(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 956 915 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
08.01.2025 Patentblatt 2025/02

(21) Anmeldenummer: **19739933.0**

(22) Anmeldetag: **01.07.2019**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H01H 33/16 *(2006.01)* ***H02H 3/02*** *(2006.01)*

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H01H 33/161; H01C 10/30

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2019/067628

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2021/001017 (07.01.2021 Gazette 2021/01)

(54) **SCHALTGERÄT**

SWITCHING DEVICE

APPAREIL DE COMMUTATION

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.02.2022 Patentblatt 2022/08

(73) Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder:
- **STROBL, Matthias**
  92289 Hohenkemnath (DE)
- **EISMANN, Andreas**
  96114 Hirschaid (DE)
- **FELDEN, Walter**
  92286 Rieden (DE)
- **FONO, Zoltan**
  92224 Amberg (DE)
- **IBISCH, Oliver**
  92711 Parkstein (DE)

(74) Vertreter: **Siemens Patent Attorneys**
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 3 031 062 **US-A1- 2012 199 558**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 3 956 915 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Schaltgerät.

[0002] Beim Öffnen, Schließen oder Kommutieren von Wechselstrom- oder Gleichstromkreisen entstehen Schaltlichtbögen. Diese Schaltlichtbögen geben typischerweise die freiwerdende Energie in entsprechenden Löscheinrichtungen ab, bis der Lichtbogen verlöscht. Herkömmliche elektrische Schalter versuchen die entstehenden Schaltlichtbögen zu kontrollieren. Vor allem bei der steigenden Anzahl an Gleichstromanwendungen, in denen kein Stromnulldurchgang erfolgt, ist dies mit beliebig viel technischem Aufwand verbunden.

[0003] Bei bisherigen Leistungsschaltern mit einfach- oder zweifachunterbrechenden Kontakten, bei denen der Lichtbogen in Ionisierungslöschkammern, beispielsweise mit Hilfe von Slotmotoren, geleitet wird, wird ein entstehender Schaltlichtbogen in der Ionisierungslöschkammer gelöscht. Problematisch ist hierbei das Entstehen eines ionisierenden Gases bei hohen Temperaturen mit entsprechendem Materialabtrag und Verschmutzung des elektrischen Schalters.

[0004] Ebenso kann ein elektrischer Strom ohne Schaltlichtbögen durch einen Halbleiterschalter geschaltet werden, der eine komplexe Ansteuerelektronik erfordert, und bei dem in der Regel keine sichere galvanische Trennung gewährleistet ist.

[0005] Niederspannungsschaltgeräte erfüllen typischerweise Schutzfunktionen. Beispielsweise wird eine dieser Schutzfunktionen von einem Überstromauslöser gebildet. Dieser Überstromauslöser sorgt dafür, dass im Fehlerfall der Stromkreis unterbrochen wird. Bei kleinen Nennströmen kann die Reaktionszeit des Überstromauslösers im Sekundenbereich liegen. Bei höheren Nennströmen muss die Auslösung sehr schnell passieren. Die Auslöseschwelle muss typischerweise sehr fein einstellbar sein.

[0006] In heute herkömmlichen Schaltgeräten detektieren Funktionseinheiten wie ETUs, TMTUs oder MTUs (Electronic Trip Unit, Thermo Mechanical Trip Unit, Magnetic Trip Unit) einen Überstrom zu Auslösung und lösen gegebenenfaslls eine Unterbrechung des Stromkreises aus. Konventionelle System kennen nur die Schalterzustände ON und OFF.

[0007] In der US 2012/199558 A1 wird ein kommutierender Leistungsschalter offenbart, der durch die physische Bewegung einer Pendelvorrichtung, die durch mindestens einen Satz elektrischer Schleifkontakte auf der Pendelvorrichtung den Strom durch die sich bewegende Pendelvorrichtung mit einer Folge unterschiedlicher Widerstände verbindet und somit mit dem Stromkreis verbunden ist, wobei ein zunehmender Widerstand in einen Stromkreis eingefügt wird. Die Bewegung der Pendelvorrichtung kann entweder linear oder rotierend sein. An keinem Punkt sind die gleitenden Statorelektroden von den passenden stationären Statorelektroden getrennt, um einen starken Lichtbogen zu erzeugen, der eine Beschädigung der gleitenden Statorelektroden minimiert. Stattdessen wird der Strom von einem Widerstandspfad zum nächsten mit ausreichend kleinen Widerstandsänderungen bei jedem Schritt kommutiert, so dass eine Lichtbogenbildung unterdrückt wird.

[0008] Die EP 3 031 062 A1 offenbart einen mechanischen Schalter, der durch Kommutierung des Stroms zu einem energieabsorbierenden Pfad oder einer Folge von Pfaden durch mindestens einen Sperrhalbleiter arbeitet, um den Stromkreis zu öffnen, wobei die Kommutierung durch eine Gleitbewegung mindestens einer Pendel-Elektrode über mindestens eine stationäre Elektrode bewirkt wird.

[0009] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein elektrisches Schaltergerät zur Verfügung zu stellen, welches Zwischenzustände zwischen dem ON-Zustand und dem OFF-Zustand eines elektrischen Schalters ermöglicht.

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch das Schaltgerät gemäß Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Schaltgeräts sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0011] Das Schaltgerät mit einem ON-Zustand, einem OFF-Zustand zum Öffnen, Schließen oder Kommutieren eines Stromkreises zwischen einem ersten Kontakt und einem zweiten Kontakt und weiteren Zwischenzuständen zwischen dem ON- und OFF-Zustand gemäß Anspruch 1 umfasst ein regelbares Widerstandselement, welches zwischen dem ersten Kontakt und dem zweiten Kontakt elektrisch angeordnet ist, wobei im ON-Zustand das Schaltgerät geschlossen ist und im OFF-Zustand geöffnet, wobei mittels einer mechanischen Transitbewegung der Zustand des Schaltgeräts geändert wird, wobei die Transitbewegung so ausgeführt wird, dass der aktuelle Spannungsfall zu jedem Zeitpunkt kleiner ist als die Zündspannung eines Lichtbogens und dadurch die Schalt-Energie im regelbaren Widerstandselement in Form von elektrischer Verlustleistung abgeführt wird, und wobei bei Überströmen unterhalb eines Überstrom-Schwellwertes durch die Transitbewegung das regelbare Widerstandselement in einen Zwischenzustand überführt wird, so dass eine elektrische Dämpfung in den Stromkreis eingebracht wird ohne eine Unterbrechung desselben. Das regelbare Widerstandselement umfasst ein bewegliches Element und ein feststehendes Element, wobei das bewegliche Element im Wesentlichen zylinderförmig ausgebildet ist, wobei das feststehende Element im Wesentlichen hohlzylinderförmig ausgebildet ist, wobei das bewegliche Element in das feststehende Element eintauchbar ausgebildet ist und gegen dieses bewegt werden kann, wobei ein erstes Kontaktsystem am beweglichen Element und ein zweites Kontaktsystem am feststehenden Element angebracht ist jeweils zur elektrischen Kontaktierung zwischen dem beweglichen Element und dem feststehenden Element, und wobei durch die lineare Transitbewegung der Abstand zwischen dem ersten Kontaktsystem und dem zweiten Kontaktsystem geändert wird, wodurch sich die Aufteilung des Strompfads zwischen beweglichem Element und feststehendem Element ändert.

[0012] Vorteilhaft hierbei ist, dass ein solches Schaltgerät zu den beiden Schaltzuständen ON und OFF noch zusätzliche Zwischenschaltzustände zur Verfügung stellt, nämlich Schaltzustände in denen der Stromkreis definiert bedämpft wird. Bei folgenden Anwendungen ergeben entscheidende Vorteile:

- Anwendungen bei denen der Stromkreis aus Gründen von hoher Verfügbarkeit nicht getrennt werden darf, jedoch trotzdem ein ausreichender Schutz gegen Überstrom gewährleistet sein muss;
- Anwendungen bei denen unterbrechungsfrei zwischen zwei Potentialen umgeschaltetet werden soll. Im Gegensatz zu einem "harten" Trennen von Stromkreisen wird das Fliesen von Ausgleichsströmen ermöglicht. Das Funktionsprinzip ähnelt dem von Widerstandsschnellschaltern.
- Anwendungen mit sich stark ändernden Lasten, wie beispielsweise Elektrolyseöfen in Stahlschmelzen, oder elektrogalvanische Prozesse, bei denen die Betriebsmittel deshalb nur sehr schwer abzusichern sind.

[0013] In einer Ausgestaltung wird beim Absinken des Überstroms der Zwischenzustand verlassen und der ON-Zustand eingenommen.

[0014] In einer weiteren Ausgestaltung wird bei Überströmen oberhalb des Überstrom-Schwellwerts das Öffnen des Stromkreises (OFF-Zustand) erzwungen.

[0015] In einer weiteren Ausgestaltung wird die Transitbewegung durch eine Regelung eingestellt.

[0016] In einer Ausgestaltung sind am regelbaren Widerstandselement Spulen vorgesehen zum elektro-mechanischen Antrieb gegen eine Feder.

[0017] In einer weiteren Ausgestaltung ist am Boden des hohlzylinderförmig ausgebildeten feststehenden Elements eine erste Spule und am ersten Ende des zylinderförmig ausgebildeten beweglichen Elements eine zweite, korrespondierende Spule angeordnet, wobei sich bei Bestromung die beiden Spulen voneinander abstoßen, wobei am gegenüberliegenden, zweiten Ende des zylinderförmig ausgebildeten beweglichen Elements eine Feder das bewegliche Element in Richtung der ersten Spule und somit in Richtung des ON-Zustands drückt.

[0018] In einer Ausgestaltung umfasst das Schaltgerät weiterhin einen Sensor zur Messung der Temperatur des regelbaren Widerstandselements oder der Hauptstrombahn.

[0019] In einer weiteren Ausgestaltung ist das Schaltgerät zum Schalten eines Wechsel- oder Gleichstroms vorgesehen.

[0020] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung, sowie die Art und Weise, wie sie erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsformen, die im Zusammenhang mit den Figuren näher erläutert werden.

[0021] Dabei zeigen:

Figur 1: Elektrischer Schalter mit regelbarem Widerstandselement;

Figuren 2A und 2B: Elektrischer Widerstand des erfindungsgemäßen elektrischen Schalters;

Figuren 3A, 3B, 3C: Elektrischer Schalter mit regelbarem Widerstandselement im ON-Zustand, Zwischenzustand und OFF-Zustand;

Figuren 4A, 4B, 4C, 4D, 4E, 4F, 4G, 4H, 4I, 4J: Transitbewegung des erfindungsgemäßen elektrischen Schalters zwischen ON-Zustand und OFF-Zustand;

Figur 5A, 5B, 5C, 5D, 5E, 5F: Schaltgerät mit regelbarem Widerstandselement und Spulen und Feder;

Figur 6A und 6B: Dämpfung eines Stromkreises mit erfindungsgemäßen Schaltgerät und Schaltzustände des Schaltgeräts; und

Figur 7A und 7B: Weitere Ausführungsform eines regelbaren Widerstandselements.

