

(19)



(11)

EP 3 953 957 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

04.01.2023 Patentblatt 2023/01

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

H01H 33/16 ^(2006.01) **H02H 3/02** ^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

H01H 33/161; H01C 10/30

(21) Anmeldenummer: **19739930.6**

(22) Anmeldetag: **01.07.2019**

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP2019/067581

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 2021/001011 (07.01.2021 Gazette 2021/01)

(54) **VERFAHREN ZUR UNTERBRECHUNGSFREIEN ANPASSUNG VON PARAMETERN EINES STROMKREISES**

METHOD FOR THE UNINTERRUPTED ADAPTATION OF PARAMETERS OF A CIRCUIT

PROCÉDÉ POUR L'ADAPTATION SANS INTERRUPTIONS DE PARAMÈTRES D'UN CIRCUIT ÉLECTRIQUE

(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:

16.02.2022 Patentblatt 2022/07

(73) Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft**

80333 München (DE)

(72) Erfinder:

- **STROBL, Matthias**
92289 Hohenkernnath (DE)

• **EISMANN, Andreas**
96114 Hirschaid (DE)

• **FELDEN, Walter**
92286 Rieden (DE)

• **FONO, Zoltan**
92224 Amberg (DE)

• **IBISCH, Oliver**
92711 Parkstein (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A1- 3 031 062 US-A1- 2012 199 558

EP 3 953 957 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur unterbrechungsfreien Anpassung von Parametern eines Stromkreises.

[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] Transitbewegungen eines regelbaren Widerstandselements und damit das Erhöhen bzw. Verringern einer Last in einem Stromkreis erfolgt mit einer definierten Geschwindigkeit. Die optimale Geschwindigkeit dieser Transitbewegung ist erreicht, wenn der Spannungsfall zwischen zwei Punkten während der kompletten Bewegung möglichst konstant ist und nie größer wird als die Zündspannung.

[0006] Bewegt sich beispielsweise ein Stellelement zu langsam, wird das Widerstandselement lokal sehr heiß und kann überlastet werden. Bewegt sich das Stellelement zu schnell, so ändert sich der Widerstand in kurzer Zeit sehr stark und der Spannungsfall kann damit größer als die Zündspannung werden, was zum Ziehen eines Lichtbogens führt.

[0007] Damit ergibt sich das Problem, dass jeder Lastfall einen gewissen Arbeitspunkt darstellt. Ein auf Kosten optimiertes System, dass die Energie in Form eines Kraftspeichers (beispielsweise zwei Druckfedern) speichert, kann nicht in allen Arbeitspunkten optimal arbeiten. Grund hierfür ist, dass ein solches System aufgrund der mechanischen Masseträgheiten nur verzögert auf sich dynamisch ändernde Lastfälle reagieren kann. Damit kann die optimale Geschwindigkeit der Transitbewegung nicht immer gewährleistet werden und bestimmte Anwendungsfälle sind nicht beherrschbar.

[0008] In der US 2012/199558 A1 wird ein kommutierender Leistungsschalter offenbart, der durch die physische Bewegung einer Pendelvorrichtung, die durch min-

destens 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.

[0009] 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 Pendelelektrode über mindestens eine stationäre Elektrode bewirkt wird.

[0010] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein alternatives Verfahren zur unterbrechungsfreien Anpassung von Parametern eines Stromkreises zur Verfügung zu stellen.

[0011] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch das Verfahren zur unterbrechungsfreien Anpassung von Parametern eines Stromkreises gemäß Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0012] Das Verfahren zur unterbrechungsfreien Anpassung von Parametern eines Stromkreises gemäß Anspruch 1 bringt gezielt ohmsche, kapazitive oder induktive Anteile mittels mindesten zweier Schaltgeräte als Regelelemente und einem Sensor oder Messgerät ein, wobei die Schaltgeräte jeweils einen ON-Zustand, einen OFF-Zustand zum Öffnen, Schließen oder Kommutieren eines Stromkreises zwischen einem ersten Kontakt und einem zweiten Kontakt und weitere Zwischenzustände zwischen dem ON- und OFF-Zustand sowie ein regelbares Widerstandselement umfassen, wobei das regelbare Widerstandselement zwischen dem ersten Kontakt und dem zweiten Kontakt elektrisch angeordnet ist, wobei im ON-Zustand die Schaltgeräte geschlossen sind und im OFF-Zustand geöffnet, wobei mittels einer mechanischen Transitbewegung der Zustand der Schaltgeräte 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, wobei bei Überströmen unterhalb eines Überstrom-Schwellwertes durch die Transitbewegung das regelbare Widerstandselement in einen Zwischenzustand überführt wird, so dass eine elektri-

sche Dämpfung in den Stromkreis eingebracht wird ohne eine Unterbrechung desselben, mit den Schritten:

- Messung des Zustandes des Parameters;
- Vergleichen mit dem Soll-Zustand des Parameters;
- Steuerung der mindestens zwei regelbaren Widerstandselemente.

[0013] Vorteilhaft hierbei ist, dass das Regelsystem für optimale Umschaltbedingungen sorgt. Durch die Ausführung als Regelkreis ist sichergestellt, dass diese optimalen Bedingungen erfüllt sind. Dadurch ist ein sicherer Betrieb der Schaltgeräte gewährleistet.

[0014] Da es sich um eine Regelung handelt, kann das System auch dazu genutzt werden um den Strom innerhalb eines definierten Bereiches zu halten. Diese Stromregelung funktioniert natürlich nur innerhalb der Leistungsgrenzen des Systems. Das regelbare Widerstandselement darf zu keinem Zeitpunkt überlastet werden. Eine Temperaturmessung kann dies z.B. sicherstellen und im Überlastfall den Stromkreis unterbrechen.

[0015] Es wird die Realisierung von speziellen Schaltanwendungen ermöglicht, die bisher nur durch eine Kombination von herkömmlichen Schaltgeräten und intelligenten Steuerungen/Regelungen oder durch den Einsatz von Leistungselektronik möglich waren.

[0016] Durch die Zwischenzustände ergibt sich die Möglichkeit Ausgleichsströme fließen zu lassen. Das Fließen dieser Ausgleichströme in Kombination mit einer sehr schnellen Lastanpassung ermöglicht neue Anwendungsfelder:

- exakte Steuerung von elektrogalvanischen Prozessen;
- Schalten von sich stark ändernden Lasten, beispielsweise Startvorgang bei Motoren (Dämpfung der 1. Halbwelle);
- Realisierung von Laststufenschaltern für Transformatoren (Mittel- und Niederspannung); oder
- Steuerung von Lastflüssen in vermaschten Netzen durch gezielte Einbringung von Induktivität oder ohmschen Widerstand.

[0017] Es ergeben sich Kostenvorteile gegenüber einer Implementierung als Leistungselektronik. Ein weiterer Vorteil liegt in der Einfachheit und Robustheit des Systems.

[0018] In einer Ausgestaltung ist der anzupassende Parameter die Leistung, der Strom oder die Phasenlage ($\cos(\phi)$) des Stromkreises.

[0019] In einer weiteren Ausgestaltung wird die Anpassung innerhalb von 500msec (Milli Sekunden) vorgenommen.

[0020] In einer weiteren Ausgestaltung wird bei Absinken eines Überstroms der Zwischenzustand des zugeordneten regelbaren Widerstandselements verlassen und der ON-Zustand eingenommen.

[0021] In einer Ausgestaltung sind am regelbaren Wi-

derstandselement Spulen vorgesehen zum elektro-mechanischen Antrieb gegen eine Feder.

[0022] In einer weiteren Ausgestaltung umfasst das regelbare Widerstandselement 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 Strompfades zwischen beweglichem Element und feststehendem Element ändert.

[0023] 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.

[0024] In einer Ausgestaltung umfasst das Schaltgerät weiterhin einen Sensor zur Messung der Temperatur des regelbaren Widerstandselements oder der Hauptstrombahn.

[0025] In einer weiteren Ausgestaltung ist das Schaltgerät zum Schalten eines Wechsel- oder Gleichstroms vorgesehen.

[0026] 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.

[0027] Dabei zeigen:

Figur 1: Elektrischer Schalter mit regelbarem Widerstandselement;

Figuren 2A und 2B: Elektrischer Widerstand des 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 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 Schaltgerät und Schaltzustände des Schaltgeräts;

Figur 7: Schaltgeräte zur Anpassung von Parametern eines Stromkreises;

Figur 8: Regelung des Verfahrens zur unterbrechungsfreien Anpassung;

Figuren 9A und 9B: Elektrisches Schaltgerät mit Regelung;

Figur 10: Zeigerdiagramm von Längsregelung und Querregelung.

[0028] 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 2000. Dazu ist ein erster Kontakt 110 und ein zweiter Kontakt 120 vorgesehen, zwischen denen der Stromkreis 2000 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.

[0029] Zum Öffnen oder Kommutieren des Stromkreises 2000 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.

[0030] 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 kann in das feststehende Element 220 eintauchen und gegen dieses bewegt werden. 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.

[0031] 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.

[0032] Das feststehende Element 220 kann eine galvanische Isolation 230 umfassen, so dass 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.

[0033] 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.

[0034] 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 1M Ω (Mega Ohm). In dieser linken Position - bei einem elektrischen Widerstand größer 1M Ω (Mega Ohm)- befindet sich der elektrische Schalter 100 im OFF-Zustand.

