich Wärmezufuhr und Ableitung im Mittel im Gleichgewicht befinden, damit nach Weiterführung des Erfindungsgedankens ab etwa 60-70% der Gesamtschaltzahlen die Temperatur der Teile der zu formierenden Vakuumschaltkammern gleichbleibt. Die Einzelwerte für t_B , J_B , t_p und Gesamtzahl n der Formierungsschaltungen sind dabei

– für kleinere Vakuumschaltkammern (Nennstrom bis etwa 250 A) für Niederspannungsschütze, $t_B \geq 2,5$ s; $J_B \leq 150$ A;

$n = 120$ Formierungsschaltungen bzw. (60 Schaltzyklen)

– für größere Vakuumschaltkammern (Nennströme bis etwa 630 A) $t_B \geq 2,5$ s; $J_B \leq 200$ A; $n = 120$

Für einen automatisierten Prozeß und dafür ausgelegter Anlage kann dabei vorteilhafterweise sowohl t_B als auch n für verschiedene Schaltkammertypen gleich gewählt und J_B variiert werden. Für die Ineinanderschachtelung der einzelnen zu formierenden Schaltkammern kann dabei ein automatisierter Formierungsprozeß für jeweils eine gleiche Anzahl von Vakuumschaltkammern oder ein fortlaufender Prozeß, bestehend aus Ankoppeln, Abpumpen, Abpumpzeit, Formierungsschaltungen, Abkühlzeit, Abquetschen und Abkoppeln, realisiert werden. Wichtig ist aber bei letzterem auch die Einhaltung einer notwendigen Erwärmungszeit (bestimmt durch die Pausenzeit t_p). Insgesamt kann damit der Formierungsprozeß auf wenige Stunden (etwa 2-3 Stunden) reduziert werden.

Als weiterer und wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zusätzlich eine entscheidende Verringerung des Gesamtaufwandes dadurch erreicht, daß die nach etwa 60-70% der Formierungsschaltungen zu erreichende und dann konstant zu haltende Temperatur an den Schaltkammerwänden nur über 200 bis 250°C liegen muß, im Gegensatz zu den bisher angegebenen Temperaturen von 350-450°C. Dies ist mit auf die Kondensationsprozesse des Metaldampfes 12 (Fig. 4), erzeugt durch die Teillichtbögen 11 in dem Schaltstückzwischenraum 10, an den metallischen und vorteilhafterweise auf Potential liegenden Schaltkammerteilen, z. B. Kammerwandung 13 und Schirm 14, zurückzuführen. Der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren zu erreichende und prinzipielle Temperaturverlauf TK ist in Fig. 3 dargestellt, wobei n die Zahl der Formierungsschaltungen und t_f die dazu benötigte Zeit darstellen. Wichtig, aber auch vorteilhaft ist, daß die Anschlußleitungen bzw. Klemmen durch den niedrigen Formierungsstrom sehr klein gehalten werden können und mit einem sehr kleinen Querschnitt auszulegen sind. Dies ist weiter im Sinne des Erfindungsgedankens notwendig, daß nur eine minimale Wärmemenge aus der Schaltkammer abgeleitet wird. Vorteilhafterweise könnte nach dem Beispiel in Fig. 4 die Stromzuführung an das feste Schaltstück über das in der festen Elektrode 15 befindliche Abpumprohr 16 erfolgen, wobei Kuppel-element mit dem Pumpstand und Stromzuführung als ein Bauelement ausgeführt werden könnte.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist besonders geeignet für Vakuumschaltkammern für Niederspannungsschütze. Es ist aber auch bei entsprechender Anpassung der Parameter t_B , t_p , J_B , n auch für andere Vakuumschaltkammern, z. B. für höhere Spannungen anwendbar.