[0022] In Figur 1 ist ein elektrischer Schalter 100 dargestellt. Der elektrische Schalter 100 umfasst einen ON-Zustand und einen OFF-Zustand zum Öffnen, Schließen oder Kommutieren eines Stromkreises. Dazu ist ein erster Kontakt 110 und ein zweiter Kontakt 120 vorgesehen, zwischen denen der Stromkreis geschaltet wird. Weiter umfasst der elektrische Schalter 100 ein regelbares Widerstandselement 200, welches zwischen dem ersten Kontakt 110 und dem zweiten Kontakt 120 elektrisch angeordnet ist. Im ON-Zustand ist der elektrische Schalter 100 geschlossen und im OFF-Zustand geöffnet. Der Schaltvorgang, die Überführung des ON-Zustands in den OFF-Zustand und umgekehrt, geschieht mittels einer mechanischen Transitbewegung T des regelbaren Widerstandselements 200.

[0023] Zum Öffnen oder Kommutieren des Stromkreises wird mittels der Transitbewegung T der Widerstand des regelbaren Widerstandselements 200 erhöht und die Transitbewegung T wird so ausgeführt, dass der aktuelle Spannungsfall zu jedem Zeitpunkt kleiner ist als die Zündspannung eines Lichtbogens und dass dadurch die Schaltenergie im regelbaren Widerstandselement 200 in Form von elektrischer Verlustleistung abgeführt wird.

[0024] Das regelbare Widerstandselement 200 umfasst ein bewegliches Element 210 und ein feststehendes Element 220, wobei das bewegliche Element 210 im wesentlichen zylinderförmig ausgebildet ist und das feststehende Element im wesentlichen hohlzylinderförmig. Das bewegliche Element 210 kann in das feststehende Element 220 eintauchen und gegen dieses bewegt wer-

den. Weiterhin umfasst das regelbare Widerstandselement 200 ein erstes Kontaktsystem 310 am feststehenden Element 220 und ein zweites Kontaktsystem 320 am beweglichen Element 210 jeweils zur elektrischen Kontaktierung zwischen dem beweglichen Element 210 und dem feststehenden Element 220.

[0025] Durch eine lineare Transitbewegung T wird der Abstand zwischen dem ersten Kontaktsystem 310 und dem zweiten Kontaktsystem 320 geändert, wodurch sich die Aufteilung des Strompfads zwischen beweglichem Element 210 und feststehendem Element 220 ändert.

[0026] Das feststehende Element 220 kann eine galvanische Isolation 230 umfassen, sodass im OFF-Zustand der erste Kontakt 110 galvanisch getrennt ist vom zweiten Kontakt 120. Ebenso kann die galvanische Trennung über die Dotierung des regelbaren Widerstandselements 200 selbst geschehen.

[0027] In Figur 2A ist die Kette der elektrischen Widerstände des elektrischen Schalters 100 dargestellt. Es handelt sich um eine Reihenschaltung an elektrischen Widerständen, angefangen vom elektrischen Widerstand am zweiten Kontakt 120 R_Cu2 über den Widerstand des regelbaren Widerstandselements 200 R_SiC und dem elektrischen Widerstand der galvanischen Isolation 230 R_Iso zum ersten Kontakt 110 mit dem Widerstand R_Cu1.

[0028] In Figur 2B ist der elektrische Widerstand des regelbaren Widerstandselements 200 dargestellt aufgetragen über der Auslenkung der mechanischen Transitbewegung T. In der Darstellung der Figur 2B ist bei kleinen Positionen der erste Kontakt 110 galvanisch getrennt vom zweiten Kontakt 120 bei einem elektrischen Widerstand größer 1MΩ (Mega Ohm). In dieser linken Position -bei einem elektrischen Widerstand größer 1MΩ (Mega Ohm)- befindet sich der elektrische Schalter 100 im OFF-Zustand.

[0029] Fährt nun mittels der mechanischen Transitbewegung T das bewegliche Element 210 entsprechend der Darstellung der Figur 1 nach rechts, so nimmt der Widerstand nach dem Überschreiten der Isolationszone 230 ab, bis zu einem elektrischen Widerstand des regelbaren Widerstandselement kleiner 100μΩ (Mikro Ohm). In dieser Stellung befindet sich der elektrische Schalter im ON-Zustand.

[0030] In den Figuren 3A, 3B und 3C wird die Überführung des elektrischen Schalters 100 vom ON-Zustand in den OFF-Zustand dargestellt. Mittels einer linearen Transitbewegung T des beweglichen Elements 210 wird der Widerstand des regelbaren Widerstandselements 200 erhöht, wobei die Transitbewegung T so ausgeführt wird, dass der aktuelle Spannungsfall zu jedem Zeitpunkt kleiner ist als die Zündspannung eines Lichtbogens und dadurch die Schaltenergie im regelbaren Widerstandselement 200 in Form von elektrischer Verlustleistung abgeführt wird.

[0031] In Figur 3A befindet sich der elektrische Schalter 100 im ON-Zustand. Der elektrische Strom fließt vom ersten Kontakt 110 über das erste Kontaktsystem 310 zum beweglichen Element 210 und weiter über das zweite Kontaktsystem 320 zum zweiten Kontakt 120. Ist das bewegliche Element 210 beispielsweise aus Kupfer gefertigt, so ist der Gesamtwiderstand des elektrischen Schalters in der ON-Stellung im Bereich kleiner 100μΩ (Mikro Ohm). Das erste Kontaktsystem 310 und das zweite Kontaktsystem 320 wird von Kontaktfedern gebildet, beispielsweise von Canted-Coil-Federn der Firma Bal Seal Engineering.

[0032] Zum Auslösen des elektrischen Schalters 100, also zum Überführen des elektrischen Schalters 100 vom ON-Zustand in den OFF-Zustand, wird nun das bewegliche Element 210 entsprechend der Darstellung in den Figuren 3A, 3B und 3C nach links bewegt.

[0033] In einer Zwischenstellung, die in Figur 3B dargestellt ist, fließt der Strom wiederrum vom ersten Kontakt 110 über das erste Kontaktsystem 310, dem beweglichen Element 210 zum zweiten Kontaktsystem 320 und im regelbaren Widerstandselement 200 zum zweiten Kontakt 120. Durch die lineare Transitbewegung T wurde der Abstand zwischen dem ersten Kontaktsystem 310 und dem zweiten Kontaktsystem 320 geändert, nämlich verringert, wodurch sich die Aufteilung des Strompfads zwischen beweglichem Element 210 und feststehendem Element 220 ändert.

[0034] In Figur 3C ist der elektrische Schalter 100 im OFF-Zustand dargestellt. Durch die Transitbewegung T wurde das bewegliche Element 210 weiter entsprechend der Darstellung der Figuren 3A, 3B und 3C nach links bewegt. Das zweite Kontaktsystem 320 wurde über die galvanische Isolation 230 hinausbewegt, sodass das erste Kontaktsystem 310 und das zweite Kontaktsystem 320 beide in der Zone des ersten Kontakts 110 sind. Somit geschieht ein Stromfluss nur aufgrund eines Kriechstroms der galvanischen Trennung, da der Widerstand des regelbaren Widerstandselement 200 größer 1MΩ (Mega Ohm) ist.

[0035] In den Figuren 4A bis 4J wird ein elektrischer Schalter 100 dargestellt. Das regelbare Widerstandselement 200 weist eine erste Zone 221 auf, die beispielsweise aus Kupfer gestaltet ist und eine hohe Leitfähigkeit hat. Im ON-Zustand des elektrischen Schalters taucht das feststehende Element 220 in diese erste Zone 221 ein, sodass aufgrund des geringsten Widerstands der Strom über die Stirnfläche des beweglichen Elements 210 und der Zone 221 mit geringer Leitfähigkeit des regelbaren Widerstandselements 200 fließt. Ebenso weist das bewegliche Element 210 einen Abschluss 211 auf, der ebenfalls aus Kupfer gefertigt sein kann und somit eine geringe Leitfähigkeit hat. Der Strom fließt daher vom ersten Kontakt 110 über den Abschluss 211 und das bewegliche Element 210.

[0036] Wird nun die Transitbewegung T ausgeführt, entsprechend der Darstellung der Figuren 4A bis 4J der Bewegung des beweglichen Elements 210 nach links, so kommt es zu einer räumlichen Separation des Abschlusses 211 und auch des beweglichen Elements 210 von der Zone 221, so dass der Strom über das erste

Kontaktsystem 310 und das zweite Kontaktsystem 320 fließt.

[0037] Wird nun das bewegliche Element 210 weiter nach links bewegt, so werden das erste Kontaktsystem 310 und das zweite Kontaktsystem 320 aufeinander zubewegt und der Strom fließt durch das regelbare Widerstandselement 200 selbst. Bei weiterer Durchführung der Bewegung ändert sich die Aufteilung des Strompfads zwischen dem beweglichen Element 210 und dem feststehenden Element 220.

[0038] In Figur 4H erreicht das zweite Kontaktsystem 320 die Zone der galvanischen Isolation 230. Wenn nun das zweite Kontaktsystem 320 vollständig in der Zone der galvanischen Isolation 230 ist, ist der Schalter geöffnet und ein Stromfluss nicht mehr möglich. In der Endposition des beweglichen Elements 210 in der Darstellung der Figur 4J befinden sich das erste Kontaktsystem 310 und das zweite Kontaktsystem 320 in der Zone des ersten Kontakts 110.

[0039] Der elektrische Schalter 100 kann mindestens einen dritten Kontakt aufweisen, wobei von ihm ein Potenzial zwischen diesen mindestens drei Kontakten kommutiert wird.

[0040] Das regelbare Widerstandselement 200, insbesondere sein feststehendes Element 220, kann aus einem konventionellen Material oder aus einem dotierbaren Halbleitermaterial hergestellt sein. Als dotierbares Halbleitermaterial ist beispielsweise Siliciumcarbid (SiC) vorteilhaft, da dieses Material wichtige Kriterien erfüllt und eine kompakte Bauweise des regelbaren Widerstandselements 200 ermöglicht. Siliciumcarbid als Halbleitermaterial hat eine sehr hohe Durchbruchfeldstärke und einen geringen spezifischen Durchlasswiderstand. Des Weiteren ist Siliciumcarbid dotierbar und damit in den elektrischen Eigenschaften einstellbar von 0,1 bis 109 Ω·cm (Ohm Zentimeter). Weiter ist Siliciumcarbid hochtemperaturbeständig, die Oxidationsbeständigkeit ist bis 1600°C gegeben und die Zersetzungstemperatur liegt über 2700°C. Ebenso ist Siliciumcarbid ein sehr guter Wärmeleiter.

