



(11)

EP 1 577 904 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
22.02.2012 Patentblatt 2012/08

(51) Int Cl.:
H01B 17/28 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **04405151.4**

(22) Anmeldetag: **15.03.2004**

(54) **Hochspannungsdurchführung mit Feldsteuermaterial**

High voltage bushing with element for electric-field control

Traversée haute tension avec élément pour les contrôle du champ électrique

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.09.2005 Patentblatt 2005/38

(73) Patentinhaber: **ABB Research Ltd.
8050 Zürich (CH)**

(72) Erfinder:
• **Donzel, Lise**
5430 Wettingen (CH)
• **Greuter, Felix**
5406 Rütihof (CH)

• **Gramespacher, Hansjoerg**
5443 Niederrohrdorf (CH)

(74) Vertreter: **ABB Patent Attorneys**
C/o ABB Schweiz AG
Intellectual Property (CH-LC/IP)
Brown Boveri Strasse 6
5400 Baden (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-99/33065 GB-A- 842 039
US-A- 3 318 995 US-A- 4 272 642
US-B2- 6 534 721

EP 1 577 904 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

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Hoch- oder Mittelspannungstechnik, insbesondere auf elektrische Isolations- und Anschlusstechnik für geerdete Hochspannungsapparate. Sie geht aus von einer dielektrischen Durchföhrung und einem elektrischen Hochspannungsapparat gemäss Oberbegriff der unabhängigen Patentansprüche.

STAND DER TECHNIK

[0002] In der WO 02/065486 A1 wird ein Hochspannungsisolator z. B. aus Porzellan oder Verbundwerkstoff mit einer Beschichtung aus Feldsteuermaterial (FGM) offenbart. Die feldsteuernde Beschichtung besteht aus Varistorpulver, z. B. aus dotiertem Zinkoxid (ZnO), das in einer Polymermatrix eingebettet ist. Die FGM-Beschichtung dient zur Vergleichsmassigung der Feldverteilung an der Isolatoroberfläche und ist so verteilt, dass ein Teil des Materials sowohl mit der Erdelektrode als auch mit der Hochspannungselektrode in elektrischem Kontakt steht. Dabei kann auch die FGM-Beschichtung die Isolatorlänge nur teilweise abdecken und in den feldbelasteten Elektrodenregionen konzentriert angeordnet sein. Die FGM-Beschichtung kann auf der Isolatoroberfläche aufgebracht sein, kann dort in eine Abschirmung eingearbeitet sein oder kann durch eine wetterfeste, elektrisch isolierende Schutzschicht nach aussen abgeschirmt sein. Eine Vergleichsmässigung der kapazitiven Feldbelastung kann durch alternierende horizontale Streifen oder Bänder aus FGM-Beschichtung und Isolatormaterial realisiert werden.

[0003] Bei Porzellanisolatoren kann die FGM-Beschichtung in Form einer Glasur oder eines Farbanstrichs aufgebracht oder in einen Brei oder in Ton gemischt, auf den Porzellanisolator aufgebracht und dort zu einer Glasur oder einer Keramikschicht gebrannt werden. Alternativ kann die Matrix für die FGM-Beschichtung ein Polymer, ein Klebstoff, eine Gussmasse oder ein Mastix oder ein Gel sein.

[0004] In der EP 1 042 756 wird ein glasfaserverstärktes Isolatorrohr offenbart, das auf der Innenfläche und gegebenenfalls auch Aussenfläche mit einem Harz imprägniert ist, welches einen partikelförmigen Füllstoff mit Varistoreigenschaften, insbesondere Zinkoxid, aufweist. Das GFK-Rohr kann durch Wickeln eines Glasfasernetzes hergestellt werden, das zumindest an den äusseren Schichten mit dem varistorgefüllten Harz imprägniert wird.

[0005] Im Buch "The Electric Power Engineering Handbook" von L. L. Grigsby, CRC Press und IEEE Press, Boca Raton (2001) werden im Kapitel 3.13, "Electrical Bushings" von L. B. Wagenaar, S. 3-171 bis 3-184 verschiedene Typen elektrischer Durchföhrungen offenbart. Insbesondere wird in Fig. 3.151 eine Durchföhrung

mit einer erdseitigen, innerhalb des Isolatorrohrs angeordneten Abschirmelektrode angegeben. Durch die Abschirmelektrode wird im Bereich des erdseitigen Montageflansches eine Feldsteuerung derart erreicht, dass die stark feldbelastete Zone am Übergang von Flansch zu Isolator feldentlastet wird. Derartige innenliegende Abschirmelektroden sind in druckgasisolierten Durchföhrungen, z. B. in SF₆-isolierten oder luftisolierten Durchföhrungen, insbesondere für Hochspannungsniveau zwingend vorhanden. Innenliegende Abschirmelektroden sind auch für feststoffisolierte Durchföhrungen bekannt. Die Abschirmelektroden föhren jedoch zu grossen Durchmessern der Durchföhrungen. Zudem werden mit Abschirmelektroden nur relativ inhomogene Feldsteuerungen im Vergleich zu Kondensator-Durchföhrungen mit Öl- oder Harz-imprägniertem Papier erreicht. Dies muss durch grössere Bauhöhen für die Durchföhrungen kompensiert werden.

[0006] In der Broschüre von ABB Power Technology Products AB, "SF₆-air bushings, type GGA", Technical Guide, 1996-03-30 werden dielektrische Durchföhrungen offenbart, die mit internen Abschirmelektroden am Erdflansch und für höhere Spannungsniveaus zusätzlich auch am spannungsseitigen Flansch ausgerüstet sind.

[0007] In der DE 198 44 409 wird ein Isolator gezeigt, der insbesondere für dielektrische Durchföhrungen geeignet ist. Der Isolator umfasst wie üblich einen Isolatorkörper aus Porzellan oder Verbundwerkstoff und eine Beschirmung aus Porzellan oder Silikon. Die Beschirmung weist eine variable Isolatorschirmdicke auf. Zur Feldentlastung in einem Isolatorendbereich ist wiederum die bekannte Schirmelektrode zwischen Isolatorkörper und Stromleiter vorhanden. Es wird nun vorgeschlagen, in dem stark feldbelasteten Bereich, wo die Schirmelektrode endet, eine erhöhte Anzahl von Isolatorschirmen anzubringen. Durch die erhöhte Isolatorschirmdicke wird eine verbesserte Feldentlastung im Endbereich der Schirmelektrode erreicht.

[0008] Die Erfindung nimmt auf einen Stand der Technik Bezug, wie er aus dem U. S. Pat. No. 3,318,995 bekannt ist. Dort werden aus Giessharz gefertigte Durchföhrungen offenbart, die auch bei differentieller thermischer Ausdehnung oder schwindbedingter Hohlraum-bildung zwischen Metall und Giessharz elektrisch betriebssicher bleiben. Für diesen Zweck werden Gebiete mit erhöhter Rissbildungstendenz durch teilweise leitfähige oder halbleitende Feldabschirmungsschichten elektrisch abgeschirmt. Die Schichten sind entweder auf dem unter Hochspannung stehenden Innenleiter angeordnet und mit diesem endseitig elektrisch verbunden; oder sie sind auf Abschirmelektroden angeordnet und mit diesen endseitig elektrisch verbunden, wobei die Abschirmungselektroden ihrerseits mit dem auf Erdpotential liegenden Gehäuse des angeschlossenen Apparats elektrisch verbunden sind. Die Feldabschirmungsschichten schaffen einen feldfreien Raum zwischen sich selbst und Innenleiter oder sich selbst und Abschirmungselektrode und schirmen dort Hohlräume im Giessharz wirkungsvoll

ab.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0009] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine verbesserte dielektrische Durchföhrung sowie einen elektrischen Hochspannungsapparat und eine elektrische Schaltanlage mit einer solchen Durchföhrung anzugeben. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs gelöst.

[0010] Die Erfindung besteht in einer dielektrischen Durchföhrung, insbesondere einer Hochspannungsdurchföhrung für einen elektrischen Hochspannungsapparat, umfassend einen Isolator teil mit einem ersten Montageflansch und einem zweiten Montageflansch zur Montage der Durchföhrung, wobei innerhalb der Durchföhrung in einer Feldbelastungszone im Bereich des ersten Montageflansches eine für ein gewünschtes Spannungsniveau erforderliche Abschirmelektrode weggelassen ist und stattdessen zum Zwecke der Feldsteuerung in der Feldbelastungszone ein nichtlinear elektrisches und/oder dielektrisches Feldsteuerelement am Isolator teil im Bereich des ersten Montageflansches vorhanden ist und das Feldsteuerelement in elektrischem Kontakt mit dem ersten Montageflansch steht.

[0011] Durch die Erfindung kann also eine nach herkömmlichem technischen Verständnis für ein vorgebbares Spannungsniveau notwendig vorhandene Abschirmelektrode weggelassen werden. Dadurch werden vielfältige Vorteile erreicht. Durch Weglassen der bisher notwendig vorhandenen inneren Abschirmelektrode können dielektrische Durchföhrungen dünner, d. h. mit reduziertem Durchmesser gebaut werden. Die Grenzspannung, ab welcher eine konische Verbreiterung zum Erdflansch hin wirtschaftlicher ist, kann zu höheren Spannungsniveaus verschoben werden. Zylindrische Durchföhrungen sind günstiger herzustellen als konische. Die Gefahr elektrischer Überschlüge zwischen benachbarten Durchföhrungen ist reduziert und benachbarte Phasen können räumlicher näher zueinander oder zur Erde angeordnet werden. Schliesslich wird durch die erfindungsgemässe Feldentlastung durch Feldsteuer material im Flanschbereich eine bessere Feldsteuerung erreicht als durch die herkömmlich verwendete Abschirmelektrode. Die Durchföhrungen können deshalb auch kürzer gebaut werden. Insbesondere bei Pulsbelastung wird das E-Feld nämlich nicht mehr im Bereich der Abschirmelektrode während der ganzen Pulsdauer konzentriert, sondern kann sich als Welle entlang dem Feldsteuerelement ausbreiten und dabei abbauen. Zudem sind die maximalen Feldstärken reduziert.