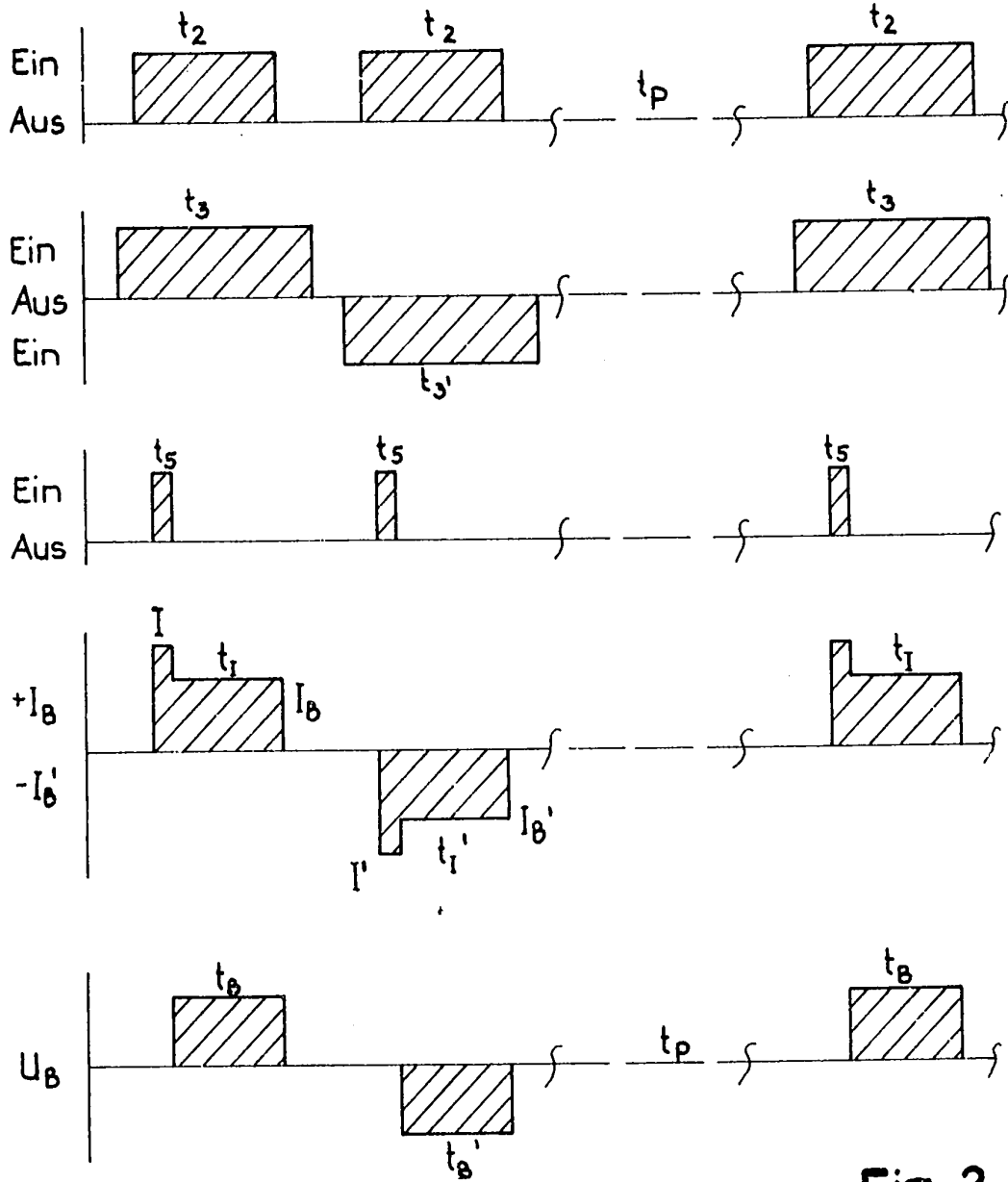
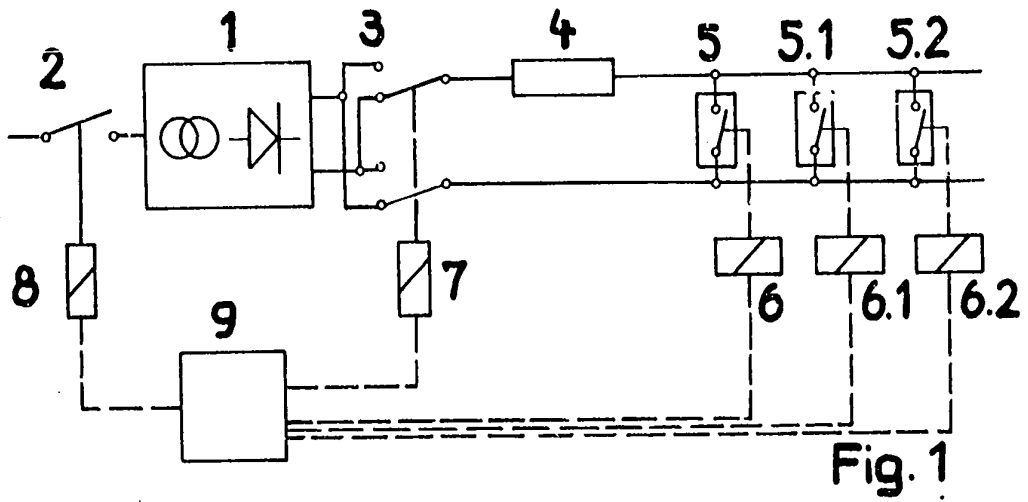