[0035] Führt 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 Widerstandselements 200 kleiner 100 $\mu\Omega$ (Mikro Ohm). In dieser Stellung befindet sich der elektrische Schalter 100 im ON-Zustand.

[0036] 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.

[0037] 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 100 $\mu\Omega$ (Mikro Ohm). Das erste Kontaktsystem 310 und das zweite Kontaktsystem 320 wird von Kontaktfedern gebildet, beispielsweise von Cantilever-Federn der Firma Bal Seal Engineering.

[0038] 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.

[0039] 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.

[0040] 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, so dass 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 Widerstandselements 200 größer $1\text{M}\Omega$ (Mega Ohm) ist.

[0041] 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, so dass 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.

[0042] 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.

[0043] 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 fest-

stehenden Element 220.

[0044] 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.

[0045] Der elektrische Schalter 100 kann mindestens einen dritten Kontakt aufweisen, wobei von ihm ein Potenzial zwischen diesen mindestens drei Kontakten kommutiert wird.

[0046] 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 $109\ \Omega\cdot\text{cm}$ (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.

[0047] 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.

[0048] Figuren 5A bis 5D zeigen das Schaltgerät 1000; 1001 in seinen verschiedenen Zwischenzuständen. Das Schaltgerät 1000; 1001 kann zum Öffnen, Schließen oder Kommutieren eines Stromkreises 2000 zwischen einem ersten Kontakt 110 und einem zweiten Kontakt 120 nicht nur einen ON-Zustand und einen OFF-Zustand einnehmen, sondern weitere Zwischenzustände, wobei im ON-Zustand das Schaltgerät 1000; 1001 und damit der Stromkreis 2000 geschlossen ist und im OFF-Zustand geöffnet.

[0049] Das Schaltgerät 1000; 1001 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; 1001 wird mittels einer mechanischen Transitbewegung T geändert.

[0050] 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.

[0051] Bei Überströmen unterhalb eines Überstrom-Schwellwertes wird durch die Transitbewegung T das regelbare Widerstandselement 200 in einen Zwischenzustand überführt, so dass eine elektrische Dämpfung in den Stromkreis 2000 eingebracht wird ohne eine Unterbrechung desselben.

[0052] In der Figur 5A befindet sich das Schaltgerät 1000; 1001 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.

[0053] 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.

[0054] 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.

[0055] Bei einem Absinken des Überstroms kann der eingestellte Zwischenzustand wieder verlassen werden und das Schaltgerät 1000; 1001 in den ON-Zustand zurückkehren. In solch einem Fall würde das elektrische Schaltgerät 1000; 1001 nicht ausgelöst, sondern nur temporär in einen Zwischenzustand überführt.

[0056] Wenn nach dem Überführen des regelbaren Widerstandselements 200 in einen Zwischenzustand wegen des Auftretens eines Überstroms unterhalb eines Überstrom-Schwellwertes der Überstrom weiter steigt und den Überstrom-Schwellwert übersteigt, so kann vom Schaltgerät 1000; 1001 ein Öffnen des Stromkreises, also ein Überführen in den OFF-Zustand, erzwungen werden.

[0057] 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.

[0058] 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.

[0059] Am Schaltgerät 1000; 1001 kann 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; 1001 in den OFF-Zustand überführen, so dass kein Stromfluss mehr möglich ist.

[0060] Das Schaltgerät 1000; 1001 ist zum Schalten eines Wechsel- oder eines Gleichstroms vorgesehen.

[0061] In Figur 6A ist das Schaltgerät 1000; 1001 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 2000 mittels des eingestellten Widerstands dämpfen. Figur 6B erläutert die Abfolge der elektrischen Widerstände des regelbaren Widerstandselements 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.

[0062] Die Detektion des Überstroms und die Auslenkung des regelbaren Widerstandselements 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.

[0063] 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.

[0064] Ein solches System kann sowohl eine Funktion des Schaltgerätes 1000; 1001 darstellen, dass damit die

im Stromkreis 2000 angeschlossenen Betriebsmittel schützt, oder auch eine Art Selbstschutz des Gerätes sein um eine Überlastung des regelbaren Widerstandselements 200 oder Teile der Strombahn zu gewährleisten.

[0065] In Figur 7 ist das erfindungsgemäße Verfahren zur unterbrechungsfreien Anpassung von Parametern eines Stromkreises 2000 durch das gezielte Einbringen von ohmschen, kapazitiven oder induktiven Anteilen mittels mindesten zweier Schaltgeräte 1000; 1001 als Regelelemente und einem Sensor oder Messgerät 2500 dargestellt.

[0066] Die Schaltgeräte 1000; 1001 weisen jeweils einen ON-Zustand, einen OFF-Zustand zum Öffnen, Schließen oder Kommutieren eines Stromkreises 2000 zwischen einem ersten Kontakt 110 und einem zweiten Kontakt 120 und weitere Zwischenzustände zwischen dem ON- und OFF-Zustand auf, sowie jeweils ein regelbares Widerstandselement 200.

[0067] Das regelbare Widerstandselement 200 ist zwischen dem ersten Kontakt 110 und dem zweiten Kontakt 120 elektrisch angeordnet, wobei im ON-Zustand die Schaltgeräte 1000; 1001 geschlossen sind und im OFF-Zustand geöffnet, und wobei mittels einer mechanischen Transitbewegung T der Zustand der Schaltgeräte 1000; 1001 geändert wird.

[0068] Die Transitbewegung T wird 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, wobei 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 2000 eingebracht wird ohne eine Unterbrechung desselben.

[0069] Das erfindungsgemäße Verfahren zur unterbrechungsfreien Anpassung von Parametern eines Stromkreises 2000 durch das gezielte Einbringen von ohmschen, kapazitiven oder induktiven Anteilen umfasst entsprechend der Figur 8 die Schritte:

- Messung 5100 des Zustandes des Parameters;
- Vergleichen 5200 mit dem Soll-Zustand des Parameters;
- Steuerung 5300 der mindestens zwei regelbaren Widerstandselemente 200.

[0070] Das erfindungsgemäße Verfahren zur unterbrechungsfreien Anpassung von Parametern kann so ausgestaltet sein, dass der anzupassende Parameter die Leistung, der Strom oder die Phasenlage ($\cos(\phi)$) des Stromkreises 2000 ist.

[0071] Des Weiteren kann das Verfahren zur unterbrechungsfreien Anpassung von Parametern so ausgestaltet sein, dass die Anpassung innerhalb von 500msec (Milli Sekunden) vorgenommen wird.

[0072] In Figur 9A zeigt nochmals ein regelbares Widerstandselement 200 mit erster Spule 520 am feststehenden Element 220 und zweiter Spule 510 am beweglichen Element 210.

[0073] Figur 9B zeigt ein regelbares Widerstandselement 200, wobei die Transitbewegung T des beweglichen Elements 210 von einem Motor M elektromechanisch erzeugt wird. Eine Regelung R steuert den Motor M nach Maßgabe des Parameters des Stromkreises 2000.

[0074] Alternativ zu dem oben gezeigten Regulationssystem können auch definierte Profile abgefahren werden um ein gewünschtes Abschaltverhalten zu erreichen. Dies gilt vor allem für Schaltvorgänge die immer gleich ablaufen und bei denen bestimmte transiente Schaltvorgänge ansonsten zu Problemen im Netzführen können.

[0075] Durch das gezielte Einbringen von ohmschen, kapazitiven oder induktiven Anteilen

[0076] Durch das erfindungsgemäße Verfahren zur unterbrechungsfreien Anpassung lassen sich gezielte Änderung der Parameter R, L, C (ohmsche, induktive oder kapazitive Anteile) in einem Drehstromnetz vornehmen, wodurch es möglich ist den Wirkleistungsfluss (Lastfluss) zu steuern.

[0077] Entsprechend dem Zeigerdiagramm in Figur 10 kann eine Querregelung U_Q vorgenommen werden, die die Wirkleistungsverteilung auf mehreren parallelen Leitungen vom Winkelunterschied der Spannung am Anfang und Ende der Leitungen abhängig macht.

[0078] Verändert man den Winkel an einer der Leitungen, wird der Lastfluss auf allen Leitungen beeinflusst. Dadurch können Lastflüsse umgeleitet, Überlastung bestimmter Netzteile verhindert oder Übertragungsverluste minimiert werden.

[0079] Ebenfalls kann eine Längsregelung U_L durch das erfindungsgemäße Verfahren vorgenommen werden, die den Betrag der Wirkleistung ändert. Somit können Spannung und Blindleistung geregelt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur unterbrechungsfreien Anpassung von Parametern eines Stromkreises (2000) durch das gezielte Einbringen von ohmschen, kapazitiven oder induktiven Anteilen mittels mindesten zweier Schaltgeräte (1000; 1001) als Regelelemente und einem Sensor oder Messgerät, wobei die Schaltgeräte (1000; 1001) jeweils einen ON-Zustand, einen OFF-Zustand zum Öffnen, Schließen oder Kommutieren eines Stromkreises (2000) zwischen einem ersten Kontakt (110) und einem zweiten Kontakt (120) und weitere Zwischenzustände zwischen dem ON- und OFF-Zustand sowie ein regelbares Widerstandselement (200) umfassen, wobei das regelbare Widerstandselement (200) zwischen dem ersten Kontakt (110) und dem zweiten Kontakt (120) elektrisch an-

geordnet ist, wobei im ON-Zustand die Schaltgeräte (1000; 1001) geschlossen sind und im OFF-Zustand geöffnet, wobei mittels einer mechanischen Transitbewegung (T) der Zustand der Schaltgeräte (1000; 1001) geändert wird,

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, wobei 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 (2000) eingebracht wird ohne eine Unterbrechung desselben, mit den Schritten:

- Messung (5100) des Zustandes des Parameters;
- Vergleichen (5200) mit dem Soll-Zustand des Parameters;
- Steuerung (5300) der mindestens zwei regelbaren Widerstandselemente (200).