[0041] Die Erhöhung des Widerstands des regelbaren Widerstandselements 200 kann über eine Änderung der aktiven Länge, der Form, der Anordnung oder der Dotierung geschehen. Der Strompfad innerhalb des regelbaren Widerstandselements 200, beziehungsweise die Aufteilung des Strompfads zwischen dem beweglichen Element 210 und dem feststehenden Element 220, wird durch die Transitbewegung T geändert.

[0042] Figuren 5A bis 5D zeigen das erfindungsgemäße Schaltgerät 1000 in seinen verschiedenen Zwischenzuständen. Das Schaltgerät 1000 kann zum Öffnen, Schließen oder Kommutieren eines Stromkreises zwischen einem ersten Kontakt 110 und einem zweiten Kontakt 120 nicht nur einen ON-Zustand und einen OFF-Zustand einnehmen, sonders weitere Zwischenzustände, wobei im ON-Zustand das Schaltgerät und damit der Stromkreis geschlossen ist und im OFF-Zustand geöffnet.

[0043] Das Schaltgerät 1000 weist dazu ein regelbares Widerstandselement 200 auf, welches elektrisch zwischen dem ersten Kontakt 110 und dem zweiten Kontakt 120 angeordnet ist. Der Zustand des Schaltgeräts 1000 wird mittels einer mechanischen Transitbewegung T geändert.

[0044] Dabei wird die Transitbewegung T so ausgeführt, dass der aktuelle Spannungsfall zu jedem Zeitpunkt kleiner ist als die Zündspannung eines Lichtbogens und dadurch die Schalt-Energie im regelbaren Widerstandselement 200 in Form von elektrischer Verlustleistung abgeführt wird.

[0045] Bei Überströmen unterhalb eines Überstrom-Schwellwertes wird durch die Transitbewegung T das regelbare Widerstandselement 200 in einen Zwischenzustand überführt wird, sodass eine elektrische Dämpfung in den Stromkreis eingebracht wird ohne eine Unterbrechung desselben.

[0046] In der Figur 5A befindet sich das Schaltgerät 1000 zunächst im ON-Zustand. Das regelbare Widerstandselement 200 umfasst ein bewegliches Element 210 und ein feststehendes Element 220, wobei das bewegliche Element 210 im Wesentlichen zylinderförmig ausgebildet ist und das feststehende Element 220 im Wesentlichen hohlzylinderförmig. Das bewegliche Element 210 ist in das feststehende Element 220 eintauchbar ausgebildet und kann gegen dieses bewegt werden.

[0047] Weiterhin ist am regelbaren Widerstandselement 200 ein erstes Kontaktsystem 310 am beweglichen Element 210 und ein zweites Kontaktsystem 320 am feststehenden Element 220 vorgesehen. Diese Kontaktsysteme 310; 320 sind zur elektrischen Kontaktierung zwischen dem beweglichen Element 210 und dem feststehenden Element 220 vorgesehen.

[0048] Durch die lineare Transitbewegung T wird der Abstand zwischen dem ersten Kontaktsystem 310 und dem zweiten Kontaktsystem 320 geändert, wodurch sich die Aufteilung des Strompfads zwischen beweglichem Element 210 und feststehendem Element 220 ändert. Dies in der Sequenz der Figuren 5A bis 5F dargestellt. Durch die Bewegung des beweglichen Elements 210 nach links wird das zweite Kontaktsystem 320 auf das erste Kontaktsystem 310 zubewegt und es ändert sich der Strompfad so, dass ein immer größerer Anteil über das feststehende Element 220 des regelbaren Widerstandselements 200 fließt.

[0049] Bei einem Absinken des Überstroms kann der eingestellte Zwischenzutand wieder verlassen werden und das Schaltgerät 1000 in den ON-Zustand zurückkehren. In solch einem Fall würde das elektrische Schaltgerät 1000 nicht ausgelöst, sondern nur temporär in einen Zwischenzustand überführt.

[0050] Wenn nach dem Überführen des regelbaren Widerstandselements 200 in einen Zwischenzustand wegen des Auftreten eines Überstroms unterhalb eines Überstrom-Schwellwerts der Überstrom weiter steigt und den Überstrom-Schwellwert übersteigt, so kann vom Schaltgerät 1000 ein Öffnen des Stromkreies, also ein

Überführen in den OFF-Zustand, erzwungen werden.

[0051] Die Transitbewegung T kann mittels eines elektromechanischen Antriebs geschehen. In den Figuren 5A bis 5F sind dafür eine erste Spule 520 am Boden des hohlzylinderförmig ausgebildeten feststehenden Elements 220 und am ersten Ende des zylinderförmig ausgebildeten beweglichen Elements 210 eine zweite, korrespondierende Spule 510 vorgesehen, die sich bei Bestromung voneinander abstoßen. Weiter ist am zweiten Ende des zylinderförmig ausgebildeten beweglichen Elements 210 eine Feder 600 angeordnet, die das bewegliche Element 210 in Richtung der ersten Spule 520 und somit in Richtung des ON-Zustands drückt.

[0052] Die Bestromung der ersten und zweiten Spule 520; 510 kann mittels einer Regelung vorgenommen werden, die somit die Transitbewegung T regelt und den gewünschten Zwischenzustand oder auch den ON-Zustand oder OFF-Zustand des regelbaren Widerstandselements 200 einstellt.

[0053] Am Schaltgerät 1000 kein ein Sensor zur Messung der Temperatur des regelbaren Widerstandselements 200 oder der Temperatur der Hauptstrombahn vorgesehen sein. Die Regelung kann entsprechend der gemessenen Temperatur das regelbare Widerstandselement 200 einregeln und gegebenenfalls das Schaltgerät 1000 in den OFF-Zustand überführen, so dass kein Stromfluss mehr möglich ist.

[0054] Das erfindungsgemäße Schaltgerät 1000 ist zum Schalten eines Wechsel- oder eines Gleichstroms vorgesehen.

[0055] In Figur 6A ist das erfindungsgemäße Schaltgerät 1000 dargestellt mit vier unterschiedlichen Zwischenzuständen mit den Widerständen R1, R2, R3 und R4. Beispielsweise soll gelten, dass der Widerstand R4 sehr viel größer als der Widerstand R3, dieser viel größer als der Widerstand R2 und dieser größer als der Widerstand R1 ist. Das regelbare Widerstandselement 200 wird bei Einstellung auf einen der vier Zwischenzustände den Stromkreis mittels des eingestellten Widerstands dämpfen.

[0056] Figur 6B erläutert die Abfolge der elektrischen Widerstände des regelbaren Widerstandselemtns 200 anschaulich: Ausgehend vom ON-Zustand mit geringem Widerstand können diskrete elektrische Widerstände R1, R2, R3, R4, ..., RN eingestellt werden. Oberhalb vom maximalen Widerstand RN liegt der elektrische Widerstand des OFF-Zustands. Entsprechend der Figuren 5A bis 5F und der Ausbildung des regelbaren Widerstandselements 200 sind in dieser Ausführungsform die Widerstandswerte kontinuierlich ausgebildet und können kontinuierlich angesteuert werden.

[0057] Die Detektion des Überstroms und die Auslenkung des regelbaren Widerstandelements 200 kann auch durch eine entsprechende Anordnung der Hauptkontakte ohne zusätzliche Spulenkörper, oder durch zusätzliche Messeinrichtungen erfolgen. Damit wird die Funktion eines thermischen Auslösers erfüllt.

[0058] Zusätzlich zu der definierten Auslenkung aufgrund eines bestimmten Stroms, kann bei kleineren Strömen noch die Temperatur an bestimmten Punkten im regelbaren Widerstandselement 200 oder auf der Hauptstrombahn gemessen werden. Überschreitet die Temperatur eine bestimmte Schwelle, so ändert das bewegliche Kontaktsystem über eine entsprechende Auslenkmechanik, beispielsweise ein Bimetall, seine Position und der Widerstand wird weiter erhöht. Dadurch wird der Strom reduziert.

[0059] Ein solches System kann sowohl eine Funktion des Schaltgerätes 1000 darstellen, dass damit die im Stromkreis angeschlossenen Betriebsmittel schützt, oder auch eine Art Selbstschutz des Gerätes sein um eine Überlastung des regelbaren Widerstandselements 200 oder Teile der Strombahn zu gewährleisten.

[0060] In den Figuren 7A und 7B ist eine weitere Ausführungsform eines regelbaren Widerstandselements 200 dargestellt. In dieser Ausführungsform werden gleichförmige Widerstandselemente 701 mit erster Anschlussfläche 702 und zweiter Anschlussfläche 703 in Reihe geschaltet. Zwischen den Widerstandselementen 701 sind Isolationselemente 705 angeordnet, so dass die Reihenschaltung über die elektrische Kontaktierung benachbarter Anschlussfläche 702, 703 geschieht. Widerstandselementen 701 sind als aufgebrochene Hohlscheiben mit erster Anschlussfläche 702 und zweiter Anschlussfläche 703 ausgebildet.

[0061] Im Innern der Widerstandselementen 701 verläuft das bewegliche Element 210 mit dem zweiten Kontaktsystem 320. Das Öffnen und Schließen erfolgt analog zu der ersten oder zweiten Ausführungsform mittels einer Transitbewegung T, wobei die Transitbewegung T so ausgeführt wird, dass der aktuelle Spannungsfall zu jedem Zeitpunkt kleiner ist als die Zündspannung eines Lichtbogens und dadurch die Schalt-Energie im regelbaren Widerstandselement 200 in Form von elektrischer Verlustleistung abgeführt wird.