Fig. 2

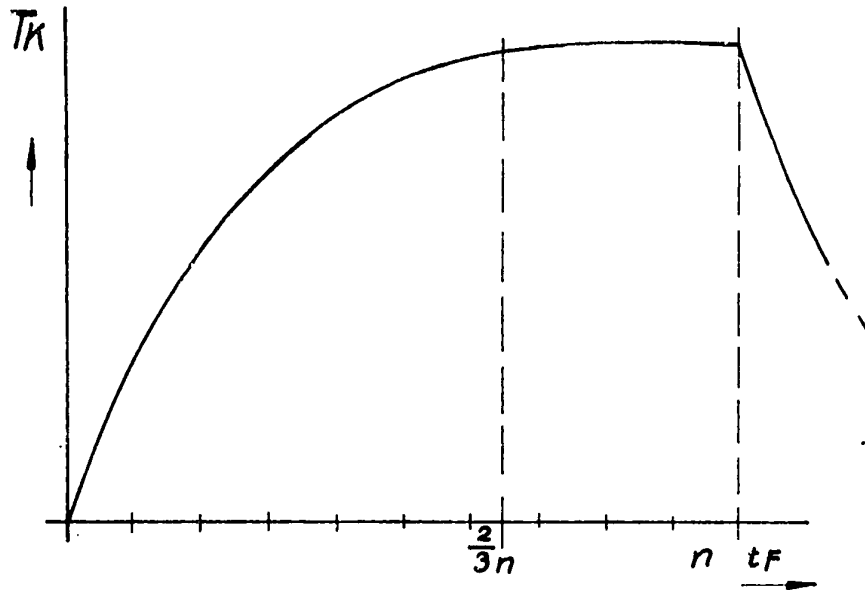


Fig. 3

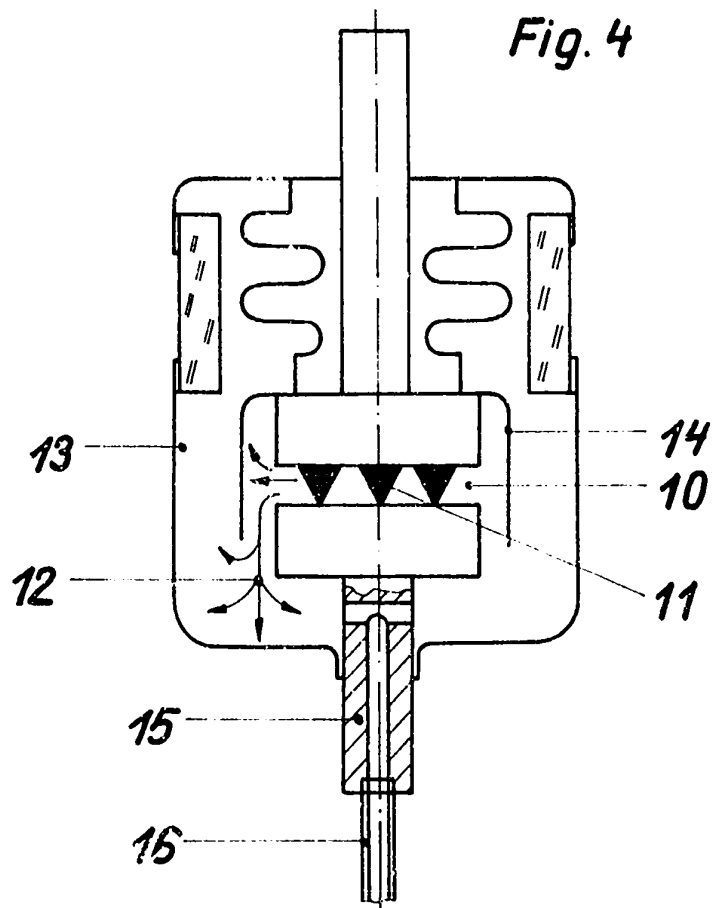