2. Verfahren zur unterbrechungsfreien Anpassung von Parametern gemäß Anspruch 1, bei dem der anzupassende Parameter die Leistung, der Strom oder die Phasenlage ($\cos(\phi)$) des Stromkreises (2000) ist.
3. Verfahren zur unterbrechungsfreien Anpassung von Parametern gemäß Anspruch 1 oder 2, bei dem die Anpassung innerhalb von 500msec (Milli Sekunden) vorgenommen wird.
4. Verfahren zur unterbrechungsfreien Anpassung von Parametern gemäß einem der vorherigen Ansprüche, bei dem beim Absinken eines Überstroms der Zwischenzustand des zugeordneten regelbaren Widerstandselements verlassen wird und der ON-Zustand eingenommen wird.
5. Verfahren zur unterbrechungsfreien Anpassung von Parametern gemäß einem der vorherigen Ansprüche, bei dem an den regelbaren Widerstandselementen (200) Spulen (510; 520) vorgesehen sind zum elektromechanischen Antrieb gegen eine Feder (600).
6. Verfahren zur unterbrechungsfreien Anpassung von Parametern gemäß einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die regelbaren Widerstandselemente (200) jeweils ein bewegliches Element (210) und ein feststehendes Element (220) umfassen,

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.

7. Verfahren zur unterbrechungsfreien Anpassung von Parametern gemäß Anspruch 6, 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.
8. Verfahren zur unterbrechungsfreien Anpassung von Parametern gemäß einem der vorherigen Ansprüche, bei dem weiterhin eine Sensor zur Messung der Temperatur des regelbaren Widerstandselements (200) oder der Hauptstrombahn vorgesehen ist.
9. Verfahren zur unterbrechungsfreien Anpassung von Parametern gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Verfahren die Anpassung in einem Wechsel- oder in einem Gleichstromkreis vornimmt.

Claims

1. Method for the uninterrupted adaptation of parameters of a circuit (2000) through the targeted introduction of ohmic, capacitive or inductive components by means of at least two switching devices (1000; 1001) as control elements and a sensor or measuring device, wherein the switching devices (1000; 1001) each comprise an on state, an off state for opening,

closing or switching a circuit (2000) between a first contact (110) and a second contact (120) and further intermediate states between the on and off state as well as a controllable resistor element (200), wherein the controllable resistor element (200) is electrically arranged between the first contact (110) and the second contact (120), wherein the switching devices (1000; 1001) are closed in the on state and open in the off state, wherein the state of the switching devices (1000; 1001) is changed by means of a mechanical transit movement (T),

wherein the transit movement (T) is carried out in such a way that the present voltage drop at each point in time is less than the igniting voltage of an electric arc and as a result the switching energy in the controllable resistor element (200) is discharged in the form of electrical power loss, wherein, in the case of overcurrents below an overcurrent threshold value, the controllable resistor element (200) is transferred into an intermediate state by the transit movement (T) such that electrical damping is introduced into the circuit (2000) without an interruption of same, having the steps:

- measuring (5100) the state of the parameter;
 - comparing (5200) with the desired state of the parameter;
 - controlling (5300) the at least two controllable resistor elements (200).
2. Method for the uninterrupted adaptation of parameters according to Claim 1, in which the parameter to be adapted is the power, the current or the phase angle ($\cos(\phi)$) of the circuit (2000).
 3. Method for the uninterrupted adaptation of parameters according to Claim 1 or 2, in which the adaptation is performed within 500 msec (milliseconds).
 4. Method for the uninterrupted adaptation of parameters according to one of the preceding claims, in which, once an overcurrent has dropped, the intermediate state of the assigned controllable resistor element is left and the on state is taken up.
 5. Method for the uninterrupted adaptation of parameters according to one of the preceding claims, in which coils (510; 520) are provided at the controllable resistor elements (200) for the purpose of providing electromechanical drive against a spring (600).
 6. Method for the uninterrupted adaptation of parameters according to one of the preceding claims, in which the controllable resistor elements (200) each

comprise a movable element (210) and a stationary element (220),

wherein the movable element (210) is substantially in the shape of a cylinder, wherein the stationary element (220) is substantially in the shape of a hollow cylinder, wherein the movable element (210) is designed such that it is immersible in the stationary element (220) and can be moved with respect to 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 stationary element (220), each for providing electrical contact between the movable element (210) and the stationary element (220), wherein, the spacing between the first contact system (310) and the second contact system (320) is changed by the linear transit movement (T), as a result of which the division of the current path between the movable element (210) and the stationary element (220) changes.

7. Method for the uninterrupted adaptation of parameters according to Claim 6, in which a first coil (520) is arranged at the base of the hollow-cylinder-shaped stationary element (220) and a second, corresponding coil (510) is arranged at the first end of the cylinder-shaped movable element (210), wherein the two coils (510; 520) repel each other when energized, wherein, at the opposite, second end of the cylinder-shaped 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.
8. Method for the uninterrupted adaptation of parameters according to one of the preceding claims, in which a sensor for measuring the temperature of the controllable resistor element (200) or of the main current path is furthermore provided.
9. Method for the uninterrupted adaptation of parameters according to one of the preceding claims, wherein the method performs the adaptation in an AC circuit or in a DC circuit.

Revendications

1. Procédé d'adaptation sans interruption de paramètres d'un circuit électrique (2000) par l'insertion ciblée de parties ohmiques, capacitives ou inductives au moyen d'au moins deux appareils de commutation (1000 ; 1001) en tant qu'éléments de régulation et un capteur ou appareil de mesure, dans lequel les appareils de commutation (1000 ; 1001) présentent

chacun un état ON, un état OFF, pour l'ouverture, la fermeture ou la commutation d'un circuit électrique (2000) entre un premier contact (110) et un deuxième contact (120) et d'autres états intermédiaires entre les états ON et OFF ainsi qu'un élément de résistance réglable (200), dans lequel l'élément de résistance réglable (200) est disposé électriquement entre le premier contact (110) et le deuxième contact (120), dans lequel, dans l'état ON, les appareils de commutation (1000 ; 1001) sont fermés et, dans l'état OFF, ils sont ouverts, dans lequel, au moyen d'un mouvement de transit mécanique (T), l'état des appareils de commutation (1000 ; 1001) est modifié,

dans lequel le mouvement de transit (T) est effectué de façon à ce que la chute de tension actuelle soit à tout moment inférieure à la tension d'allumage d'un arc électrique et que l'énergie de commutation soit ainsi dissipée dans l'élément de résistance réglable (200) sous la forme d'une dissipation de puissance électrique, dans lequel, dans le cas de surintensités en dessous de la valeur seuil de surintensité, le mouvement de transit (T) permet de mettre l'élément de résistance réglable (200) dans un état intermédiaire, de façon à ce qu'un amortissement électrique soit introduit dans le circuit électrique (2000) sans interruption de celui-ci, avec les étapes suivantes :

- mesure (5100) de l'état du paramètre ;
- comparaison (5200) avec l'état de consigne du paramètre ;
- commande (5300) des au moins deux éléments de résistance réglables (200).

2. Procédé d'adaptation sans interruption de paramètres selon la revendication 1, dans lequel le paramètre à adapter est la puissance, le courant ou la phase ($\cos(\phi)$) du circuit électrique (2000).
3. Procédé d'adaptation sans interruption de paramètres selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'adaptation est effectuée dans un délai de 500 msec (millisecondes).
4. Procédé d'adaptation sans interruption de paramètres selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, lors de la baisse d'une surintensité, l'état intermédiaire de l'élément de résistance réglable correspondant est abandonné et l'état ON est activé.
5. Procédé d'adaptation sans interruption de paramètres selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, sur les éléments de résistance réglables (200), sont prévues des bobines (510 ; 520)

pour un entraînement électromécanique contre un ressort (600).

6. Procédé d'adaptation sans interruption de paramètres selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les éléments de résistance réglables (200) comprennent chacun un élément mobile (210) et un élément stationnaire (220),

dans lequel l'élément mobile (210) est globalement de forme cylindrique, dans lequel l'élément stationnaire (220) est globalement de forme cylindrique creuse, dans lequel l'élément mobile (210) est conçu de façon à pouvoir être plongé dans l'élément stationnaire (220) et peut être déplacé par rapport à celui-ci,

dans lequel un premier système de contact (310) est monté sur l'élément mobile (210) et un deuxième système de contact (320) est monté sur l'élément stationnaire (220), respectivement pour la mise en contact électrique entre l'élément mobile (210) et l'élément stationnaire (220),

dans lequel, grâce au mouvement de transit linéaire (T), la distance entre le premier système de contact (310) et le deuxième système de contact (320) est modifiée, ce qui modifie la répartition du chemin de courant entre l'élément mobile (210) et l'élément stationnaire (220).