Patentansprüche

1. Schaltgerät (1000) mit einem ON-Zustand, einem OFF-Zustand zum Öffnen, Schließen oder Kommutieren eines Stromkreises zwischen einem ersten Kontakt (110) und einem zweiten Kontakt (120) und weiteren Zwischenzuständen zwischen dem ON- und OFF-Zustand sowie mit einem regelbaren Widerstandselement (200), welches zwischen dem ersten Kontakt (110) und dem zweiten Kontakt (120) elektrisch angeordnet ist, wobei im ON-Zustand das Schaltgerät (1000) geschlossen ist und im OFF-Zustand geöffnet, wobei mittels einer mechanischen Transitbewegung (T) der Zustand des Schaltgeräts (1000) geändert wird,
   dadurch gekennzeichnet, dass

   die Transitbewegung (T) so ausgeführt wird, dass der aktuelle Spannungsfall zu jedem Zeit-

punkt kleiner ist als die Zündspannung eines Lichtbogens und dadurch die Schalt-Energie im regelbaren Widerstandselement (200) in Form von elektrischer Verlustleistung abgeführt wird, und
dass bei Überströmen unterhalb eines Überstrom-Schwellwertes durch die Transitbewegung (T) das regelbare Widerstandselement (200) in einen Zwischenzustand überführt wird, so dass eine elektrische Dämpfung in den Stromkreis eingebracht wird ohne eine Unterbrechung desselben,
wobei das regelbare Widerstandselement (200) ein bewegliches Element (210) und ein feststehendes Element (220) umfasst,
wobei das bewegliche Element (210) im Wesentlichen zylinderförmig ausgebildet ist,
wobei das feststehende Element (220) im Wesentlichen hohlzylinderförmig ausgebildet ist,
wobei das bewegliche Element (210) in das feststehende Element (220) eintauchbar ausgebildet ist und gegen dieses bewegt werden kann,
wobei ein erstes Kontaktsystem (310) am beweglichen Element (210) und ein zweites Kontaktsystem (320) am feststehenden Element (220) angebracht ist jeweils zur elektrischen Kontaktierung zwischen dem beweglichen Element (210) und dem feststehenden Element (220),
wobei durch die lineare Transitbewegung (T) der Abstand zwischen dem ersten Kontaktsystem (310) und dem zweiten Kontaktsystem (320) geändert wird, wodurch sich die Aufteilung des Strompfads zwischen beweglichem Element (210) und feststehendem Element (220) ändert.

2. Schaltgerät (1000) gemäß Anspruch 1, bei dem beim Absinken des Überstroms der Zwischenzustand verlassen wird und der ON-Zustand eingenommen wird.

3. Schaltgerät (1000) gemäß Anspruch 1 oder 2, bei dem bei Überströmen oberhalb des Überstrom-Schwellwerts das Öffnen des Stromkreises (OFF-Zustand) erzwungen wird.

4. Schaltgerät (1000) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Transitbewegung (T) durch eine Regelung eingestellt wird.

5. Schaltgerät (1000) gemäß Anspruch 4, bei dem am regelbaren Widerstandselement (200) Spulen (510; 520) vorgesehen sind zum elektromechanischen Antrieb gegen eine Feder (600) .

6. Schaltgerät (1000) gemäß Anspruch 1, bei dem am Boden des hohlzylinderförmig ausgebildeten feststehenden Elements (220) eine erste Spule (520) und am ersten Ende des zylinderförmig ausgebildeten beweglichen Elements (210) eine zweite, korrespondierende Spule (510) angeordnet sind, wobei sich bei Bestromung die beiden Spulen (510; 520) voneinander abstoßen,
wobei am gegenüberliegenden, zweiten Ende des zylinderförmig ausgebildeten beweglichen Elements (210) eine Feder (600) das bewegliche Element (210) in Richtung der ersten Spule (520) und somit in Richtung des ON-Zustands drückt.

7. Schaltgerät (1000) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, bei dem das Schaltgerät (1000) weiterhin einen Sensor zur Messung der Temperatur des regelbaren Widerstandselements (200) oder der Hauptstrombahn umfasst.

8. Schaltgerät (1000) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Schaltgerät (1000) zum Schalten eines Wechsel- oder Gleichstroms vorgesehen ist.

Claims

1. Switching device (1000) with an ON state, an OFF state for opening, closing or commutating a circuit between a first contact (110) and a second contact (120) and further intermediate states between the ON state and the OFF state, and with a variable resistor element (200), which is electrically arranged between the first contact (110) and the second contact (120), wherein the switching device (1000) is closed in the ON state and open in the OFF state, wherein the state of the switching device (1000) is changed by means of a mechanical transit movement (T), **characterized in that**

the transit movement (T) is performed in such a way that the prevailing voltage drop at any point in time is less than the ignition voltage of an electric arc, and the switching energy in the variable resistor element (200) is consequently dissipated in the form of electrical power loss, and
in that, in the event of overcurrents below an overcurrent threshold value, the variable resistor element (200) is transferred to an intermediate state by the transit movement (T), so that electrical damping is introduced into the circuit without interrupting it,
wherein the variable resistor element (200) comprises a movable element (210) and a fixed element (220),
wherein the movable element (210) is substantially cylindrical,

wherein the fixed element (220) is substantially hollow-cylindrical,
wherein the movable element (210) is designed such that it is able to be plunged into the fixed element (220) and can be moved against the latter,
wherein a first contact system (310) is attached to the movable element (210) and a second contact system (320) is attached to the fixed element (220), in each case for establishing electrical contact between the movable element (210) and the fixed element (220),
wherein the linear transit movement (T) changes the distance between the first contact system (310) and the second contact system (320), as a result of which the division of the current path between the movable element (210) and the fixed element (220) changes.

2. Switching device (1000) according to Claim 1, in which the intermediate state is left and the ON state is assumed when the overcurrent drops.

3. Switching device (1000) according to Claim 1 or 2, in which the circuit is forced to open (OFF state) in the event of overcurrents above the overcurrent threshold value.

4. Switching device (1000) according to any of the preceding claims, in which the transit movement (T) is adjusted by a controller.

5. Switching device (1000) according to Claim 4, in which coils (510; 520) are provided on the variable resistor element (200) for electromechanical driving against a spring (600).

6. Switching device (1000) according to Claim 1, in which a first coil (520) is arranged at the bottom of the hollow-cylindrical fixed element (220) and a second, corresponding coil (510) is arranged at the first end of the cylindrical movable element (210), wherein, when current is applied, the two coils (510; 520) repel each other, wherein, at the opposite, second end of the cylindrical movable element (210), a spring (600) pushes the movable element (210) in the direction of the first coil (520) and thus in the direction of the ON state.

7. Switching device (1000) according to any of the preceding claims, in which the switching device (1000) further comprises a sensor for measuring the temperature of the variable resistor element (200) or the main current path.

8. Switching device (1000) according to any of the preceding claims, wherein the switching device (1000) is provided for switching an alternating current or a direct current.

Revendications

1. Appareil de commutation (1000) avec un état activé (ON), un état désactivé (OFF) pour ouvrir, fermer ou commuter un circuit électrique entre un premier contact (110) et un second contact (120) et d'autres états intermédiaires entre l'état activé et l'état désactivé ainsi qu'avec un élément de résistance réglable (200) qui est disposé électriquement entre le premier contact (110) et le second contact (120), dans lequel l'appareil de commutation (1000) est fermé dans l'état activé et ouvert dans l'état désactivé, dans lequel l'état de l'appareil de commutation (1000) est modifié au moyen d'un mouvement de transit (T) mécanique,
caractérisé en ce que

le mouvement de transit (T) est réalisé de telle sorte que la chute de tension actuelle est à chaque instant inférieure à la tension d'amorçage d'un arc électrique et que l'énergie de commutation est ainsi dissipée sous forme de puissance électrique dissipée dans l'élément de résistance réglable (200), et
en ce que, en cas de surintensité inférieure à une valeur de seuil de surintensité, le mouvement de transit (T) fait passer l'élément de résistance réglable (200) dans un état intermédiaire, de sorte qu'une atténuation électrique est introduite dans le circuit électrique sans interruption de celui-ci,
dans lequel l'élément de résistance réglable (200) comprend un élément mobile (210) et un élément fixe (220),
dans lequel l'élément mobile (210) a une forme essentiellement cylindrique,
dans lequel l'élément fixe (220) a une forme essentiellement cylindrique creuse,
dans lequel l'élément mobile (210) est conçu pour être immergé dans l'élément fixe (220) et peut être déplacé contre celui-ci,
dans lequel un premier système de contact (310) est monté sur l'élément mobile (210) et un second système de contact (320) est monté sur l'élément fixe (220), chacun pour établir un contact électrique entre l'élément mobile (210) et l'élément fixe (220),
dans lequel le mouvement de transit (T) linéaire modifie la distance entre le premier système de contact (310) et le second système de contact (320), ce qui modifie la répartition du trajet de courant entre l'élément mobile (210) et l'élément fixe (220).

2. Appareil de commutation (1000) selon la revendica-

tion 1, dans lequel, lorsque la surintensité diminue, l'état intermédiaire est quitté et l'état actif est adopté.

3. Appareil de commutation (1000) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'ouverture du circuit électrique (état désactivé) est forcée en cas de surintensité supérieure à la valeur de seuil de surintensité.

4. Appareil de commutation (1000) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le mouvement de transit (T) est réglé par une régulation.

5. Appareil de commutation (1000) selon la revendication 4, dans lequel des bobines (510 ; 520) sont prévues sur l'élément de résistance réglable (200) pour l'entraînement électromécanique contre un ressort (600).

6. Appareil de commutation (1000) selon la revendication 1, dans lequel une première bobine (520) est disposée au fond de l'élément fixe (220) de forme cylindrique creuse et une seconde bobine (510) correspondante est disposée sur la première extrémité de l'élément mobile (210) de forme cylindrique, dans lequel les deux bobines (510 ; 520) s'éloignent l'une de l'autre lorsqu'elles sont alimentées en courant,
dans lequel, à la seconde extrémité opposée de l'élément mobile (210) de forme cylindrique, un ressort (600) pousse l'élément mobile (210) dans la direction de la première bobine (520) et donc dans la direction de l'état activé.

7. Appareil de commutation (1000) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le dispositif de commutation (1000) comprend en outre un capteur pour mesurer la température de l'élément de résistance réglable (200) ou du trajet de courant principal.

8. Appareil de commutation (1000) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'appareil de commutation (1000) est prévu pour commuter un courant alternatif ou continu.