[0012] In einem ersten Ausführungsbeispiel ist das Feldsteuer material hinsichtlich seiner nichtlinear elektrischen und/oder dielektrischen Eigenschaften, seiner geometrischen Gestalt und seiner Anordnung am Isolator teil zur dielektrischen Entlastung der Feldbelastungszone ohne Abschirmelektrode für alle Betriebszustände, insbesondere für Stossspannungen, ausgelegt. Das

Feldsteuerelement kann somit auch die kritischsten Feldbelastungszustände ohne Abschirmelektrode oder Abschirmelektroden meistern.

[0013] In Anspruch 3 werden Designkriterien zur elektrischen Auslegung des Feldsteuer materials angegeben, durch die eine vorteilhafte Feldsteuerung realisierbar ist.

[0014] In Anspruch 4 und 5 werden Designkriterien zur geometrischen Auslegung des Feldsteuerelements angegeben, durch die mit wenig Materialaufwand eine vorteilhafte Feldsteuerung erreichbar ist. Insbesondere kann eine minimal erforderliche Länge des Feldsteuerelements entlang der Längsausdehnung des Isolator teils gemäss Anspruch 5 festgelegt werden. Dadurch wird erreicht, dass sich die Feldbelastung insbesondere bei Stossspannung als Wanderwelle entlang dem Feldsteuerelement ausbreitet und dabei soweit abbaut, dass sich bei Erreichen des entfernten Endes des Feldsteuer materials keine schädlichen Feldstärken mehr ausbilden können.

[0015] Anspruch 6 gibt an, wie mit dem Feldsteuerelement auf einfache Weise Gleichstrom-Durchföhrungen gebaut werden können.

[0016] Das Ausführungsbeispiel gemäss Anspruch 7 hat den Vorteil, dass insbesondere die höchsten Feldbelastungen im Bereich des Erdflansches mit dem Feldsteuer material beherrschbar sind.

[0017] Die Ausführungsbeispiele gemäss Anspruch 8 und 9 haben den Vorteil, dass beide Flanschregionen durch die Feldsteuer materialien unabhängig voneinander vor Überschlügen oder Teilentladungen geschützt sind.

[0018] Anspruch 10 Merkmal a) gibt verschiedene radiale Positionen zur Anordnung des Feldsteuer materials am Isolator teil an. Anspruch 10 Merkmal b) hat den Vorteil, dass ein herkömmliches GFK-Rohr (glasfaserverstärkter Kunststoff) oder ein herkömmlicher Porzellanolator durch ein selbsttragendes FGM-Rohr (Feldsteuer material-Rohr) ersetzbar ist.

[0019] Anspruch 11 gibt vorteilhafte Materialkomponenten für das Feldsteuerelement an.

[0020] Ansprüche 12 und 13 betreffen einen elektrischen Hochspannungsapparat und eine elektrische Schaltanlage umfassend eine erfindungsgemässe Durchföhrung mit den oben genannten Vorteilen.

[0021] Weitere Ausführungen, Vorteile und Anwendungen der Erfindung ergeben sich aus abhängigen Ansprüchen sowie aus der nun folgenden Beschreibung und den Figuren.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0022]

Fig. 1a, 1b zeigen im Querschnitt konventionelle Hochspannungsdurchföhrungen gemäss Stand der Technik;

Fig. 2a-2d zeigen im Querschnitt Ausführungsfor-

- men einer FGM-Durchführung für ein GFK-Rohr mit Silikonbeschirmung und einer durchgehenden FGM-Beschichtung
- Fig. 2a einer erdseitigen FGM-Beschichtung
- Fig. 2b je einer unabhängigen erdseitigen und hochspannungsseitigen FGM-Beschichtung und
- Fig. 2c einer innenseitigen und aussenseitigen FGM-Beschichtung;
- Fig. 3a-3b zeigen im Querschnitt und in Draufsicht Ausführungsformen einer FGM-Durchführung für einen Porzellanisolator mit innenseitiger und optional aussenseitiger FGM-Beschichtung;
- Fig. 4 zeigt im Querschnitt eine Ausführungsform für ein selbsttragendes Feldsteuerelement mit einer Silikonbeschirmung;
- Fig. 5 zeigt für Blitzstosstests berechnete elektrische Oberflächen-Feldverteilungen $E(x)$ als Funktion der Ortskoordinate x entlang der Durchführung und als Funktion der Zeit für konventionelle Durchführungen (a, b, c) und für eine erfindungsgemässe FGM-Durchführung (D, E, F, G); und
- Fig. 6 zeigt eine unvorteilhafte Feldverteilung $E(x)$ bei zu kurzer Länge oder zu grosser Leitfähigkeit der FGM-Beschichtung.

[0023] In den Figuren sind gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0024] Fig. 1a zeigt eine herkömmliche gasisolierte dielektrische Durchführung 1, insbesondere eine Hochspannungsdurchführung 1 für einen elektrischen Hochspannungsapparat. Die Durchführung 1 umfasst einen Isolator 2; 2a, 2b mit einem ersten erdseitigen Montageflansch 4 zur Montage der Durchführung 1 an einem geerdeten Gehäuse 5 eines elektrischen Apparats (nicht dargestellt) und einen zweiten spannungsseitigen Montageflansch 8 zur Montage der Durchführung 1 an einem Hochspannungsteil (nicht dargestellt). Der Isolator 2; 2a, 2b weist im Inneren einen Gasraum 20 für ein Isolationsgas 20 auf. Der Gasraum 20 enthält ein dielektrisch isolierendes Gas 20, z. B. Luft, Druckluft, Stickstoff, SF_6 oder ähnliches Gas. Es kann auch ein Isolationsraum 20 zur Aufnahme einer Isolationsflüssigkeit 20 vorhanden sein. Die gasisolierte Durchführung 1 ist also hohl, typischerweise hohlzylindrisch, mit einer Achse 3a, zur Aufnahme eines elektrischen Teils 3 oder mindestens eines elektrischen Stromleiters 3 im Gasraum 20. Die Durchführung 1 dient in der Regel zum Anschluss des gekappten elektrischen Apparats auf Erdpotential 5 an ein Hoch- oder Mittelspannungsnetz. Bekanntermassen ist eine innenliegende Abschirmelektrode 6, 6a notwendigerweise vorhanden, um in der feldbelasteten Zone 7,

7a am unteren Erdflansch 4 eine Feldentlastung zu erreichen und Teilentladungen und Überschlüge zu vermindern oder zu vermeiden. Die Abschirmelektrode 6, 6a steht typischerweise in elektrischem Kontakt 46 mit dem Erdflansch 4. Sie ragt in den Gasraum 20 hinein und verjüngt sich im allgemeinen konisch nach oben. Sie bestimmt den Durchmesser der Durchführung 1 im Erdflanschbereich 4. Gestrichelt angedeutet ist eine weitere Abschirmelektrode 6, 6b, die in der feldbelasteten Zone 7, 7b am oberen spannungsseitigen Flansch 8 angeordnet sein kann. Auch diese ist oftmals konisch nach unten verjüngt und dient zur Feldsteuerung in der Feldbelastungszone 7, 7b.

[0025] Fig. 1b zeigt ein Beispiel einer feststoffisolierten Durchführung 1 gemäss Stand der Technik. Hier ist der Isolator 2, 2b als im Inneren vollvolumig gefüllter Harzkörper 2 mit einer optionalen Beschirmung 2b ausgeführt. Der Isolator 2, 2b weist also im Inneren einen Isolationsraum für ein Feststoffisolationsmaterial 20 auf. 3b und 3c bezeichnen die Stromanschlüsse. Der Isolator 2, 2b umgreift den Stromleiter 3. Zur Feldsteuerung ist wiederum eine Abschirmelektrode 6, 6a in der Feldbelastungszone 7, 7a am Erdflansch 4 vorhanden und ist mit dieser über eine Kontaktierung 46 elektrisch leitend verbunden.

[0026] Fig. 2a-2d und Fig. 3a-3b zeigen Ausführungsbeispiele für eine gasisolierte oder feststoffisolierte oder anderweitige isolierte dielektrische Durchführung 1', bei der erfindungsgemäss mindestens eine Abschirmelektrode 6; 6a, 6b ohne Einbusse an dielektrischer Festigkeit oder Zuverlässigkeit weggelassen wurde. Statt der Abschirmelektrode 6; 6a, 6b ist nämlich zum Zwecke der Feldsteuerung in der Feldbelastungszone 7; 7a, 7b ein nichtlinear elektrisches und/oder dielektrisches Feldsteuerelement 9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s am Isolator 2; 2a, 2b; 2c im Bereich des ersten Montageflansches 4 vorhanden. Das Feldsteuerelement 9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s dient anstelle der früher im Isolator 2; 2a, 2b; 2c angeordneten Abschirmelektrode 6; 6a, 6b zur dielektrischen Entlastung der Feldbelastungszone 7; 7a, 7b. Im folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele diskutiert.

[0027] Gemäss Fig. 2a ist das Feldsteuerelement 9 zur dielektrischen Entlastung der Feldbelastungszone 7 so ausgelegt, dass die Flanschregion 7 stressentlastet ist. Hierfür ist das Feldsteuerelement 9 in einer Zwischenschicht 22 zwischen dem GFK-Rohr (glasfaserverstärktem Kunststoff- und insbesondere Epoxy-Rohr) 2a und der Silikonbeschirmung 2b in Form einer zylindermantelförmigen Beschichtung 9 angeordnet. Insbesondere kann das Feldsteuerelement 9 durch irgendeinen bekannten Herstellungs- oder Verarbeitungsprozess, z. B. Giessen, Spritzen, Wickeln, Extrusion o. ä., auf die Aussenseite des GFK-Rohrs 2a aufgebracht sein.