7. Procédé d'adaptation sans interruption de paramètres selon la revendication 6, dans lequel, sur le fond de l'élément stationnaire (220) de forme cylindrique creuse, est disposée une première bobine (520) et, au niveau de la première extrémité de l'élément mobile (210) de forme cylindrique, est disposée une deuxième bobine (510) correspondante, dans lequel, lors de l'alimentation en courant, les deux bobines (510 ; 520) se repoussent mutuellement, dans lequel, au niveau de la deuxième extrémité opposée de l'élément mobile (210) de forme cylindrique, un ressort (600) pousse l'élément mobile (210) en direction de la première bobine (520) et donc en direction de l'état ON.
8. Procédé d'adaptation sans interruption de paramètres selon l'une des revendications précédentes, dans lequel un capteur est prévu pour la mesure de la température de l'élément de résistance réglable (200) ou de la piste de courant principale.
9. Procédé d'adaptation sans interruption de paramètres selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le procédé effectue l'adaptation dans un circuit à courant alternatif ou dans un circuit à courant continu.

FIG 1

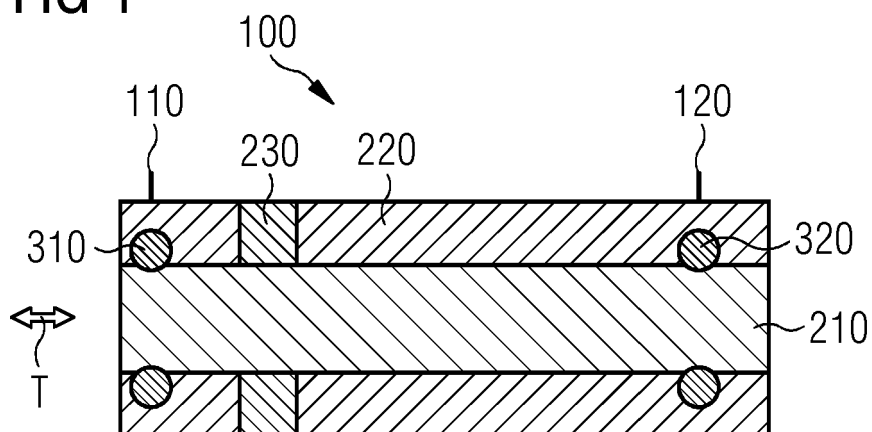


FIG 2A

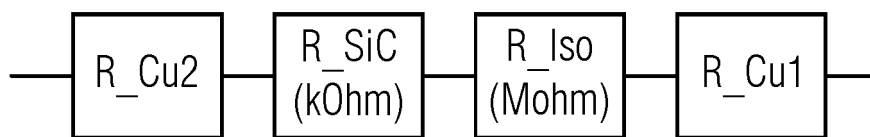


FIG 2B

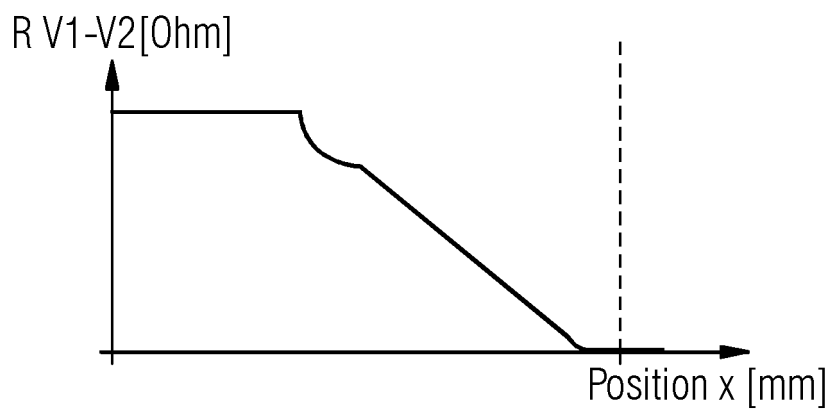


FIG 3A

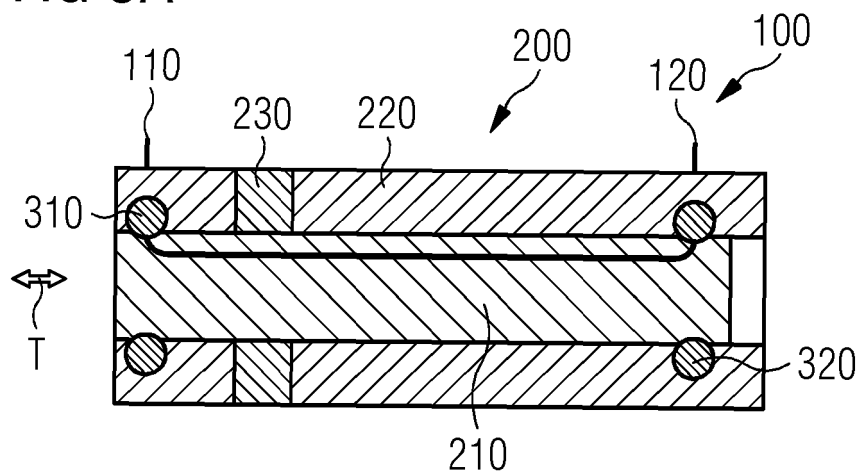


FIG 3B

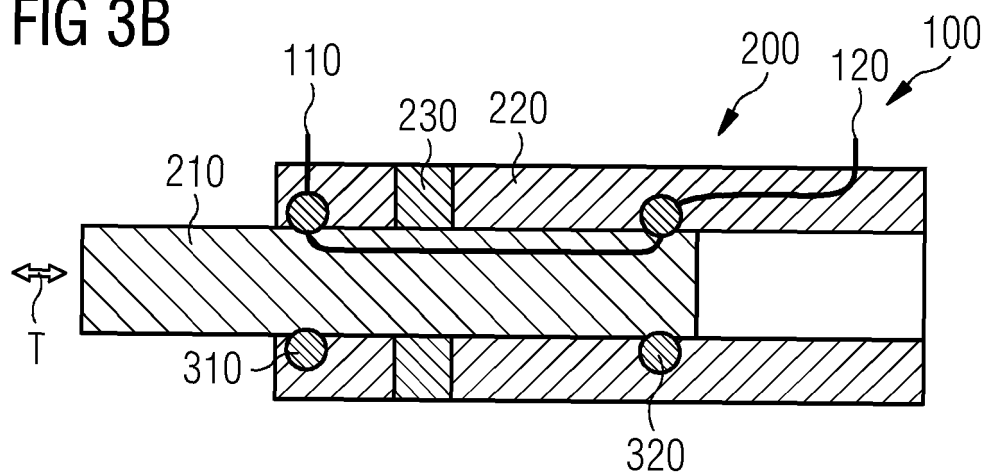


FIG 3C

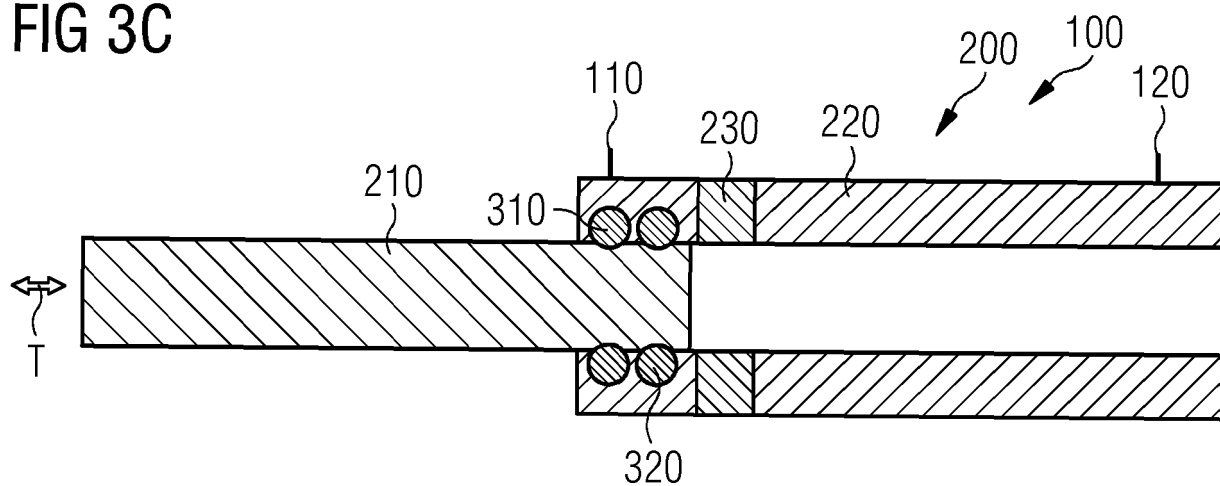


FIG 4A

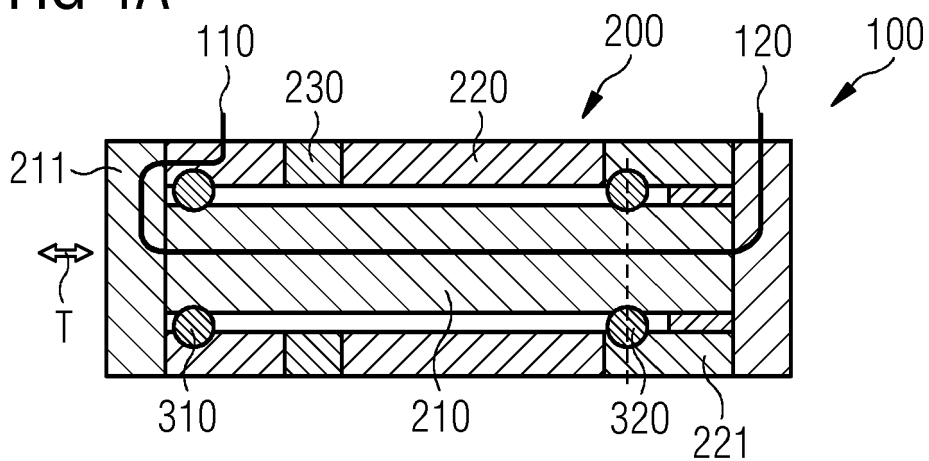


FIG 4B

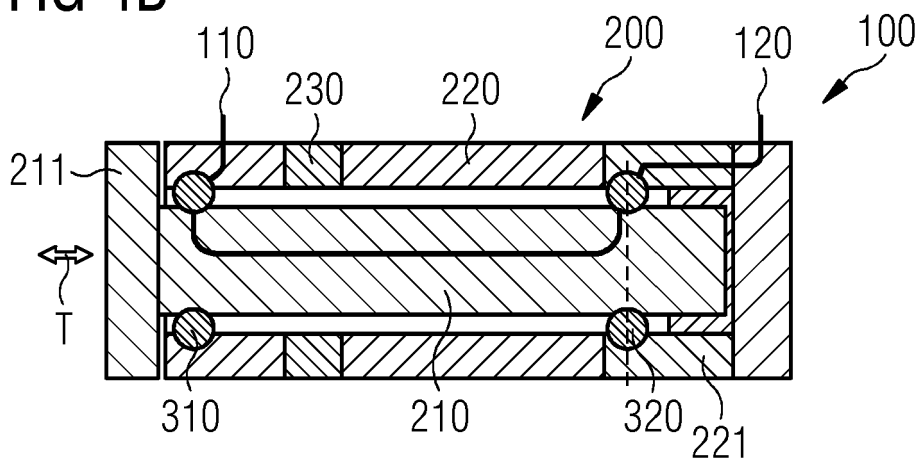


FIG 4C

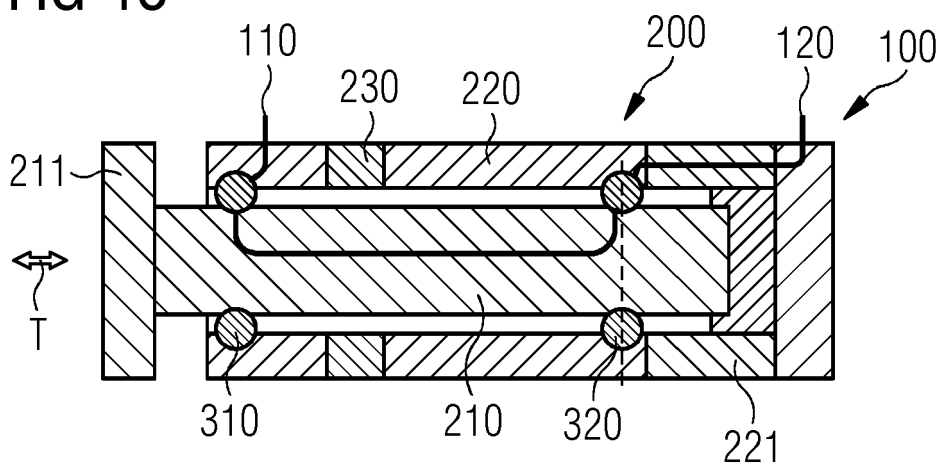


FIG 4D