FIG 1

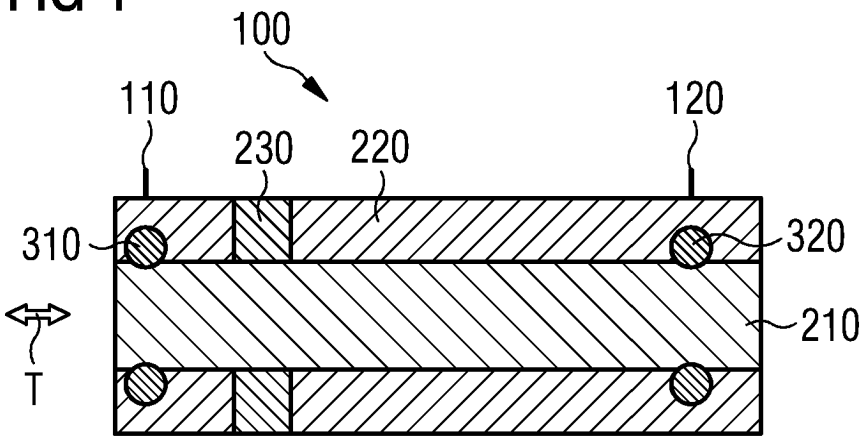


FIG 2A

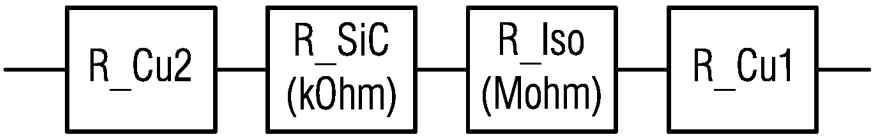


FIG 2B

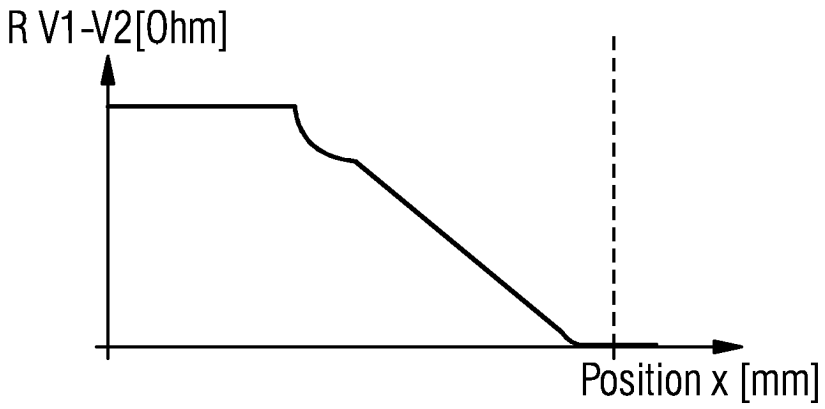


FIG 3A

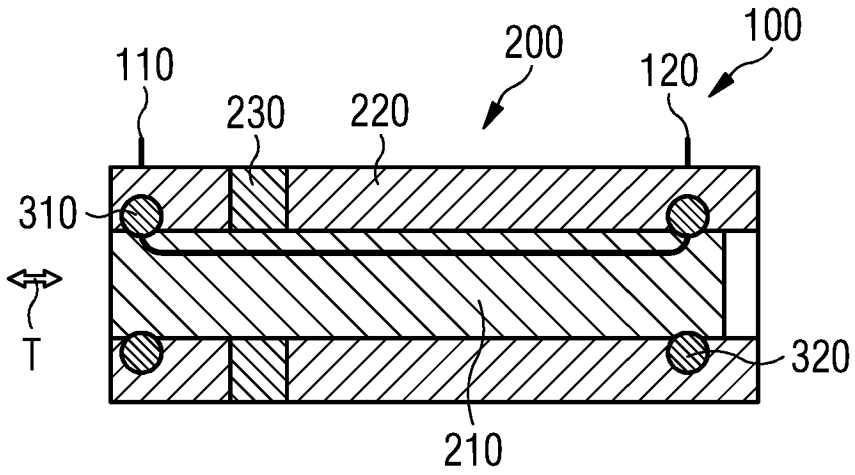


FIG 3B

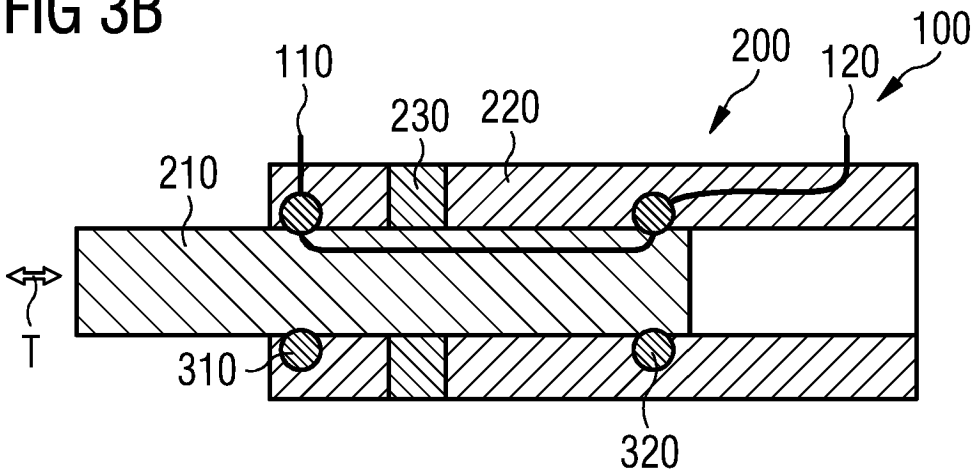


FIG 3C

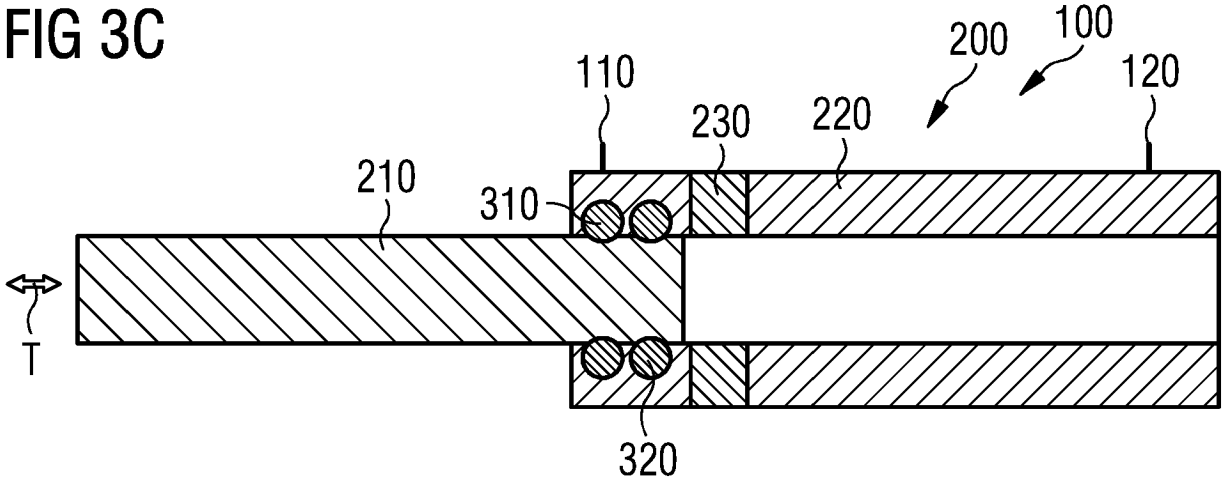


FIG 4A

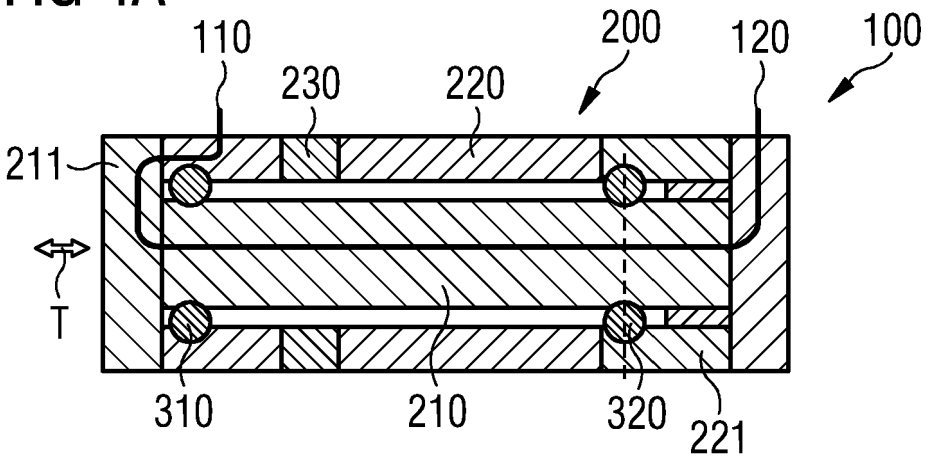


FIG 4B

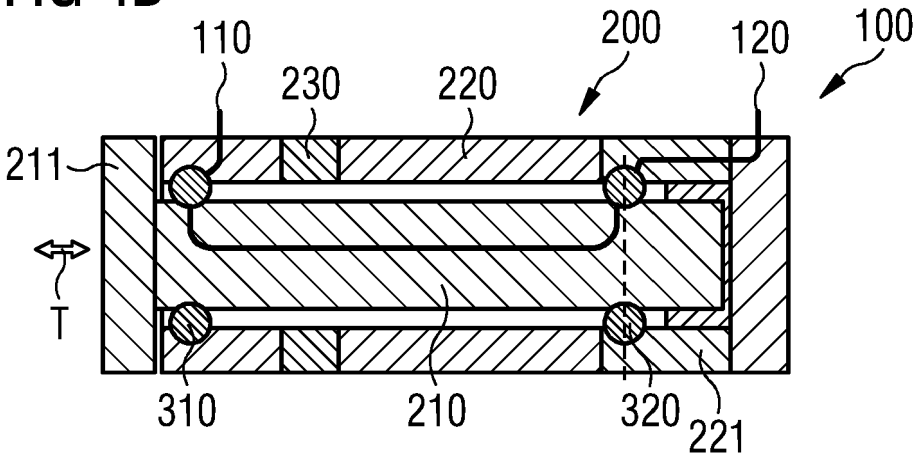