[0028] Bevorzugt weist das Feldsteuerelement 9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s auf: nichtlinear elektrische Varistoreigenschaften und insbesondere eine kritische Feldstärke, die ein Varistor-Schaltverhalten des Feldsteuerelements 9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s charakterisiert; und/oder eine hohe Di-

elektrizitätskonstante ϵ , insbesondere $\epsilon > 30$, bevorzugt $\epsilon > 40$ und besonders bevorzugt $\epsilon > 50$.

[0029] Mit Vorteil steht das Feldsteuerelement 9 in elektrischem Kontakt mit dem ersten Montageflansch 4 und erstreckt sich über eine vorgebbare Länge l entlang einer Längserstreckung x des Isolatorteils 2; 2a, 2b. Es weist eine vorgebbare Dicke d oder Dickenverteilung $d(l)$ als Funktion der Länge l auf. Bevorzugt ist seine Länge l grösser oder gleich einem Verhältnis einer maximalen zu prüfenden Stossspannung, insbesondere einer Blitzstossspannung, zu der kritischen elektrischen Feldstärke. Diese Designüberlegung gilt mit Vorteil für alle Ausführungsbeispiele, wo die Abschirmelektrode 6a im Erdflanschbereich 7a durch das Feldsteuerelement 9; 9a; 9i, 9o ersetzt ist.

[0030] Gemäss Fig. 2b ist das Feldsteuermaterial 9, 9i auf einer Innenseite 21 des GFK-Rohrs 2a angeordnet und kann dort zusätzlich auch Oberflächenladungen abzubauen helfen. Die Länge l_1 ist hier beispielhaft so gewählt, dass die Feldsteuerschicht 9, 9i nicht in elektrischem Kontakt mit dem Gegenflansch 8 steht.

[0031] Gemäss Fig. 2c kann neben dem Feldsteuerelement 9; 9a ein weiteres Feldsteuerelement 9; 9b vorhanden sein, das ebenfalls geeignete nichtlineare elektrische und/oder dielektrische Eigenschaften, insbesondere solche wie zuvor für das Feldsteuerelement 9; 9a beschrieben, aufweist und das zusätzlich in einer Feldbelastungszone 7, 7b im Bereich des zweiten Montageflansches 8 über eine vorgebbare Länge l_1 ; l_2 und Dicke d oder $d(l_2)$ am Isolatorteil 2; 2a, 2b vorhanden ist. Insbesondere dient das weitere Feldsteuerelement 9; 9b als Ersatz für eine Abschirmelektrode 6b im Bereich des zweiten, hier des oberen, Montageflansches 8. Hier ist beispielhaft wieder eine Anordnung des Feldsteuerelements 9; 9a inklusive des weiteren Feldsteuerelements 9; 9b in der Zwischenschicht 22 gewählt. Bevorzugt steht das weitere Feldsteuerelement 9; 9b in elektrischem Kontakt mit dem zweiten Montageflansch 8 und/oder ist das weitere Feldsteuerelement 9; 9b durch eine feldsteuermaterialfreie Zone, die sich entlang der Längserstreckung des Isolatorteils 2; 2a, 2b erstreckt, vom Feldsteuerelement 9; 9a im Bereich des ersten Montageflansches 4 getrennt.

[0032] Gemäss Fig. 2d kann zugleich ein erstes Feldsteuerelement 9; 9o in der Zwischenschicht 22 zwischen GFK-Rohr 2a und Beschirmung 2b und ein zweites Feldsteuerelement 9, 9i auf der Innenseite 21 des GFK-Rohrs 2a im Erdflanschbereich 7a vorhanden sein. Dadurch wird eine weiter verbesserte Feldsteuerung erreicht. Das erste integrierte und das zweite innenliegende Feldsteuerelement 9o, 9i können aus gleichem oder anderem Feldsteuermaterial und insbesondere Varistormaterial hergestellt sein. Die zugehörigen Dicken d_o , d_i und Längen l_o , l_i können individuell ausgelegt sein. Beispielhaft ist $d_i > d_o$ und $l_i < l_o$ gewählt.

[0033] Fig. 3a und Fig. 3b zeigen ein Isolatorteil 2, 2c aus einem Porzellan-Hohlisolator 2c, der auf der Innenseite 21 mit der Feldsteuerschicht 9, 9i ausgestattet ist.

Optional kann zusätzlich auch auf der Aussenseite 23 eine Feldsteuermaterialbeschichtung 9o, z. B. in disjunkten horizontalen Streifen 9o, bevorzugt zwischen Isolatorschirmen 2c und insbesondere im unteren Erdflanschbereich 7a, vorhanden sein. Insgesamt kann also das Feldsteuermaterial 9; 9a, 9b; 9i, 9o in einer Beschichtung oder auch massiven Gestalt vorhanden sein, die auf einer Innenseite 21 und/oder integriert in einer Zwischenschicht 22 zwischen Bestandteilen 2a, 2b des Isolatorteils 2; 2a, 2b und/oder auf einer Aussenseite 23 des Isolatorteils 2; 2a, 2b; 2c angeordnet ist.

[0034] Gemäss Fig. 4 übernimmt das Feldsteuermaterial 9; 9s eine mechanisch tragende Funktion. Bevorzugt übernimmt das Feldsteuermaterial 9; 9s im Isolatorteil 2; 2b die ausschliessliche mechanisch selbsttragende Funktion, so dass ein herkömmliches selbsttragendes Kunststoffrohr 2a entfallen kann. Ein solches Feldsteuermaterial-Isolatorrohr 2; 2b inklusive 9s ist besonders einfach im Aufbau und besonders dünn im Durchmesser.

[0035] Für Gleichstromanwendungen soll das Feldsteuerelement 9; 9i, 9s gemäss Fig. 2a, Fig. 3a und Fig. 4 am Isolatorteil 2; 2a, 2b; 2c vollflächig und entlang einer Längserstreckung x des Isolatorteils 2; 2a, 2b; 2c durchgehend vorhanden sein und sowohl mit dem ersten Montageflansch 4; 8 als auch mit dem zweiten Montageflansch 8; 4 in elektrischem Kontakt stehen.

[0036] Eine bevorzugte Materialwahl für die Feldsteuermaterialien 9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s umfasst eine Matrix, die mit Mikrovaristorpartikeln und/oder Partikeln hoher Dielektrizitätskonstante gefüllt ist. Als Mikrovaristorpartikel kommen beispielsweise dotierte ZnO-Partikel, TiO_2 -Partikel oder SnO_2 -Partikel in Frage. Hohe Dielektrizitätskonstante weisen z. B. BaTiO_3 -Partikel oder TiO_2 -Partikel auf. Im Falle von ZnO-Mikrovaristorpartikeln werden diese typischerweise in einem Temperaturbereich von 800 °C bis 1200 °C gesintert. Nach einem Aufbrechen und gegebenenfalls Sieben des Sinterprodukts weisen die Mikrovaristorpartikel eine typische Teilchengrösse von kleiner als 125 μm auf. Die Matrix wird anwendungsspezifisch gewählt und kann z. B. ein Epoxy, Silikon, EPDM, Thermoplast, thermoplastisches Elastomer oder Glas umfassen. Die Befüllung der Matrix mit Mikrovaristorpartikeln kann beispielsweise zwischen 20 Volumen% und 60 Volumen% betragen.

[0037] Fig. 5 zeigt Berechnungen der E-Feldverteilung $E(x)$, normiert auf ein maximales E-Feld E_0 , als Funktion der Längenortsordinate x des Isolatorteils 2 und der Zeit, dargestellt durch sukzessive Momentaufnahmen a, b, c für eine herkömmliche Durchführung 1 mit Abschirmelektrode 6 gemäss Fig. 1 und D, E, F, G für eine erfindungsgemässe Durchführung 1'. Die Berechnungen wurden für eine SF_6 170 kV Durchführung mit GFK-Rohr 2a und Silikonbeschirmung 2b gemäss herkömmlichem Aufbau 1 oder erfindungsgemäsem Aufbau 1' gemacht. In Fig. 5 ist die elektrische Feldstärke $E(x)$ an der Grenzfläche Silikon - Luft während oder kurz nach Anlegen einer Blitzstossspannung dargestellt, mit Zeitverzögerungen von 0,5 μs / 2,2 μs / 20 μs für die Kurven a, b, c

und $0,5 \mu\text{s}$ / $1,0 \mu\text{s}$ / $5 \mu\text{s}$ / $20 \mu\text{s}$ für die Kurven D, E, F, G. Man erkennt deutlich, dass durch das neue Design der Durchführung 1' die E-Feldspitzen vermieden werden und zu jedem Zeitpunkt eine homogenere E-Feldverteilung erreicht wird. Zudem sind die Bereiche erhöhter Feldstärke nicht mehr ortsfest, was sich vorteilhaft auf das dielektrische Verhalten der Durchführung 1' auswirkt. Mit Hilfe der Feldberechnungen und der nichtlinear elektrischen und/oder dielektrischen Eigenschaften des Feldsteuerelements 9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s kann das Feldsteuerungs-Design der Durchführung 1' optimiert werden.

[0038] Fig. 6 zeigt eine ungenügende Auslegung, wobei das Feldsteuerelement 9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s eine zu hohe elektrische Leitfähigkeit aufweist oder die Länge l ; l_1 , l_2 zu kurz gewählt ist. Dadurch breitet sich das E-Feld entlang der Feldsteuerschicht 9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s aus, wird dabei aber nicht abgebaut, so dass am Ende der Feldsteuerschicht 9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s gleichwohl wieder eine Feldüberhöhung auftritt, die zu Teilentladungen, Überschlügen oder Durchschlägen führen kann. Wird andererseits eine zu niedrige elektrische Leitfähigkeit des Feldsteuermaterials 9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s gewählt, so kann das E-Feld nicht effektiv kontrolliert oder gesteuert werden. Für eine optimale Auslegung eines varistorartigen Feldsteuerelements 9; 9a; 9i, 9o; 9s im Erdflanschbereich 7, 7a kann die einfache, aber wirkungsvolle Regel angegeben werden, dass die Feldsteuerelementlänge l ; l_1 , l_2 grösser oder gleich einem Verhältnis einer Stossspannung zu der kritischen elektrischen Feldstärke zu wählen ist, die das Varistor-Schaltverhalten des Feldsteuerelements 9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s charakterisiert.