Fig. 4

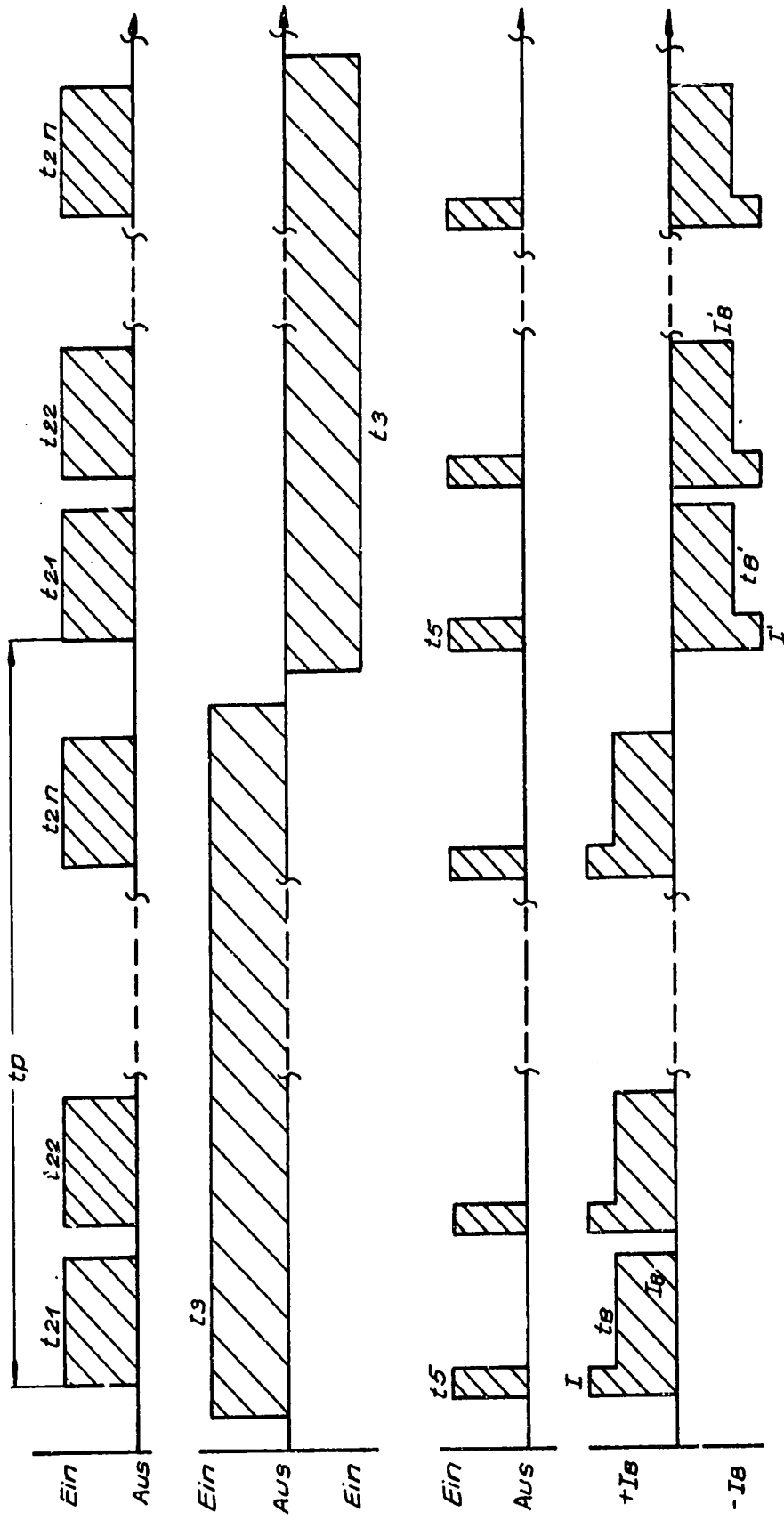


Fig. 5