FIG 4C

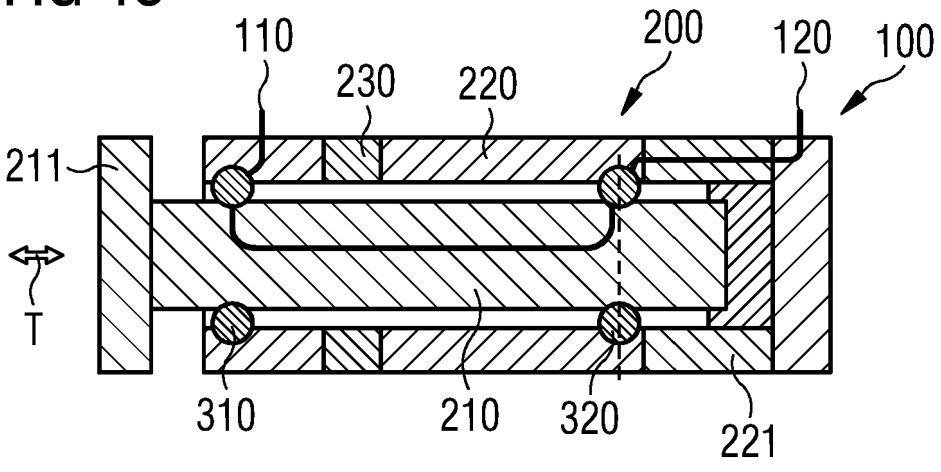


FIG 4D

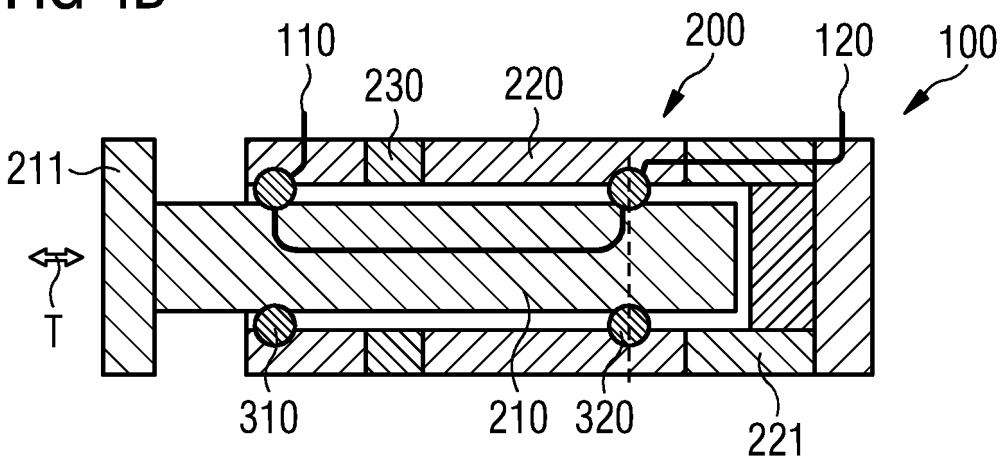


FIG 4E

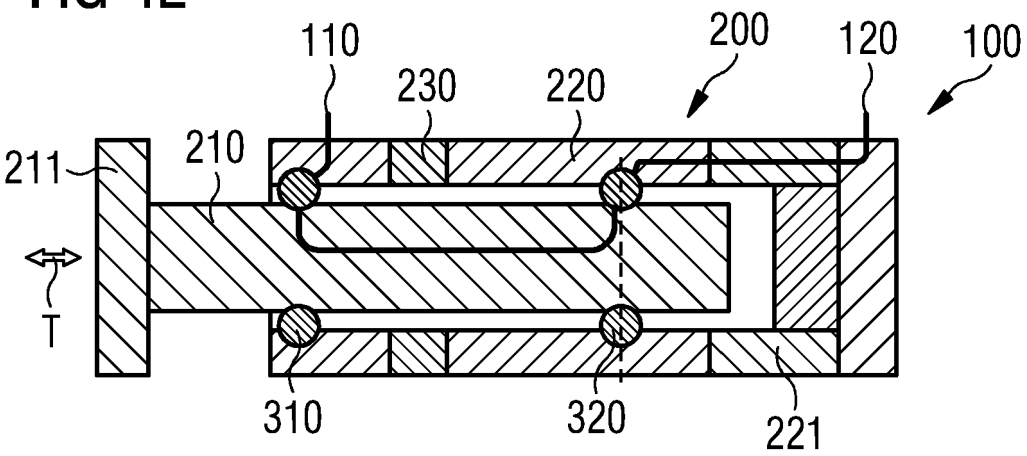


FIG 4F

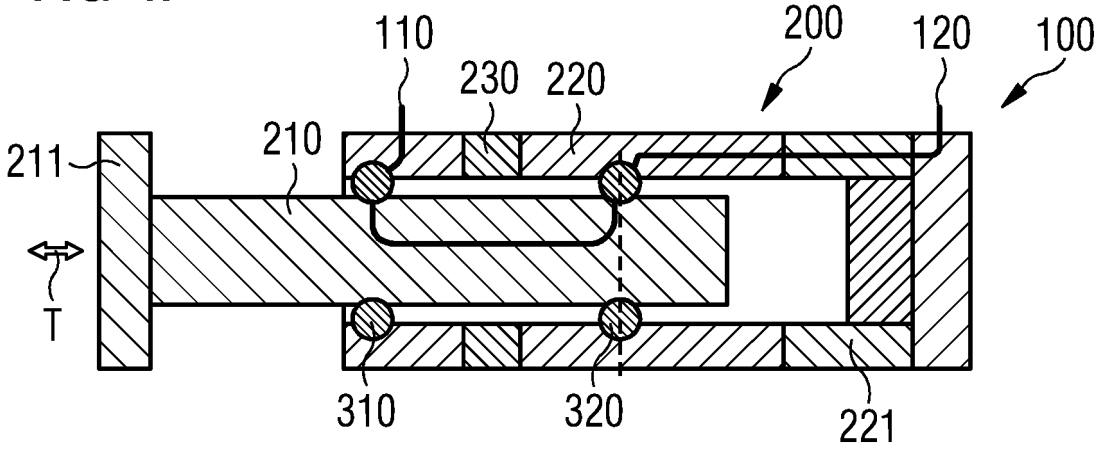


FIG 4G

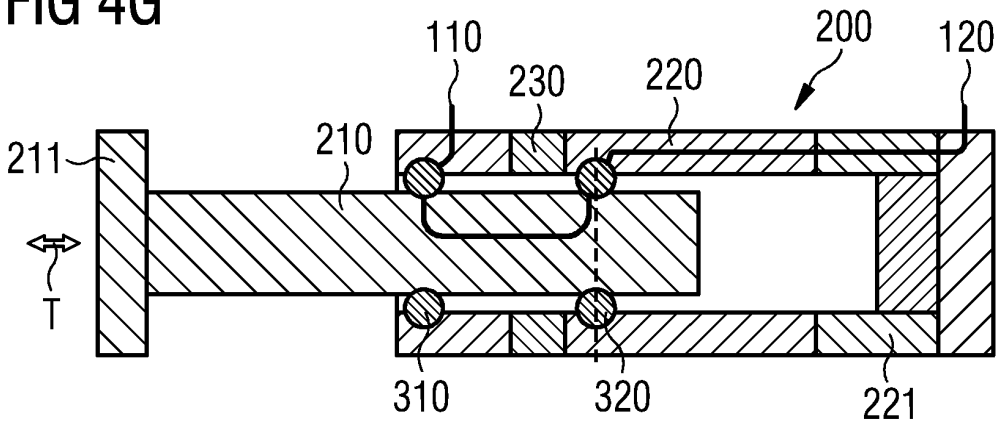


FIG 4H

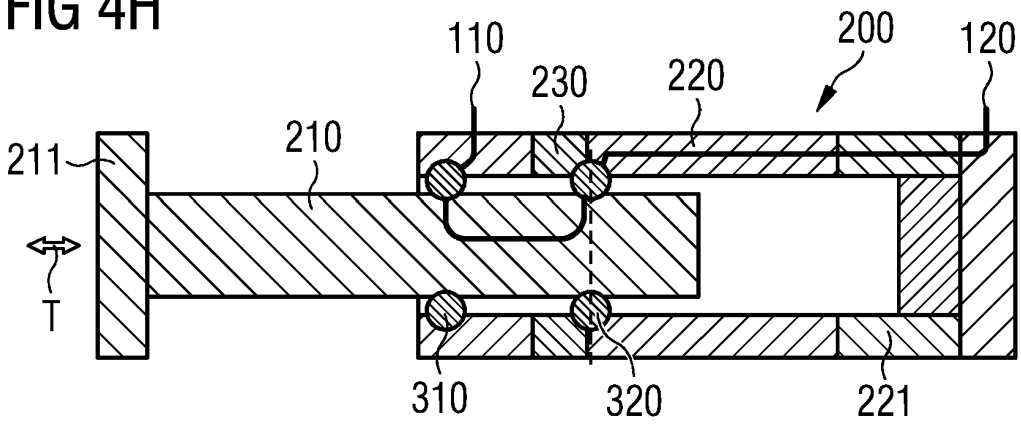


FIG 4I

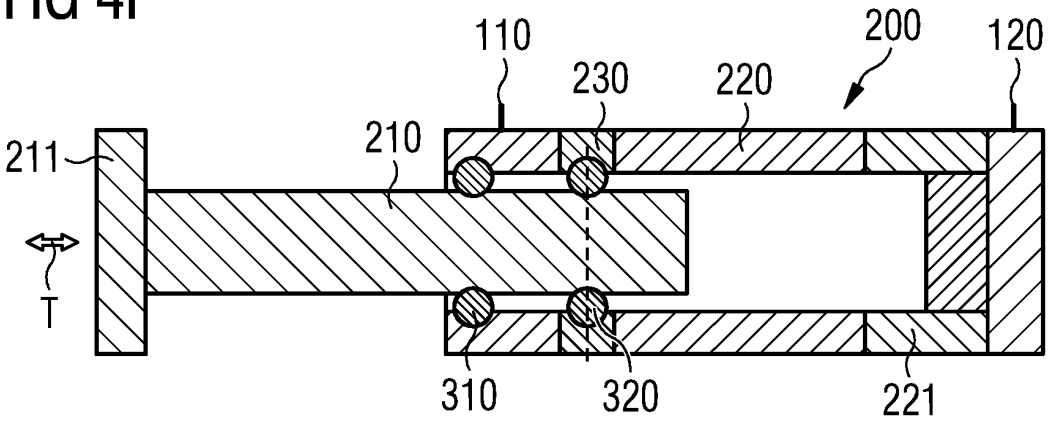


FIG 4J

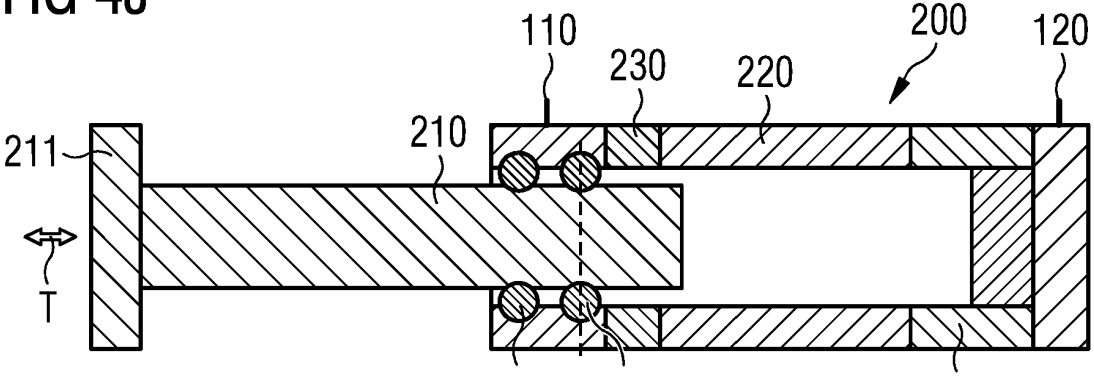


FIG 5A