[0039] Verwendungen der erfindungsgemässen dielektrischen Durchführung 1' betreffen u.a. den Einsatz als Durchführung 1' in einem elektrischen Hochspannungsapparat, insbesondere einem Trenner, Freiluft-Leistungsschalter, Vakuumschalter, Dead Tank Breaker, Stromwandler, Spannungswandler, Transformator, Leistungskondensator oder Kabelendverschluss oder in einer elektrischen Schaltanlage für Hoch- oder Mittelspannung. Gegenstand der Erfindung ist auch ein elektrischer Hochspannungsapparat, insbesondere ein Trenner, Freiluft-Leistungsschalter, Dead Tank Breaker, Stromwandler, Spannungswandler, Transformator, Leistungskondensator oder Kabelendverschluss, bei dem eine dielektrische Durchführung 1' wie zuvor beschrieben vorhanden ist. Ebenso wird eine elektrische Schaltanlage, insbesondere eine Hoch- oder Mittelspannungsschaltanlage, umfassend einen solchen elektrischen Hochspannungsapparat beansprucht.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0040]

- 1 Konventionelle Hochspannungsdurchführung
- 1' FGM-Hochspannungsdurchführung
- 2 Selbsttragender Isolator

- 20 Isolation (fest, flüssig, gelartig, gasförmig), Epoxy, Schaumstoff, Öl, Luft, SF_6
- 21 Innenseite des Isolatorteils
- 22 Zwischenschicht des Isolatorteils
- 5 23 Aussenseite des Isolatorteils
- 2a GFK-Rohr (glasfaserverstärkter Kunststoff), glasfaserverstärktes Epoxy-Rohr
- 2b Aussenisolator, Beschirmung, Silikon-Beschirmung
- 10 2c Porzellanisolator
- 3 Stromleiter (auf Hochspannungspotential)
- 3a Mittelachse
- 3b Stromanschluss
- 3c Stromanschluss
- 15 4 Flansch (geerdet), Erdflansch
- 46 Kontaktierung zwischen Flansch und Abschirmelektrode
- 5 Gehäuse von Hochspannungsapparat
- 6 Abschirmelektrode
- 20 6a Abschirmelektrode, Erdungselektrode
- 6b Abschirmelektrode, Hochspannungselektrode
- 7 Stark feldbelastete Zone
- 7a Feldbelastungszone im Erdflanschbereich
- 7b Feldbelastungszone im Hochspannungsflanschbereich
- 25 8 Hochspannungsflansch
- 9 Feldsteuerndes Material, FGM, Varistormaterial, feldsteuernde Beschichtung
- 9a FGM im Erdflanschbereich
- 30 9b FGM im Hochspannungsflanschbereich
- 9i FGM auf Isolator-Innenfläche
- 9o FGM auf Isolator-Aussenfläche
- 9s selbsttragendes feldsteuerndes Isolatorrohr
- a konventionelle Durchführung, nach $0,5 \mu\text{s}$
- 35 b konventionelle Durchführung, nach $2,2 \mu\text{s}$
- c konventionelle Durchführung, nach $20 \mu\text{s}$
- D FGM-Durchführung, nach $0,5 \mu\text{s}$
- E FGM-Durchführung, nach $1,0 \mu\text{s}$
- 40 F FGM-Durchführung, nach $5 \mu\text{s}$
- G FGM-Durchführung, nach $20 \mu\text{s}$
- d, d(l) Dicke der feldsteuernden Beschichtung oder des feldsteuernden Rohrs
- d_i, d_o Dicke der feldsteuernden Innenschicht oder Aussenschicht
- 45 l Länge der feldsteuernden Beschichtung oder des feldsteuernden Rohrs
- l_1 , l_2 Länge der feldsteuernden Beschichtung im Erdflanschbereich oder Hochspannungsflanschbereich
- 50 E(x) elektrische Feldverteilung entlang Hochspannungsdurchführung
- E_o maximales elektrisches Feld, Normierungsfeld
- x Ortskoordinate entlang Längserstreckung der FGMDurchführung
- 55

Patentansprüche

1. Dielektrische Durchführung (1'), insbesondere Hochspannungsdurchführung (1') für einen elektrischen Hochspannungsapparat, umfassend einen Isolator-
 5 teil (2; 2a, 2b; 2c) mit einem ersten Montageflansch (4) und einem zweiten Montageflansch (8) zur Montage der Durchführung (1'), **dadurch gekennzeichnet, dass**
 - a) innerhalb der Durchführung (1') in einer Feldbelastungszone (7; 7a, 7b) im Bereich des ersten Montageflansches (4; 8) eine für ein gewünschtes Spannungsniveau erforderliche Abschirmelektrode (6; 6a, 6b) weggelassen ist,
 10
 - b) stattdessen zum Zwecke der Feldsteuerung in der Feldbelastungszone (7; 7a, 7b) ein nichtlinear elektrisches und/oder dielektrisches Feldsteuerelement (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) am Isolator-
 15 teil (2; 2a, 2b; 2c) im Bereich des ersten Montageflansches (4) vorhanden ist und
 - c) das Feldsteuerelement (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) in elektrischem Kontakt mit dem ersten Montageflansch (4) steht.
 20
2. Die Durchführung (1') nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Feldsteuerelement (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) hinsichtlich seiner nichtlinear elektrischen und/oder dielektrischen Eigenschaften, seiner geometrischen Gestalt und seiner Anordnung am Isolator-
 25 teil (2; 2a, 2b; 2c) zur dielektrischen Entlastung der Feldbelastungszone (7; 7a, 7b) ohne Abschirmelektrode (6; 6a, 6b) für alle Betriebszustände, insbesondere für Stossspannungen, ausgelegt ist.
 30
3. Die Durchführung (1') nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Feldsteuerelement (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) aufweist:
 35
 - a) nichtlinear elektrische Varistoreigenschaften und insbesondere eine kritische Feldstärke, die ein Varistor-Schaltverhalten des Feldsteuerelements (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) charakterisiert, und/oder
 40
 - b) eine hohe Dielektrizitätskonstante ϵ , insbesondere $\epsilon > 30$, bevorzugt $\epsilon > 40$ und besonders bevorzugt $\epsilon > 50$.
 45
4. Die Durchführung (1') nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Feldsteuerelement (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) sich über eine vorgebbare Länge (l ; l_1 , l_2) entlang einer Längserstreckung (x) des Isolator-
 50 teils (2; 2a, 2b; 2c) erstreckt und eine vorgebbare Dicke (d) oder Dickenverteilung ($d(1)$) als Funktion der Länge (l ; l_1 , l_2) aufweist.
 55
5. Die Durchführung (1') nach Anspruch 3, Merkmal a) 3 und 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Länge (l ; l_1 , l_2) grösser oder gleich einem Verhältnis einer maximalen zu prüfenden Stossspannung zu der kritischen elektrischen Feldstärke gewählt ist.
 5
6. Die Durchführung (1') nach Anspruch 3, Merkmal a) 3 oder 4, abhängig von Anspruch 3, Merkmal a) **dadurch gekennzeichnet, dass** das Feldsteuerelement (9; 9i, 9s) für Gleichstromanwendungen am Isolator-
 10 teil (2; 2a, 2b; 2c) vollflächig und entlang einer Längserstreckung (x) des Isolator-
 15 teils (2; 2a, 2b; 2c) durchgehend vorhanden ist und sowohl mit dem ersten Montageflansch (4) als auch mit dem zweiten Montageflansch (8) in elektrischem Kontakt steht.
 20
7. Die Durchführung (1') nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 - a) der erste Montageflansch (4) ein endseitiger Montageflansch (4) zur Montage der Durchführung (1') an einem geerdeten Gehäuse (5) eines elektrischen Apparats ist und/oder
 25
 - b) der zweite Montageflansch (8) ein spannungsseitiger Montageflansch (8) zur Montage der Durchführung (1') an einem Hochspannungsteil ist und/oder
 30
 - c) der Isolator-
 35 teil (2; 2a, 2b; 2c) im Inneren einen Isolationsraum für ein Feststoffisolationmaterial (20) oder für eine Isolationsflüssigkeit (20) oder einen Gasraum für ein Isolationsgas (20) aufweist.
 40
8. Die Durchführung (1') nach Anspruch 7, Merkmal a) und Anspruch 7, Merkmal b), **dadurch gekennzeichnet, dass**
 - a) ein weiteres Feldsteuerelement (9; 9b) vorhanden ist, das geeignete nichtlinear elektrische und/oder dielektrische Eigenschaften, insbesondere solche gemäss Anspruch 3, aufweist und in einer Feldbelastungszone (7; 7a, 7b) im Bereich des zweiten Montageflansches (8) über eine vorgebbare Länge (l , l_2) und Dicke (d , $d(l_2)$) am Isolator-
 45 teil (2; 2a, 2b; 2c) angeordnet ist und
 - b) insbesondere dass das weitere Feldsteuerelement (9; 9b) als Ersatz für eine Abschirmelektrode (6b) im Bereich des zweiten Montageflansches (8) dient.
 50
9. Die Durchführung (1') nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 - a) das weitere Feldsteuerelement (9; 9b) in elektrischem Kontakt mit dem zweiten Montageflansch (8; 4) steht und/oder
 55
 - b) das weitere Feldsteuerelement (9; 9b) durch eine feldsteuermaterialfreie Zone, die sich ent-
 60

lang der Längserstreckung des Isolatorteils (2; 2a, 2b) erstreckt, vom Feldsteuerelement (9; 9a; 9i, 9o) im Bereich des ersten Montageflansches (4) getrennt ist.