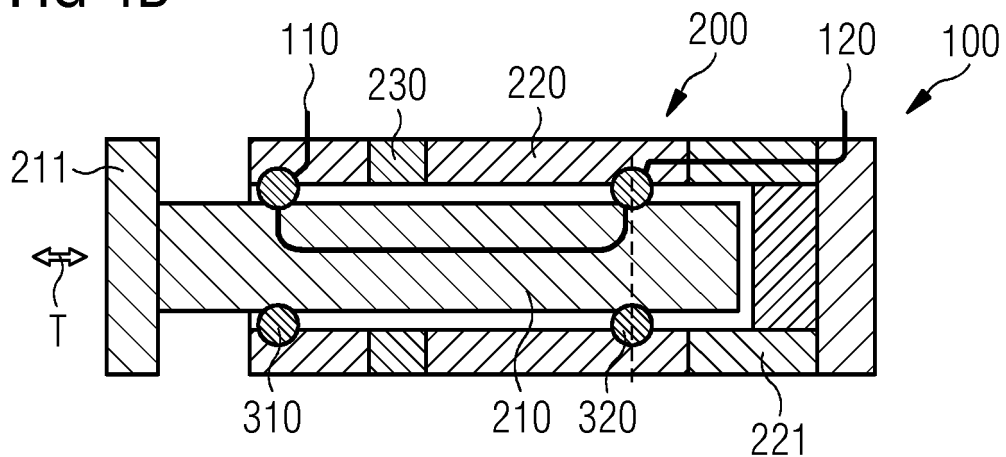


FIG 4E

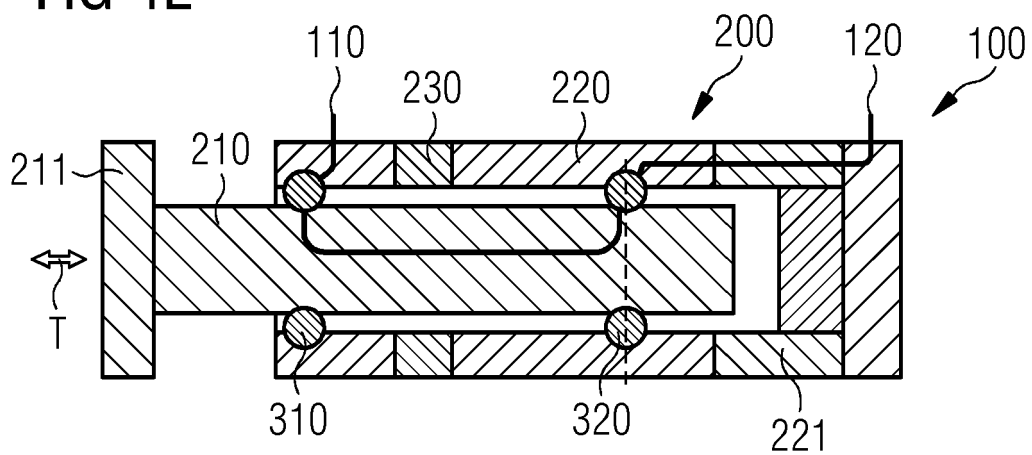


FIG 4F

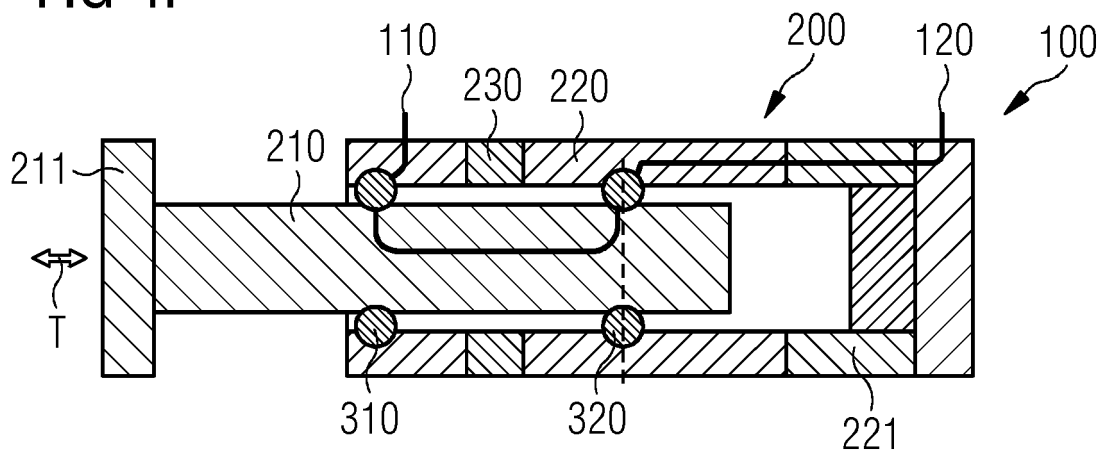


FIG 4G

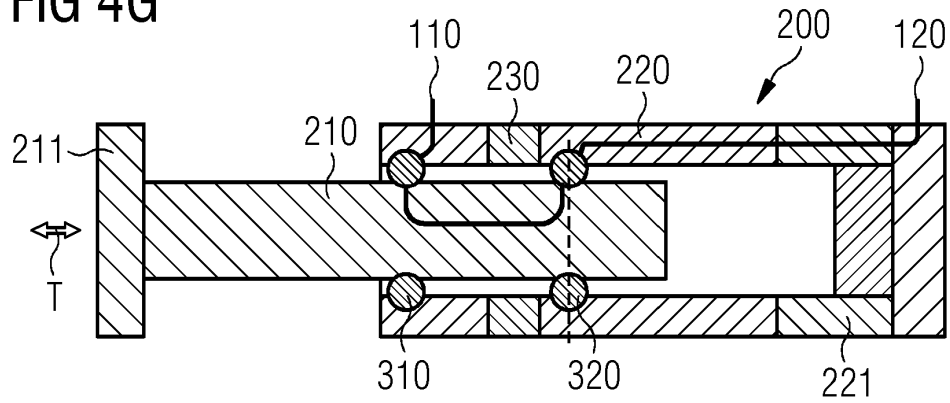


FIG 4H

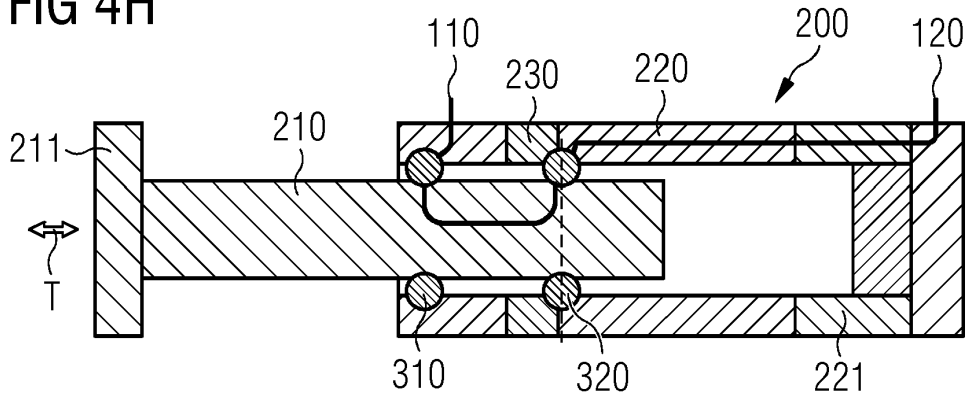


FIG 4I

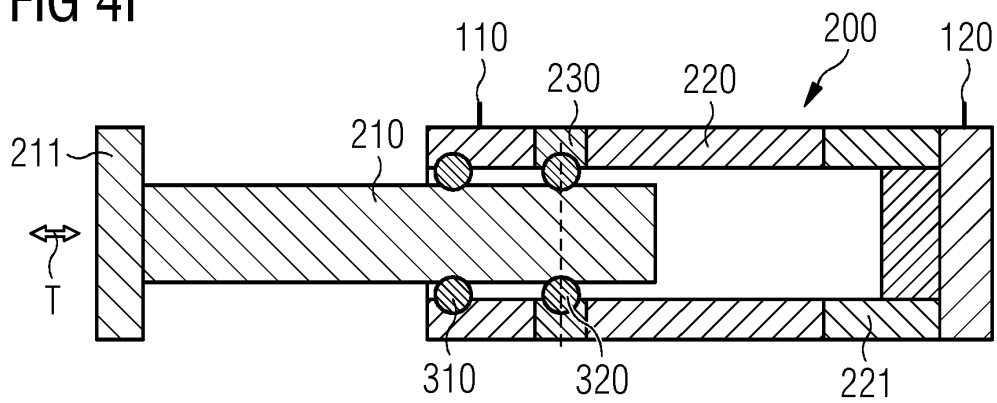


FIG 4J

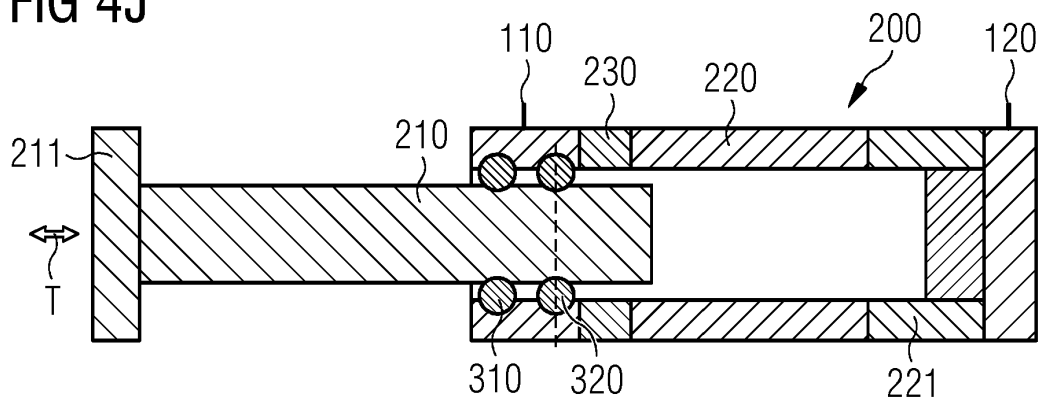


FIG 5A

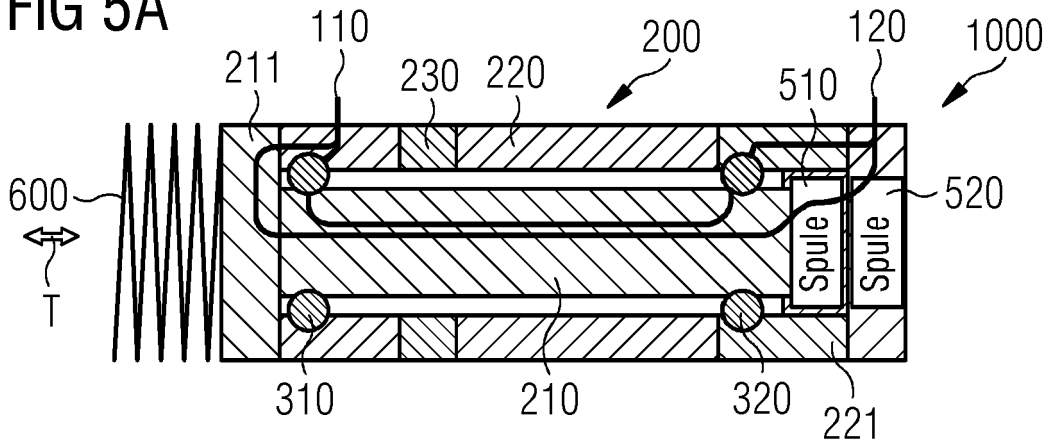


FIG 5B

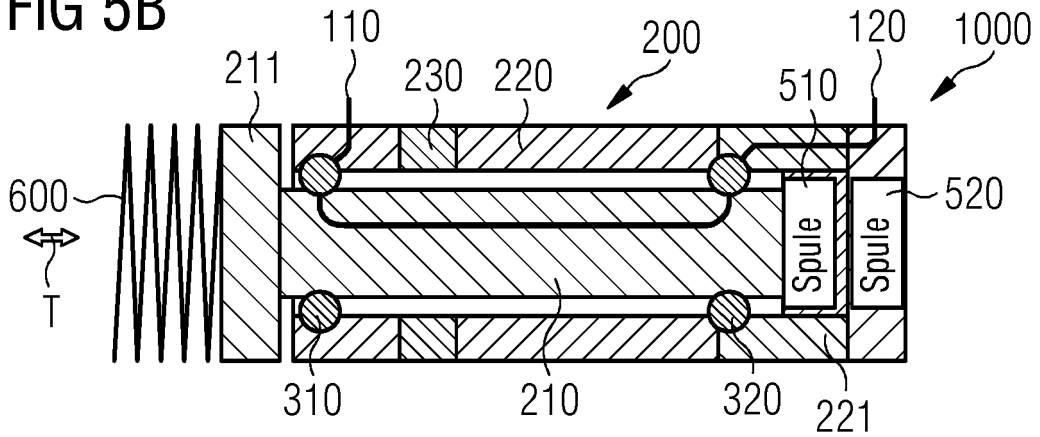


FIG 5C

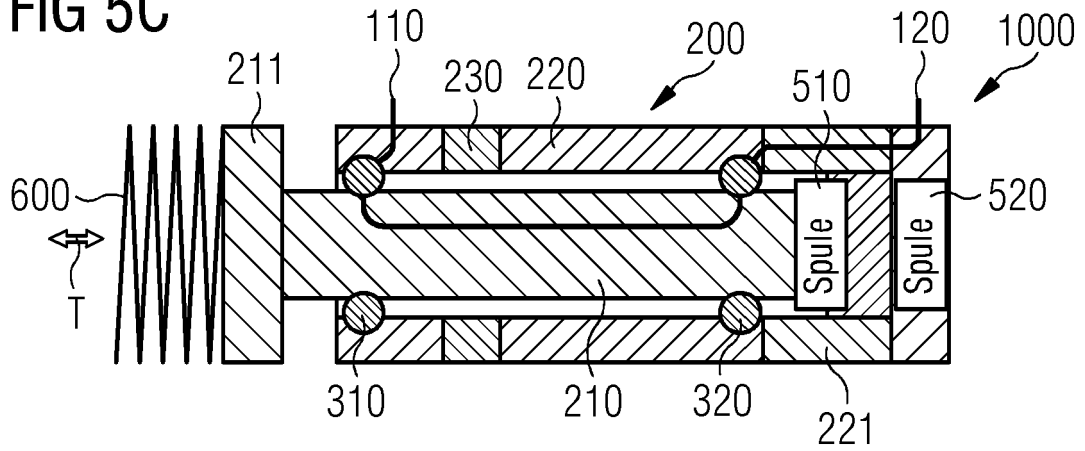


FIG 5D

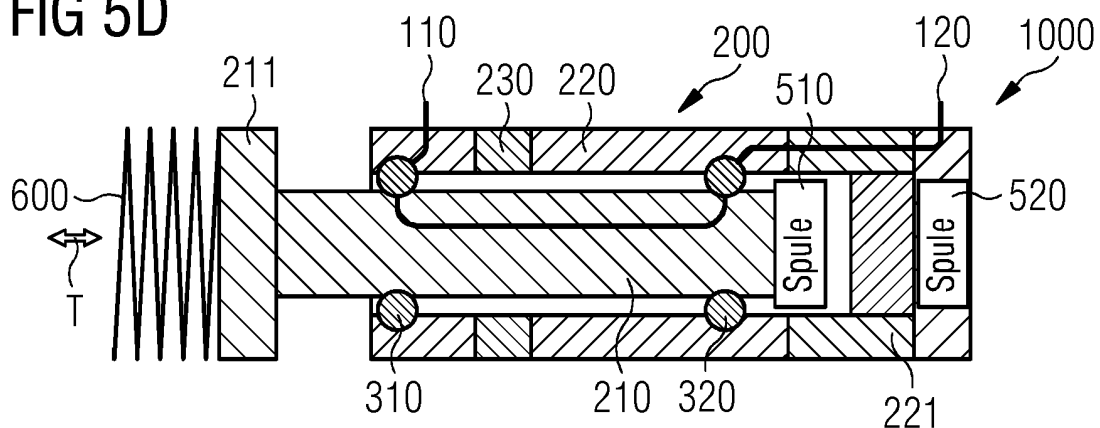