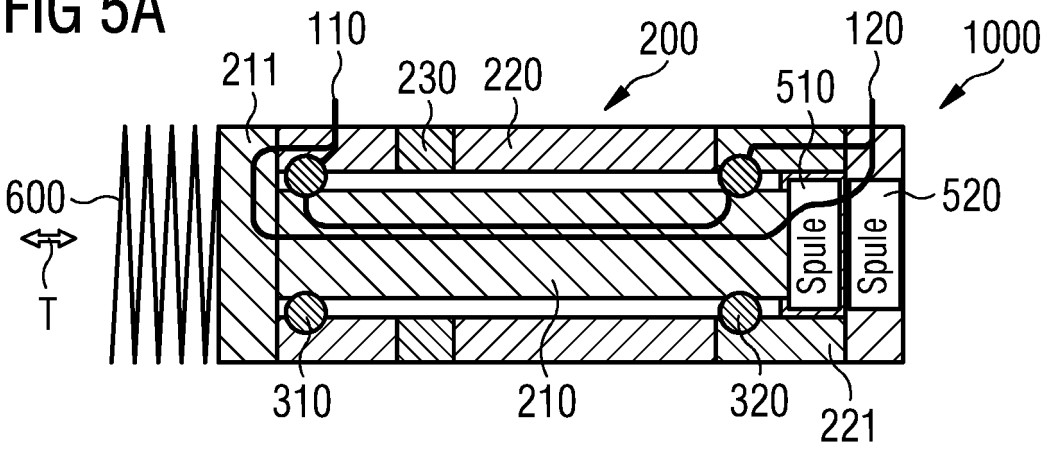


FIG 5B

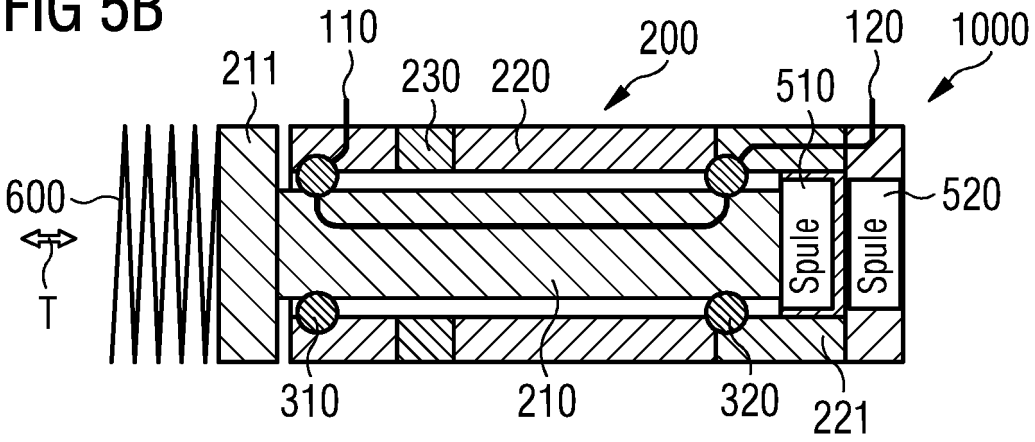


FIG 5C

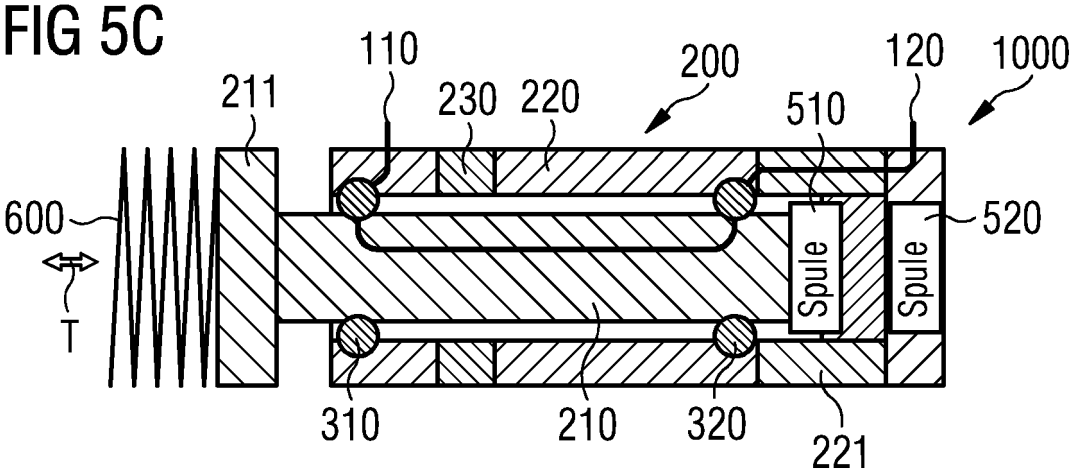


FIG 5D

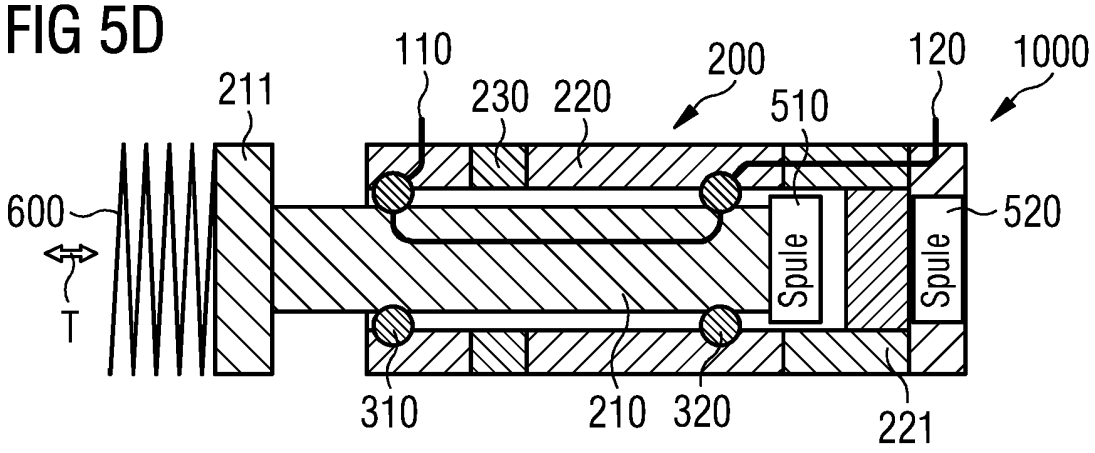


FIG 5E

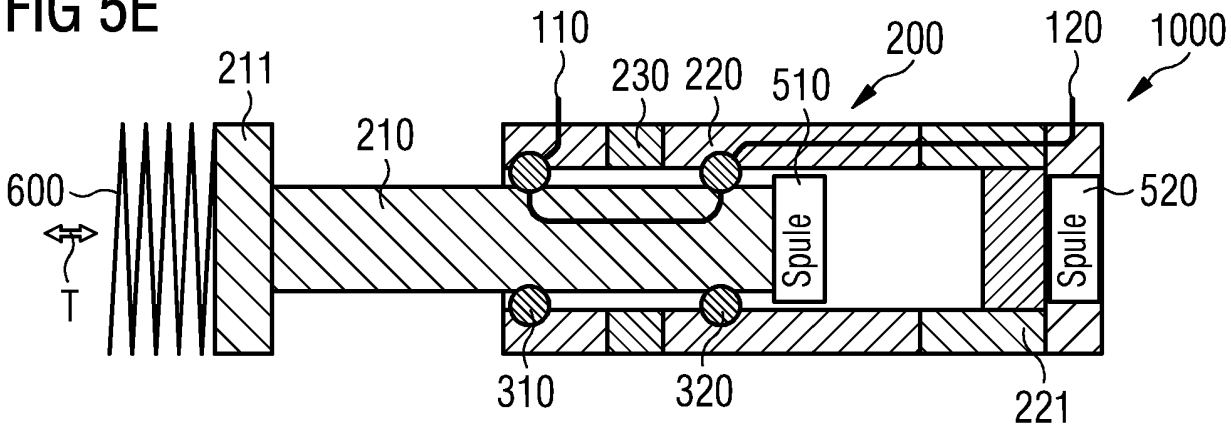


FIG 5F

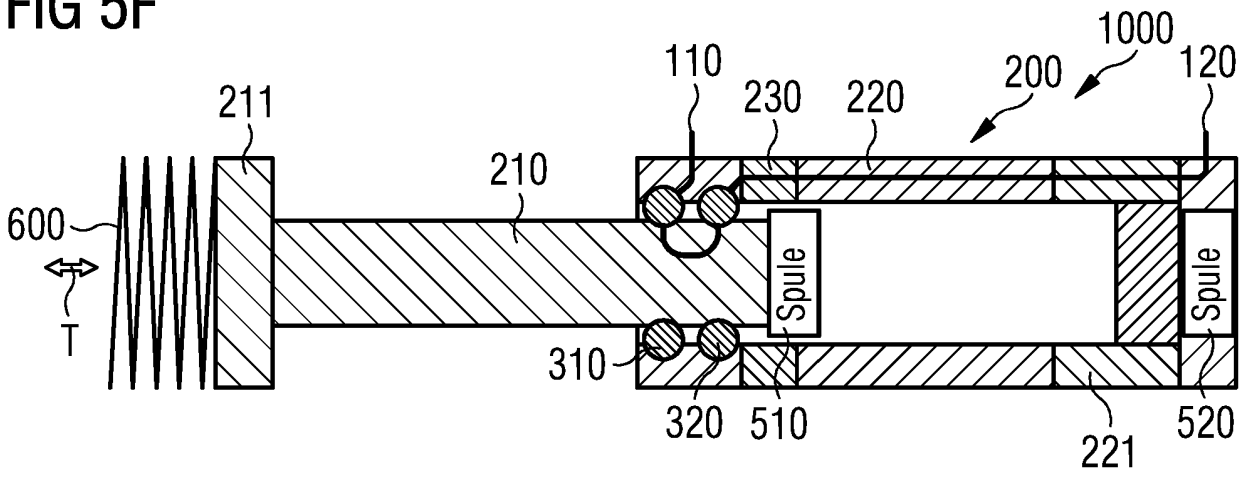


FIG 6A

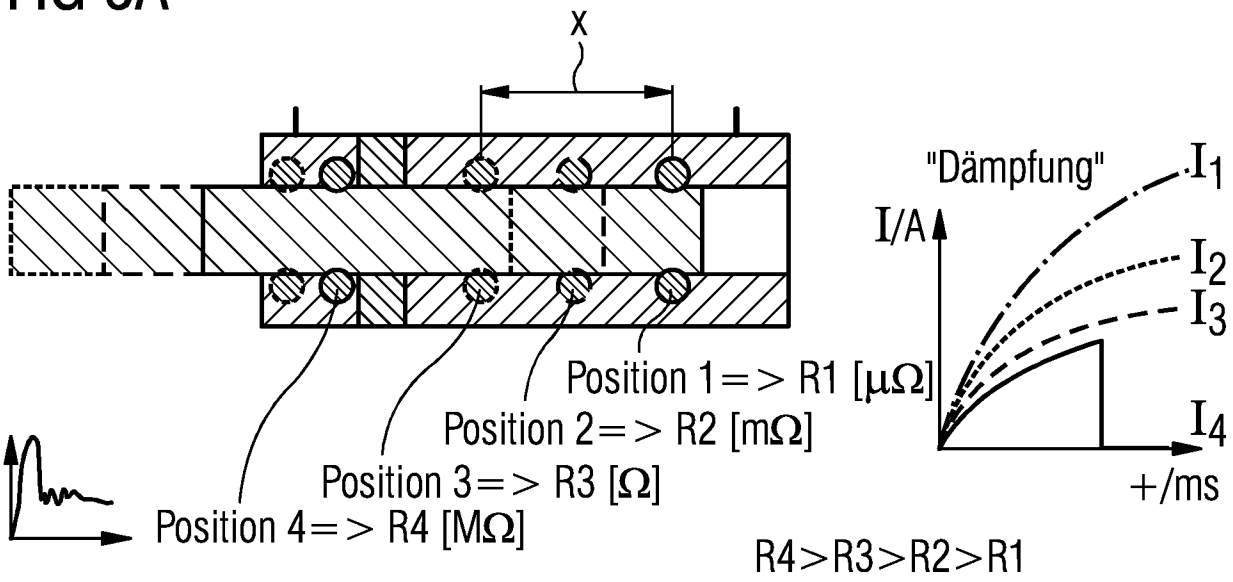

X
"Dämpfung"
I/A
I1
I2
I3
I4
+/ms
Position 1=> R1 [μΩ]