10. Die Durchführung (1') nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

a) das Feldsteuerelement (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) in einer Beschichtung oder massiven Gestalt vorhanden ist, die auf einer Innenseite (21) und/oder in einer Zwischenschicht (22) integriert zwischen Bestandteilen (2a, 2b) des Isolatorteils (2; 2a, 2b) und/oder auf einer Aussenseite (23), insbesondere dort in disjunkten horizontalen Streifen (9o), des Isolatorteils (2; 2a, 2b; 2c) vorhanden ist und/oder
b) das Feldsteuerelement (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) eine mechanisch tragende Funktion übernimmt und insbesondere dass das Feldsteuermaterial (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) im Isolatorteil (2; 2a, 2b; 2c) die ausschliessliche mechanisch selbsttragende Funktion übernimmt.

11. Die Durchführung (1') nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Feldsteuerelement (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) eine Matrix, insbesondere ein Epoxy, Silikon, EPDM, Thermoplast, thermoplastisches Elastomer oder Glas, umfasst und die Matrix

a) mit Mikrovaristorpartikeln, insbesondere dotierten ZnO-Partikeln, TiO₂-Partikeln oder SnO₂-Partikeln, gefüllt ist und/oder
b) mit Partikeln mit hoher Dielektrizitätskonstante, insbesondere mit BaTiO₃-Partikeln oder TiO₂-Partikeln, gefüllt ist.

12. Elektrischer Hochspannungsapparat, insbesondere Trenner, Freiluft-Leistungsschalter, Vakuumschalter, Dead Tank Breaker, Stromwandler, Spannungswandler, Transformator, Leistungskondensator oder Kabelendverschluss, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine dielektrische Durchführung (1') gemäss einem der vorangehenden Ansprüche vorhanden ist.

13. Elektrische Schaltanlage, insbesondere Hoch- oder Mittelspannungsschaltanlage, **gekennzeichnet durch** einen elektrischen Hochspannungsapparat nach Anspruch 12.

Claims

1. Dielectric bushing (1'), more particularly high-voltage bushing (1') for an electrical high-voltage apparatus, comprising an insulator part (2; 2a, 2b; 2c)

having a first mounting flange (4) and a second mounting flange (8) for mounting the bushing (1'), **characterized in that**

a) a screening electrode (6; 6a, 6b) required for a desired voltage level is omitted within the bushing (1') in a field loading zone (7; 7a, 7b) in the region of the first mounting flange (4; 8),
b) instead, for the purpose of field control in the field loading zone (7; 7a, 7b), a non-linearly electrical and/or dielectric field control element (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) is present on the insulator part (2; 2a, 2b; 2c) in the region of the first mounting flange (4), and
c) the field control element (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) is in electrical contact with the first mounting flange (4).

2. Bushing (1') according to Claim 1, **characterized in that** the field control element (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) is designed with regard to its non-linearly electrical and/or dielectric properties, its geometrical shape and its arrangement on the insulator part (2; 2a, 2b; 2c) for the dielectric load-relieving of the field loading zone (7; 7a, 7b) without a screening electrode (6; 6a, 6b) for all operating states, more particularly for surge voltages.

3. Bushing (1') according to either of the preceding claims, **characterized in that** the field control element (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) has:

a) non-linearly electrical varistor properties and more particularly a critical field strength which characterizes a varistor switching behaviour of the field control element (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s), and/or
b) a high dielectric constant ϵ , more particularly $\epsilon > 30$, preferably $\epsilon > 40$ and particularly preferably $\epsilon > 50$.

4. Bushing (1') according to any of the preceding claims, **characterized in that** the field control element (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) extends over a predeterminable length (l ; l_1 , l_2) along a longitudinal extent (x) of the insulator part (2; 2a, 2b; 2c) and has a predeterminable thickness (d) or thickness distribution ($d(l)$) as a function of the length (l ; l_1 , l_2).

5. Bushing (1') according to Claim 3, feature a), and Claim 4, **characterized in that** the length (l ; l_1 , l_2) is chosen to be greater than or equal to a ratio of a maximum surge voltage to be tested to the critical electric field strength.

6. Bushing (1') according to Claim 3, feature a), or Claim 4, dependent on Claim 3, feature a), **characterized in that** the field control element (9; 9i, 9s),

for DC applications, is present over the whole area on the insulator part (2; 2a, 2b; 2c) and continuously along a longitudinal extent (x) of the insulator part (2; 2a, 2b; 2c) and is in electrical contact both with the first mounting flange (4) and with the second mounting flange (8).

7. Bushing (1') according to any of the preceding claims, **characterized in that**

a) the first mounting flange (4) is an earth-side mounting flange (4) for mounting the bushing (1') on an earthed housing (5) of an electrical apparatus, and/or
b) the second mounting flange (8) is a voltage-side mounting flange (8) for mounting the bushing (1') on a high-voltage part, and/or
c) the insulator part (2; 2a, 2b; 2c) has in the interior an insulation space for a solid insulation material (20) or for an insulation liquid (20) or a gas space for an insulation gas (20).

8. Bushing (1') according to Claim 7, feature a), and Claim 7, feature b), **characterized in that**

a) a further field control element (9; 9b) is present, which has suitable non-linearly electrical and/or dielectric properties, more particularly those according to Claim 3, and is arranged in a field loading zone (7; 7a, 7b) in the region of the second mounting flange (8) over a predetermined length (l ; l_2) and thickness (d , $d(l_2)$) on the insulator part (2; 2a, 2b; 2c), and
b) more particularly **in that** the further field control element (9; 9b) serves as a replacement for a screening electrode (6b) in the region of the second mounting flange (8).

9. Bushing (1') according to Claim 8, **characterized in that**

a) the further field control element (9; 9b) is in electrical contact with the second mounting flange (8; 4), and/or
b) the further field control element (9; 9b) is separated from the field control element (9; 9a; 9i, 9o) in the region of the first mounting flange (4) by a field-control-material-free zone extending along the longitudinal extent of the insulator part (2; 2a, 2b).

10. Bushing (1') according to any of the preceding claims, **characterized in that**

a) the field control element (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) is present in a coating or solid configuration which is present on an inner side (21) and/or in an intermediate layer (22) in an integrated fashion

between components (2a, 2b) of the insulator part (2; 2a, 2b) and/or on an outer side (23), more particularly there in disjoint horizontal strips (9o), of the insulator part (2; 2a, 2b; 2c), and/or

b) the field control element (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) performs a mechanically supporting function, and more particularly **in that** the field control material (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) performs the exclusive mechanically self-supporting function in the insulator part (2; 2a, 2b; 2c).

11. Bushing (1') according to any of the preceding claims, **characterized in that** the field control element (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) comprises a matrix, more particularly an epoxy, silicone, EPDM, thermoplastic, thermoplastic elastomer or glass, and the matrix is filled

a) with microvaristor particles, more particularly doped ZnO particles, TiO_2 particles or SnO_2 particles, and/or

b) with particles having a high dielectric constant, more particularly with BaTiO_3 particles or TiO_2 particles.

12. Electrical high-voltage apparatus, more particularly disconnecter, outdoor circuit-breaker, vacuum interrupter, dead tank breaker, current converter, voltage converter, transformer, power capacitor or cable end seal, **characterized in that** a dielectric bushing (1') according to any of the preceding claims is present.

13. Electrical switchgear assembly, more particularly high- or medium-voltage switchgear assembly, **characterized by** an electrical high-voltage apparatus according to Claim 12.

Revendications

1. Traversée diélectrique (1'), en particulier traversée à haute tension (1') pour appareil électrique à haute tension, comprenant une partie isolante (2; 2a, 2b; 2c) dotée d'une première bride de montage (4) et d'une deuxième bride de montage (8) permettant de monter le passage (1'),
caractérisé en ce que

a) une électrode de blindage (6; 6a, 6b), nécessaire pour un niveau de tension souhaité, est supprimée à l'intérieur du passage (1'), dans une zone (7; 7a, 7b) sollicitée par le champ et située au niveau de la première bride de montage (4; 8),

b) au lieu de cette électrode de blindage, pour contrôler le champ dans la zone (7; 7a, 7b) sollicitée par le champ, un élément électriquement