FIG 5E

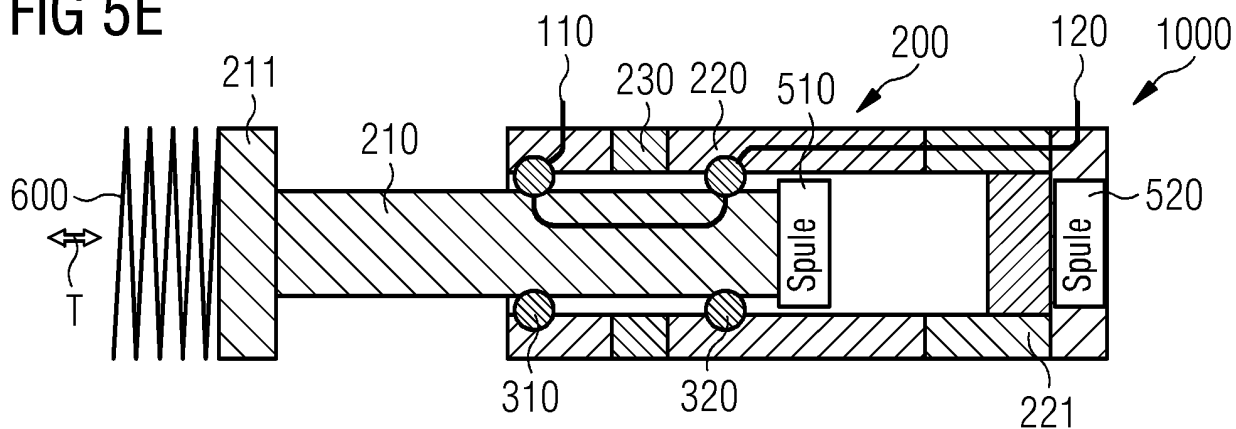


FIG 5F

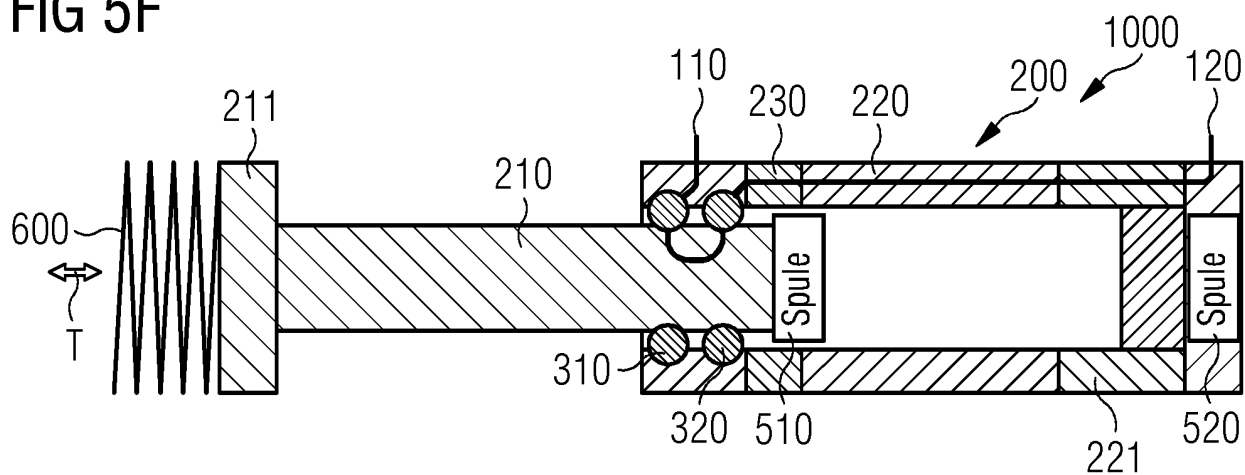


FIG 6A

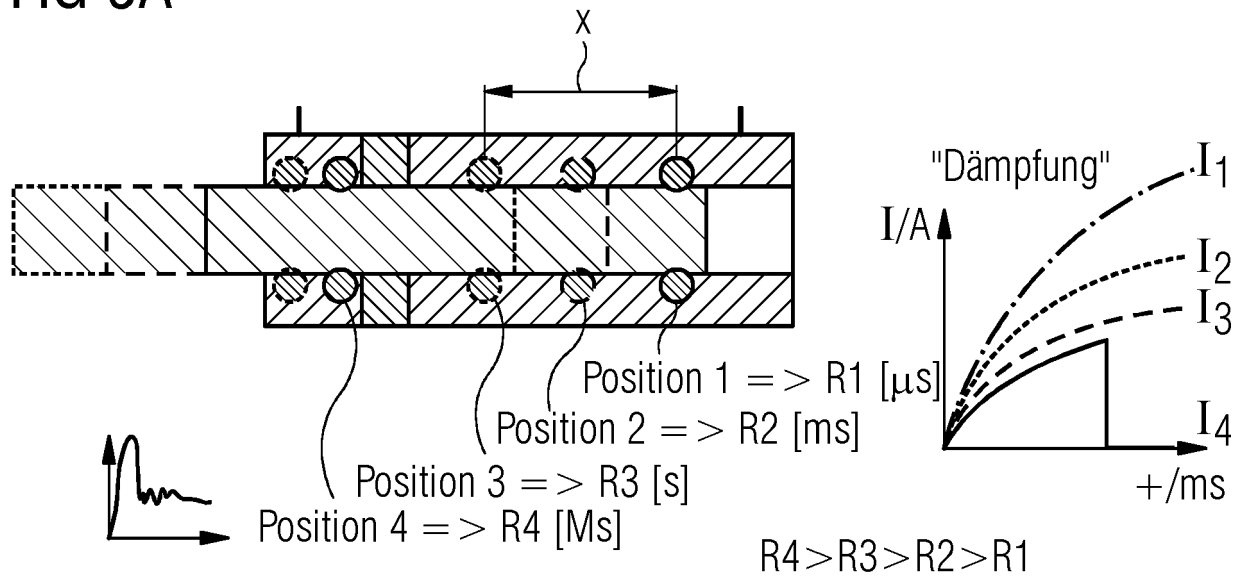


FIG 6B

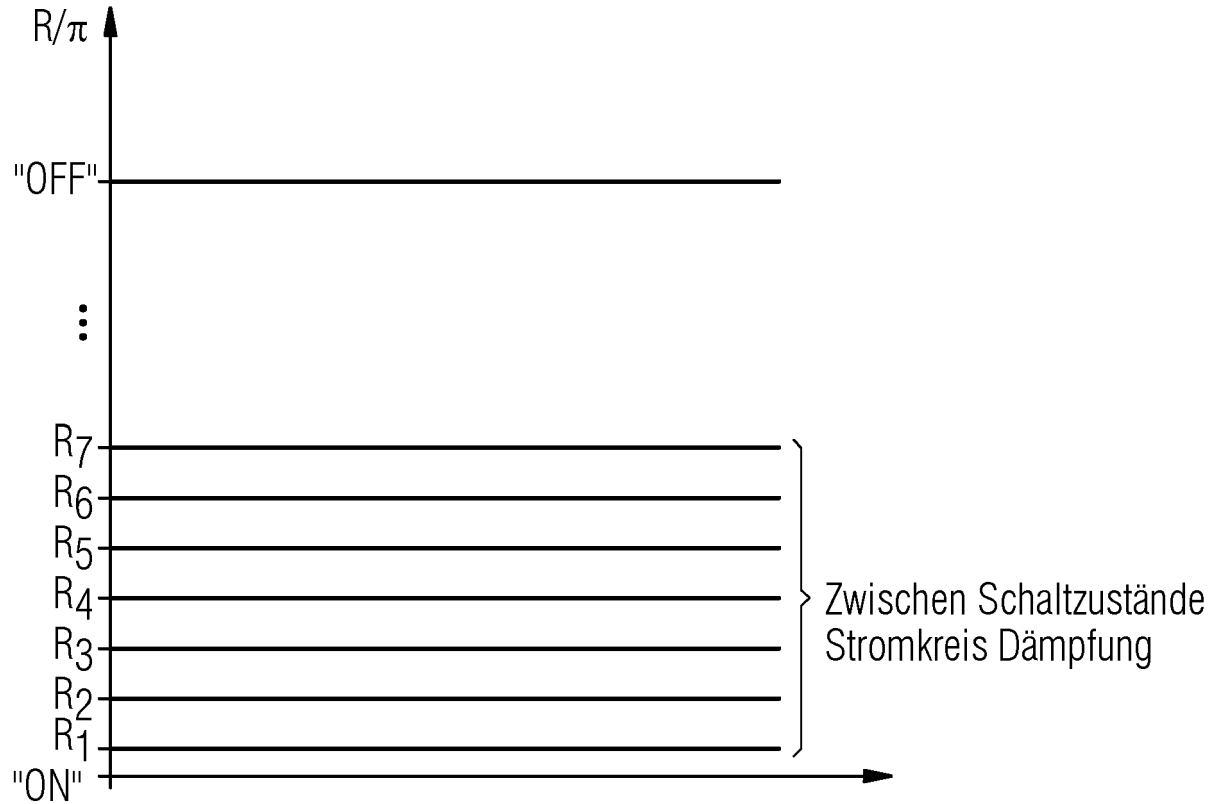


FIG 7

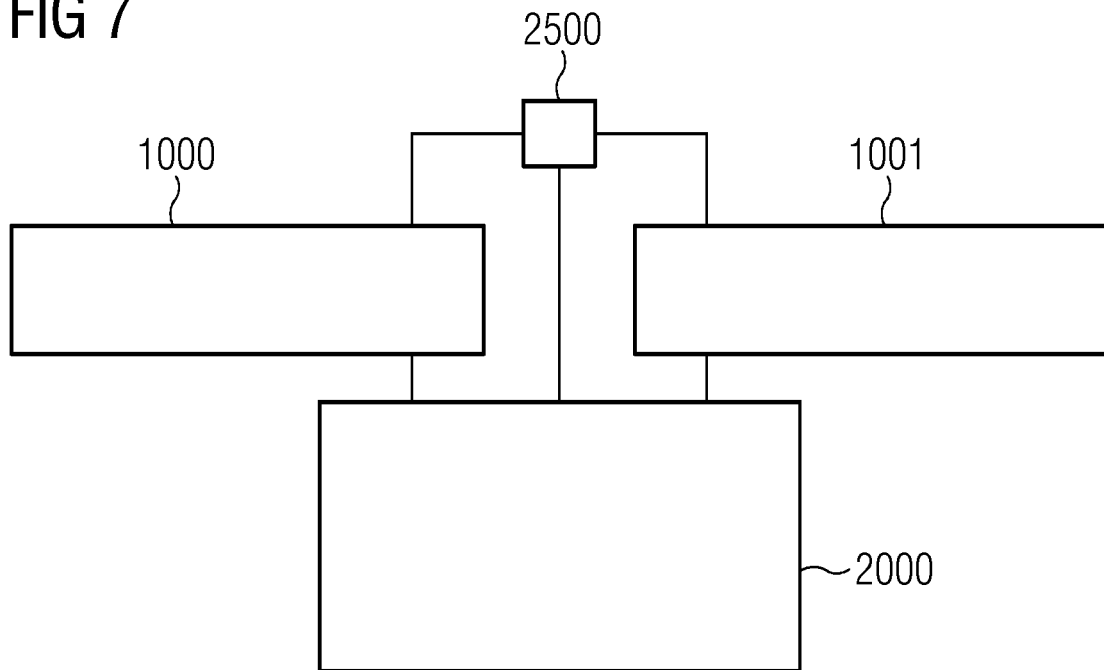


FIG 8

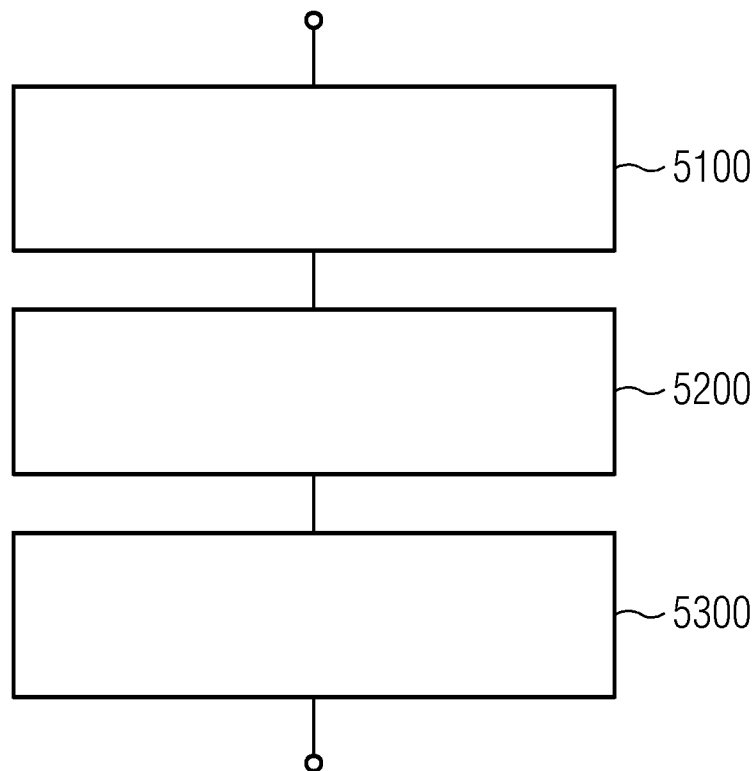


FIG 9A

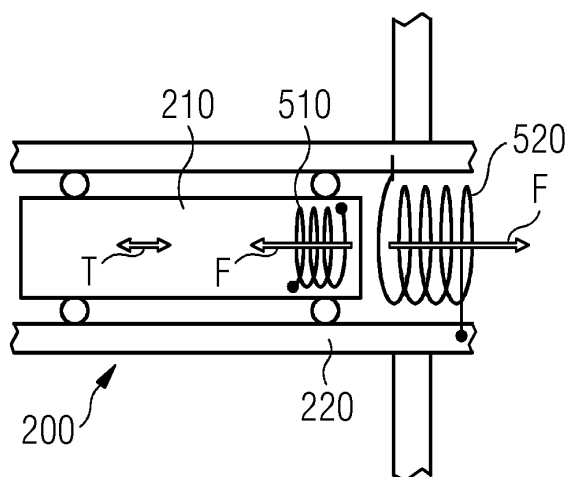


FIG 9B

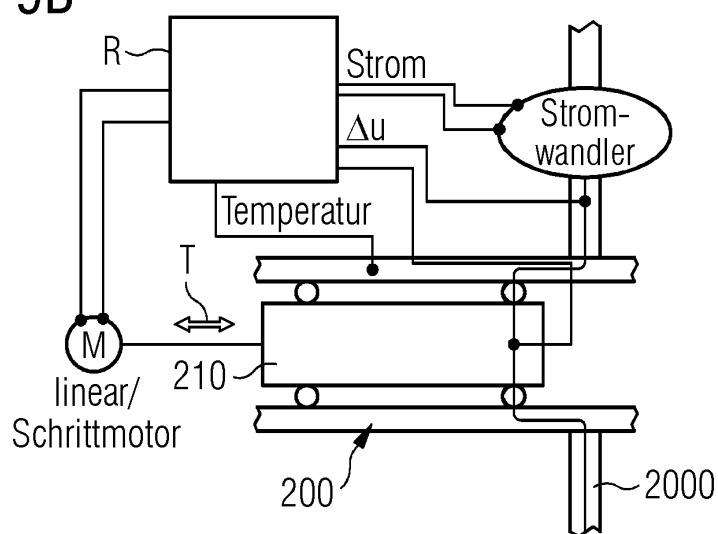
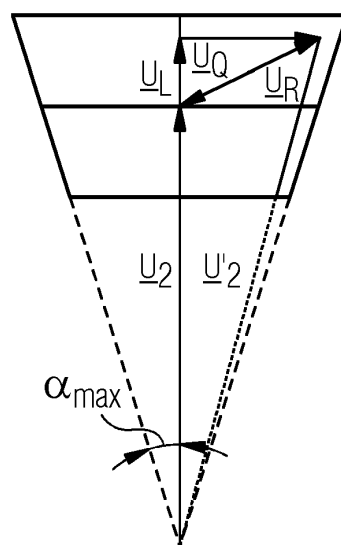


FIG 10



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 [0008]
- EP 3031062 A1 [0009]