Position 2=> R2 [mΩ]
Position 3=> R3 [Ω]
Position 4=> R4 [MΩ]
R4>R3>R2>R1

FIG 6B

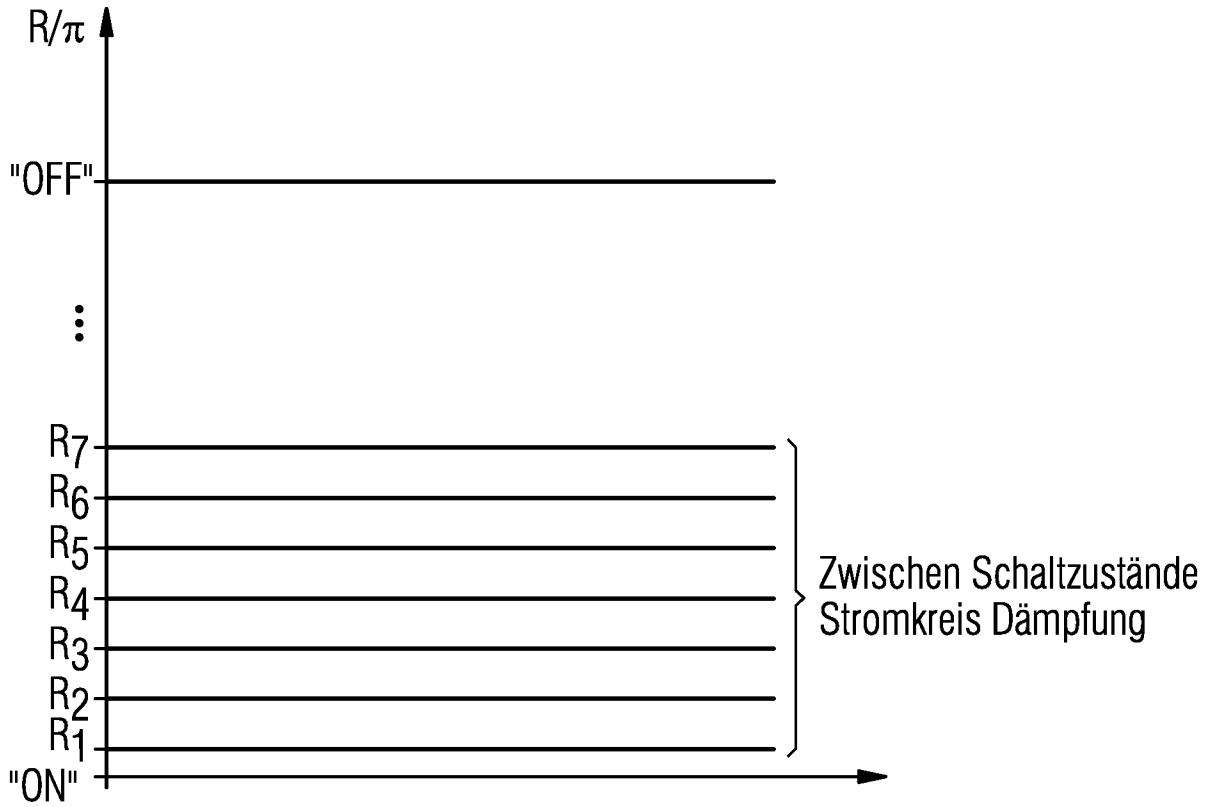

R/π
"OFF"
R7
R6
R5
R4
R3
R2
R1
"ON"
Zwischen Schaltzustände
Stromkreis Dämpfung

FIG 7A

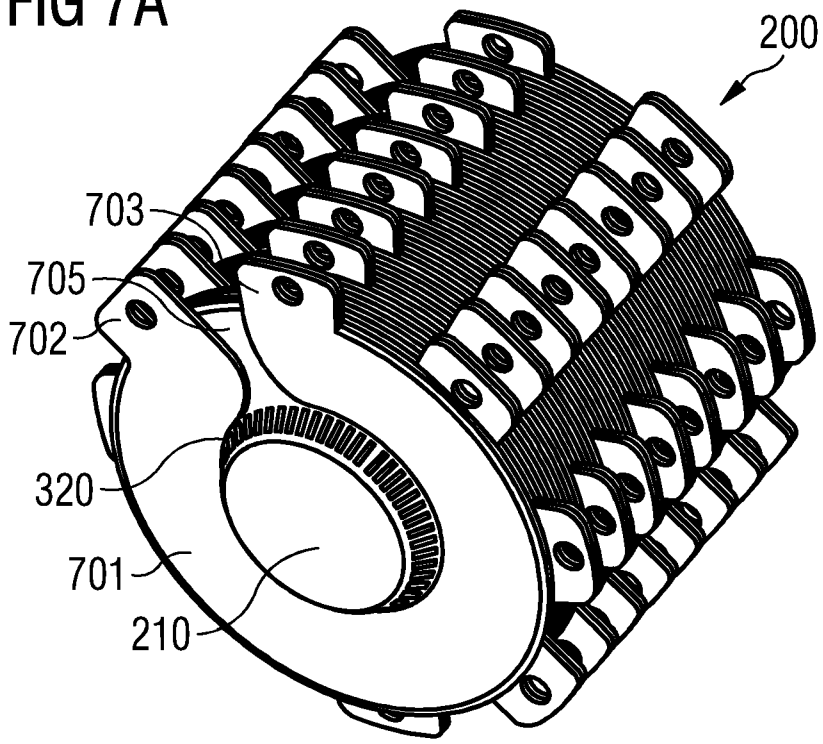
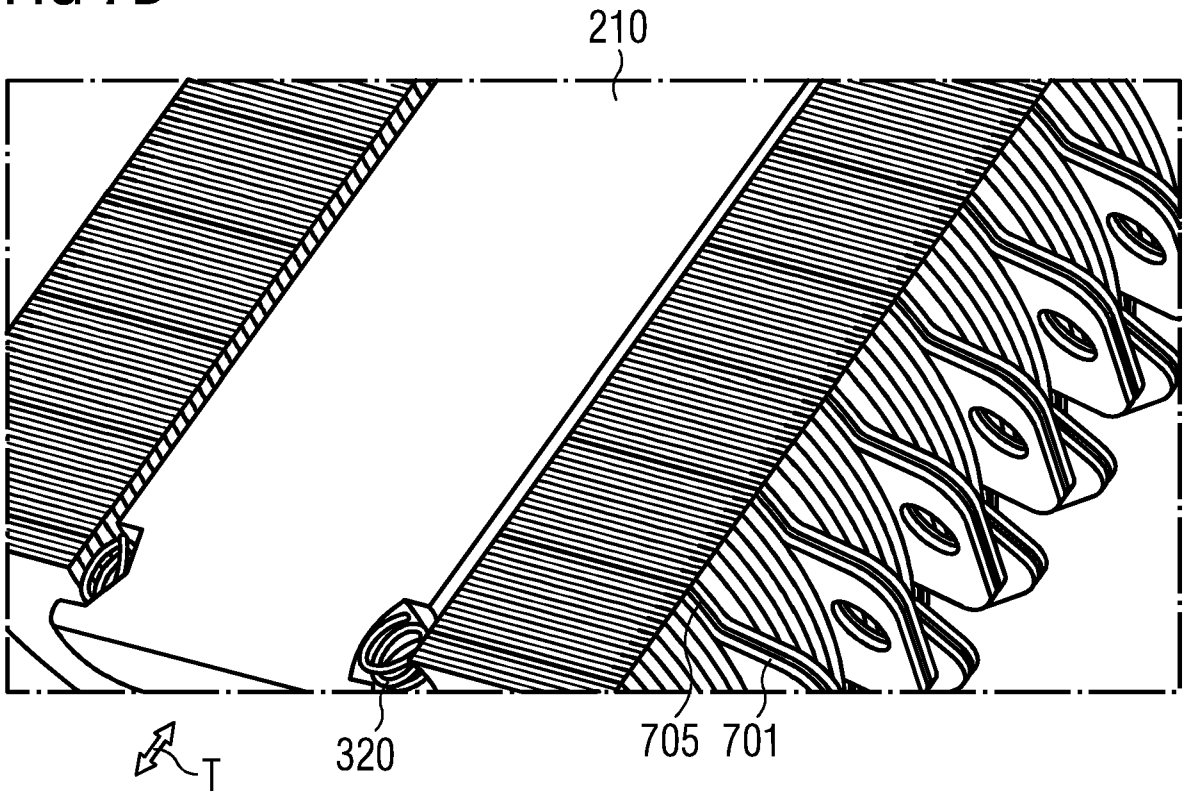


FIG 7B



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 2012199558 A1 **[0007]**
- EP 3031062 A1 **[0008]**