- linéaire et/ou un élément diélectrique (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) sont prévus sur la partie isolante (2; 2a, 2b; 2c) au niveau de la première bride de montage (4) et
c) l'élément (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) de contrôle du champ est en contact électrique avec la première bride de montage (4).
2. Passage (1') selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les propriétés électriques non linéaires et/ou les propriétés diélectriques, la configuration géométrique et l'agencement sur la partie isolante (2; 2a, 2b; 2c) de l'élément (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) de commande du champ sont conçus pour délester diélectriquement la zone (7; 7a, 7b) sollicitée par le champ et ce sans électrode de blindage (6; 6a, 6b) pour tous les états de fonctionnement et en particulier pour les pics de tension.
3. Passage (1') selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) de contrôle du champ présente :
- a) les propriétés électriques non linéaires d'un varistor et en particulier une intensité critique de champ qui caractérise un comportement de commutation de varistor de l'élément (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) de contrôle du champ et/ou
b) une haute constante diélectrique ϵ , en particulier $\epsilon > 30$, de préférence $\epsilon > 40$ et de façon particulièrement préférable $\epsilon > 50$.
4. Passage (1') selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) de contrôle du champ s'étend sur une longueur prédéterminée (l ; l_1 , l_2) sur l'extension longitudinale (x) de la partie isolante (2; 2a, 2b; 2c) et présente une épaisseur prédéterminée (d) ou une répartition d'épaisseur ($d(l)$) qui est fonction de la longueur (l ; l_1 , l_2).
5. Passage (1') selon la revendication 3, caractéristique a et la revendication 4, **caractérisé en ce que** la longueur (l ; l_1 , l_2) est supérieure ou égale au rapport entre le pic de tension maximum à tester et l'intensité électrique critique.
6. Passage (1') selon la revendication 3, caractéristique a ou la revendication 4 dans la mesure où elle dépend de la revendication 3, caractéristique a 4, **caractérisé en ce que** pour les applications en courant continu, l'élément (9; 9i, 9s) de contrôle du champ est prévu sur toute la surface de la partie isolante (2; 2a, 2b; 2c), est continu le long de l'extension longitudinale (x) de la partie isolante (2; 2a, 2b; 2c) et est en contact électrique à la fois avec la première bride de montage (4) et avec la deuxième bride de montage (8).
7. Passage (1') selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**
- a) la première bride de montage (4) est une bride de montage (4) côté terre destinée à monter le passage (1') sur le boîtier (5) raccordé à la terre d'un appareil électrique,
b) la deuxième bride de montage (8) est une bride de montage (8) côté tension destinée à monter le passage (1') sur une partie à haute tension et/ou
c) la partie isolante (2; 2a, 2b; 2c) présente à l'intérieur un espace d'isolation pour un matériau isolant solide (20) ou pour un isolant liquide (20), ou un espace de gaz pour un gaz isolant (20).
8. Passage (1') selon la revendication 7, caractéristique a et la revendication 7, caractéristique b, **caractérisé en ce que**
- a) un autre élément (9; 9b) de contrôle du champ est prévu et présente des propriétés électriques non linéaires et/ou des propriétés diélectriques appropriées, en particulier celles définies dans la revendication 3, et est disposé dans une zone (7; 7a, 7b) de sollicitation par le champ au niveau de la deuxième bride de montage (8), sur une longueur prédéterminée (l ; l_2) et une épaisseur (d , $d(l_2)$) sur la partie isolante (2; 2a, 2b; 2c) et b) en particulier le deuxième élément (9; 9b) de contrôle du champ sert à remplacer une électrode de blindage (6b) au niveau de la deuxième bride de montage (8).
9. Passage (1') selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** :
- a) l'autre élément (9; 9b) de contrôle du champ est en contact électrique avec la deuxième bride de montage (8; 4) et/ou
b) l'autre élément (9; 9b) de contrôle du champ est séparé de l'élément (9; 9a; 9i, 9o) de contrôle du champ au niveau de la première bride de montage (4) par une zone exempte de matériau de contrôle du champ, qui s'étend le long de l'extension longitudinale de la partie isolante (2; 2a, 2b).
10. Passage (1') selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**
- a) l'élément (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) de contrôle du champ est prévu sous la forme d'un revêtement ou sous forme massive et est intégré sur un côté intérieur (21) et/ou dans une couche intermédiaire (22) entre les composants (2a, 2b) de la partie isolante (2; 2a, 2b), et/ou est prévu sur un

côté extérieur (23), en particulier sous la forme de bandes horizontales (9o) disjointes, de la partie isolante (2; 2a, 2b; 2c), et/ou **en ce que** b) l'élément (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) de contrôle du champ assure une fonction de support mécanique et en particulier le matériau (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) de contrôle du champ assure la fonction d'auto-support exclusivement mécanique dans la partie isolante (2; 2a, 2b; 2c).

5

10

11. Passage (1') selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) de contrôle du champ comporte une matrice, en particulier un époxy, un silicone, un EPDM, un thermoplastique, un élastomère thermoplastique ou du verre, et **en ce que** la matrice est remplie de :

15

a) particules de microvaristor, en particulier des particules dopées de ZnO, de TiO₂ ou de SnO₂ et/ou

20

b) est remplie de particules à haute constante diélectrique, en particulier de particules de BaTiO₃ ou de particules de TiO₂.

12. Appareil électrique à haute tension, en particulier disjoncteur, commutateur de puissance à l'air libre, commutateur sous vide, rupteur à cuve morte, convertisseur de courant, convertisseur de tension, transformateur, condensateur de puissance ou borne de fin de câble, **caractérisé en ce qu'il** présente un passage diélectrique (1') selon l'une des revendications précédentes.

25

30

13. Installation de commutation électrique, en particulier installation de commutation électrique à haute ou moyenne tension, **caractérisée par** un appareil électrique à haute tension selon la revendication 12.

35

40

45

50

55

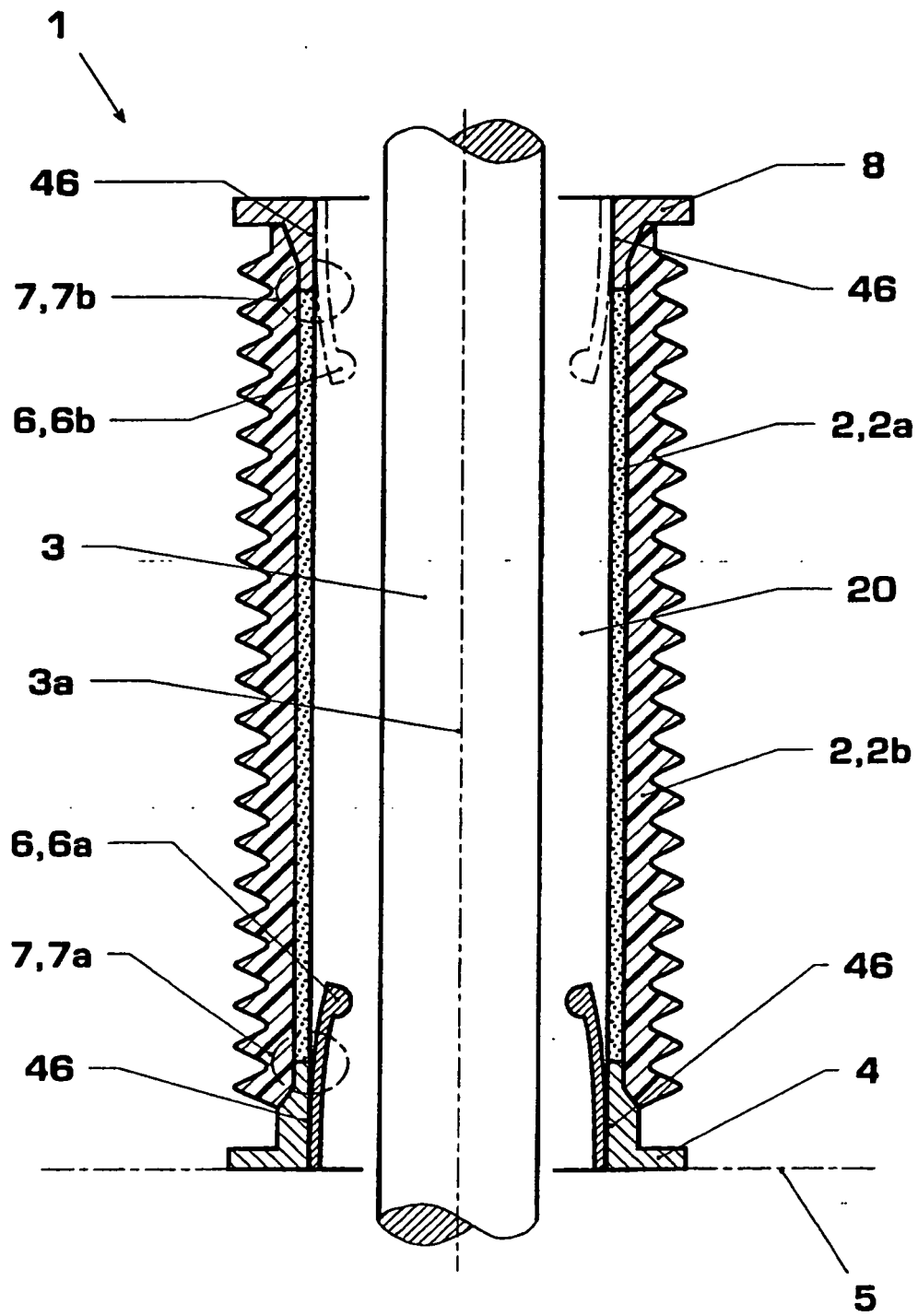


Fig. 1a

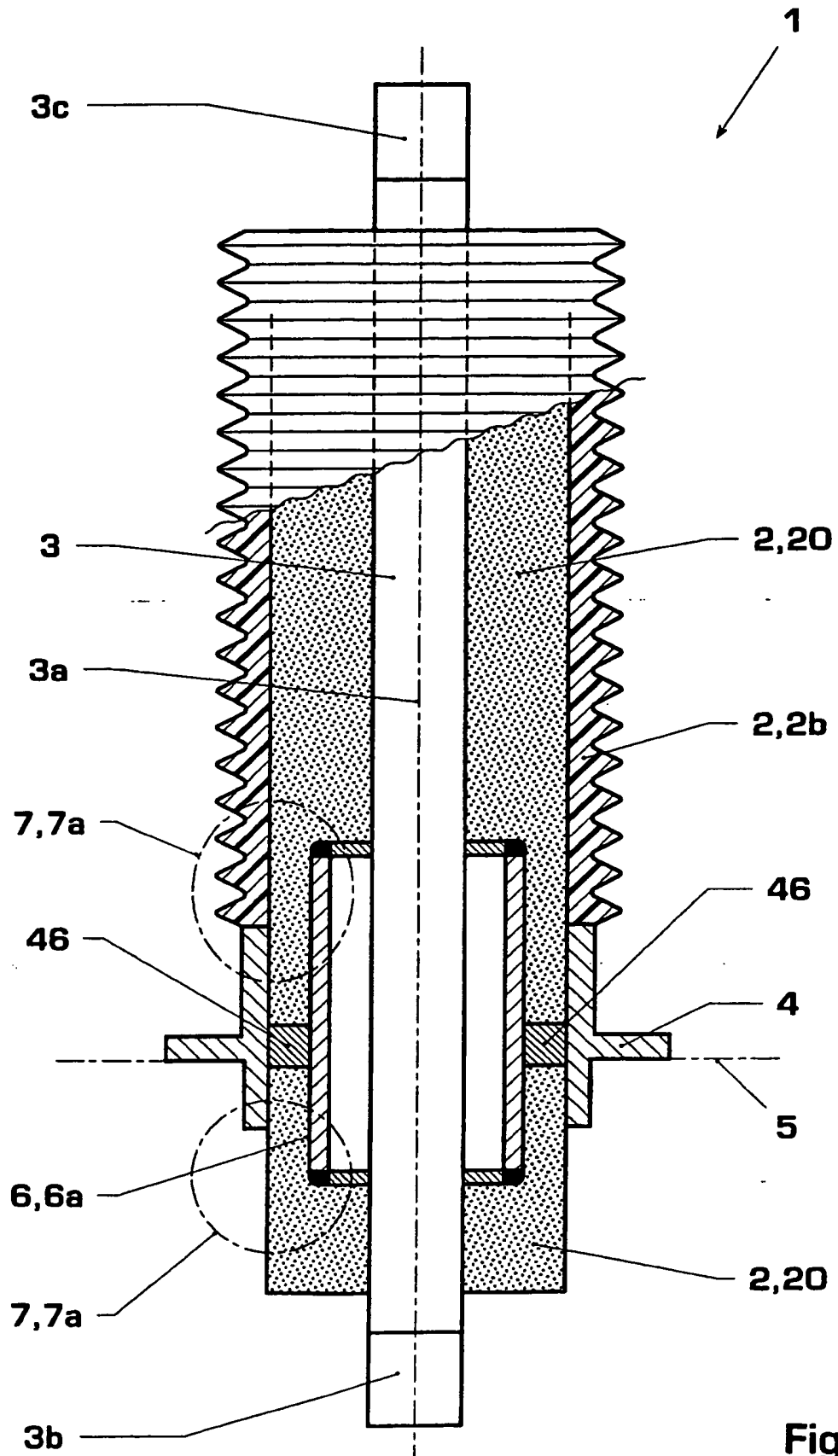


Fig. 1b

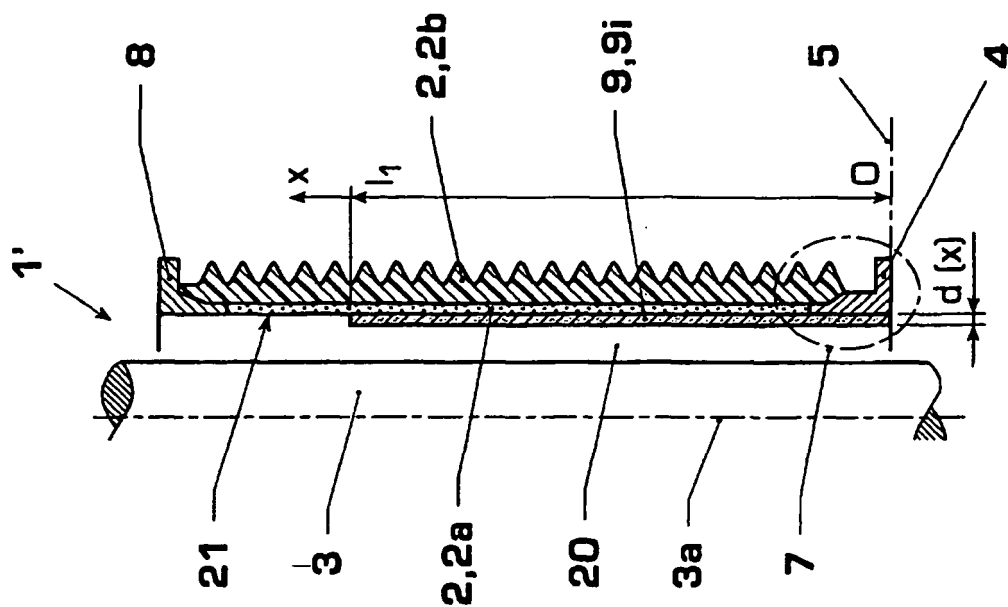


Fig. 2b

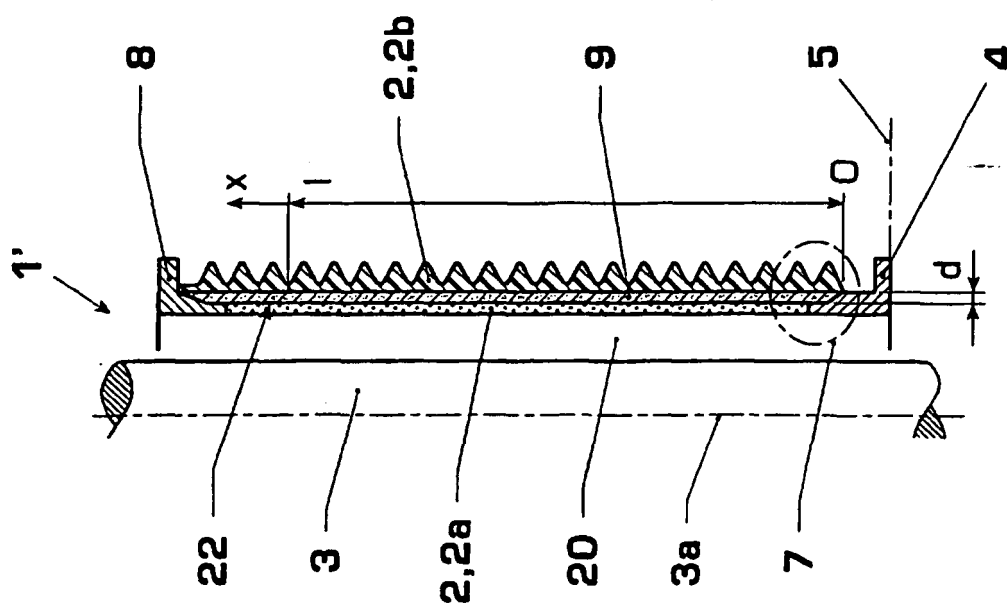


Fig. 2a

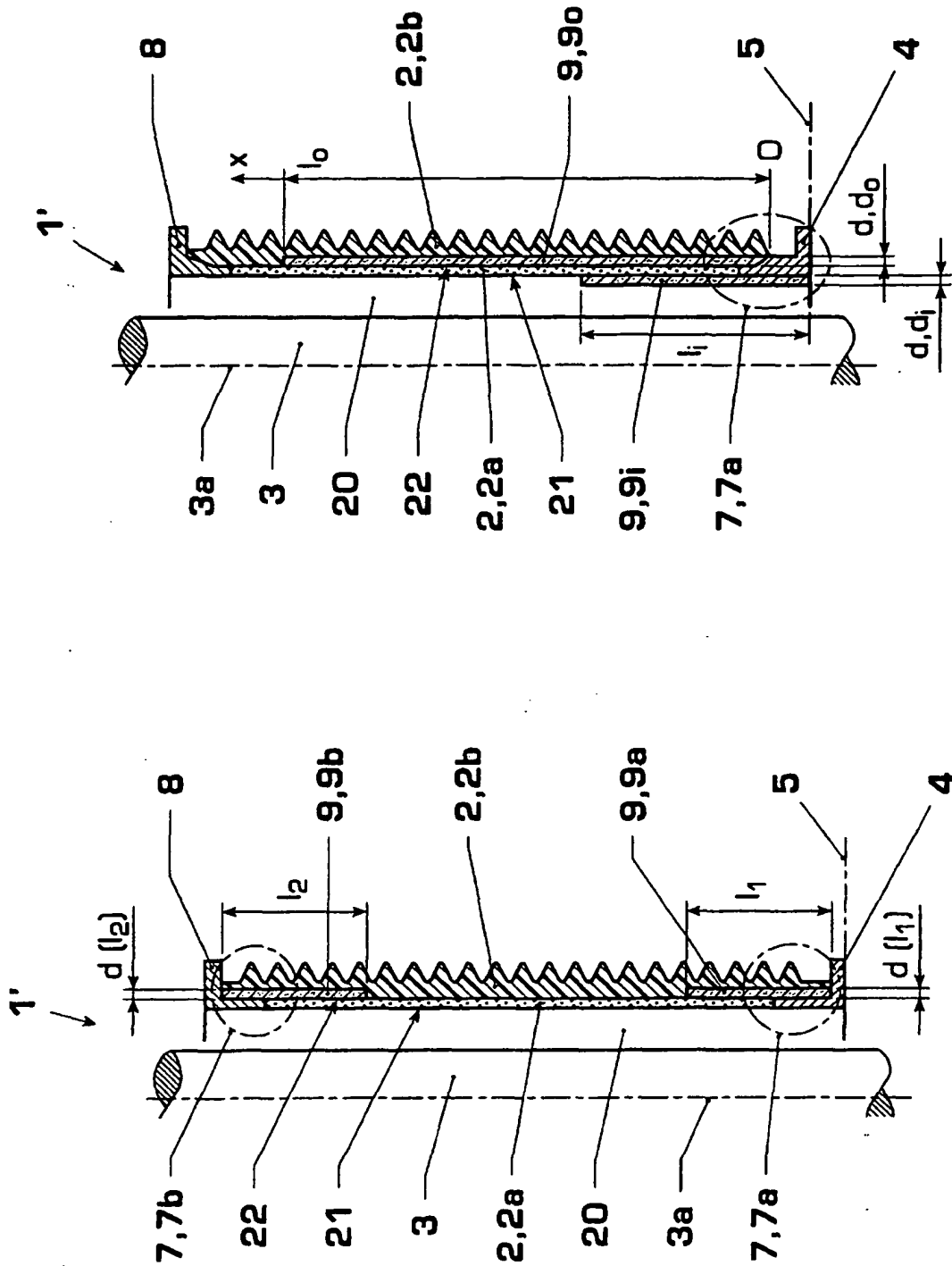


Fig. 2d

Fig. 2c

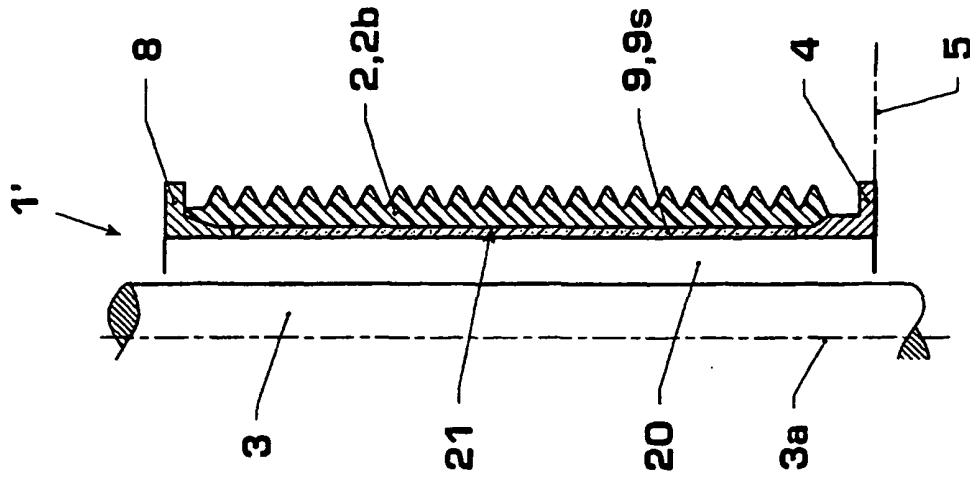


Fig. 4

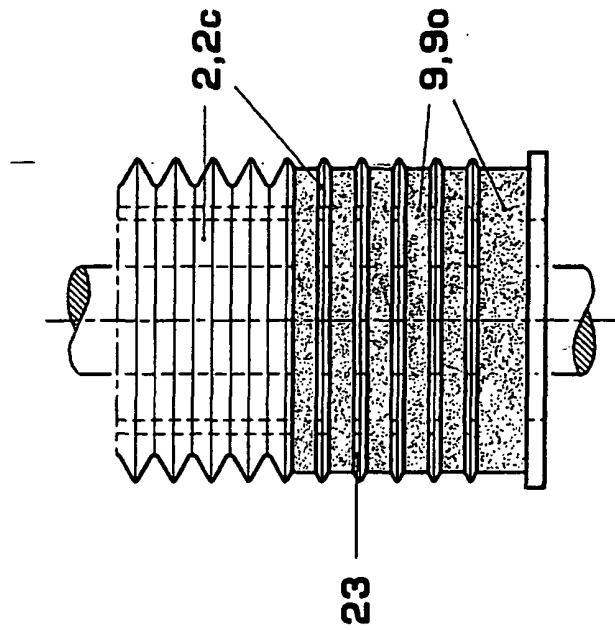


Fig. 3b

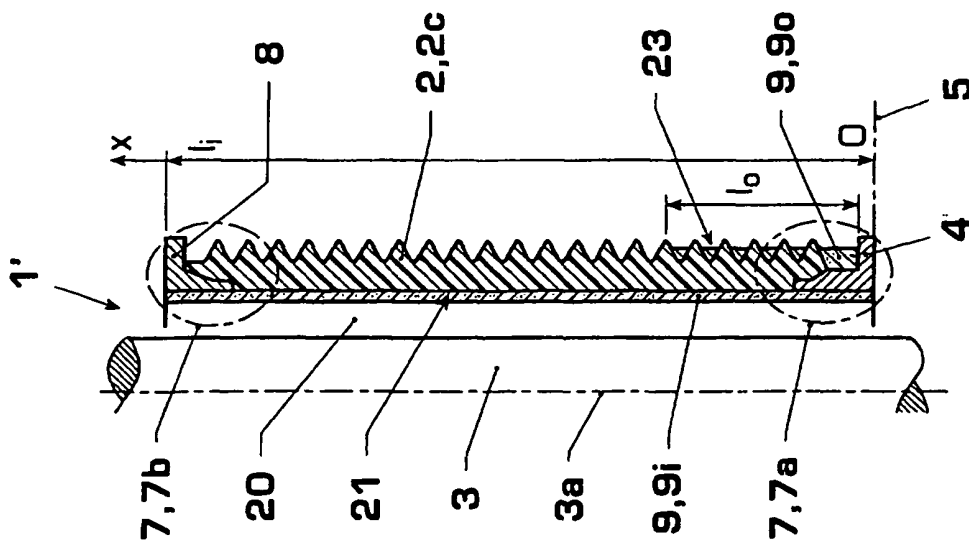


Fig. 3a

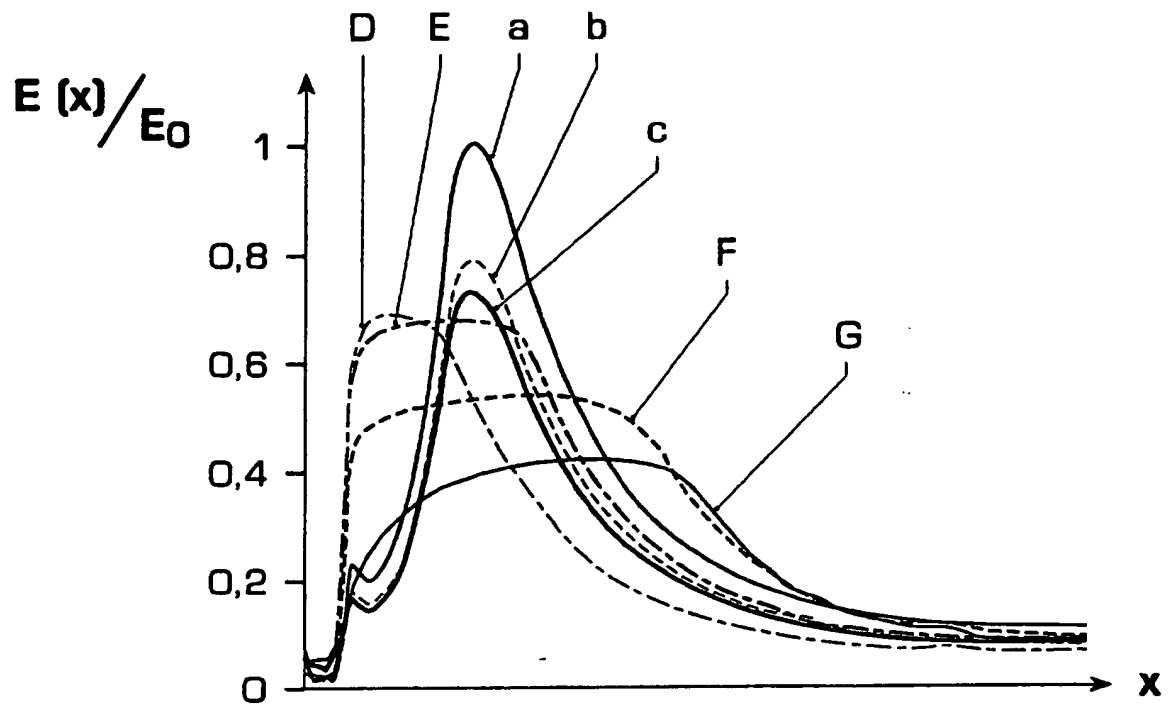


Fig. 5

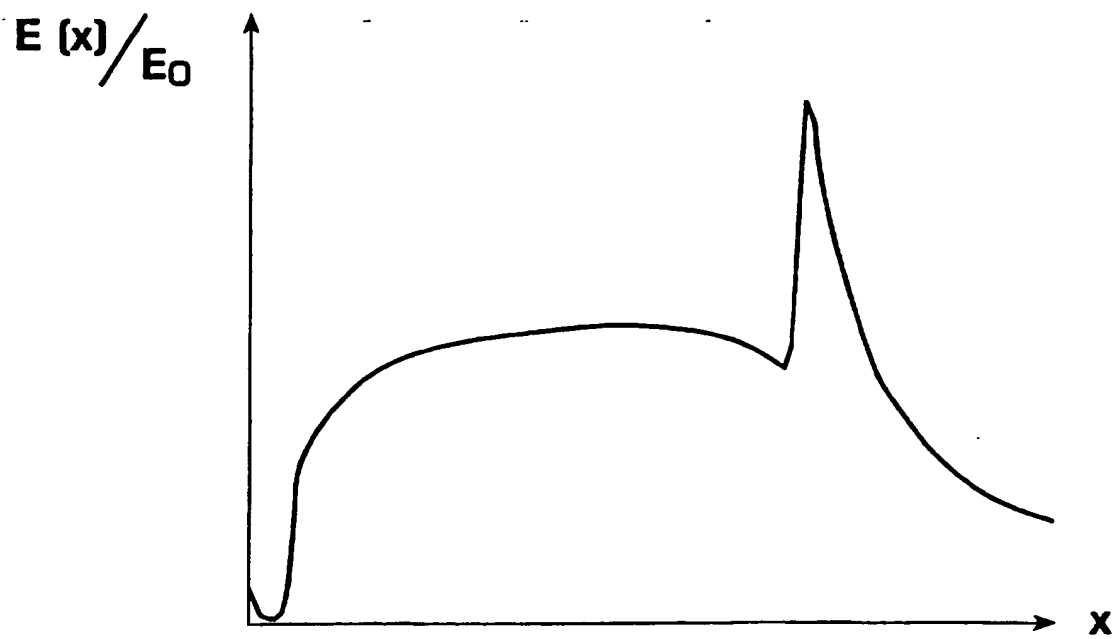


Fig. 6

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

- WO 02065486 A1 [0002]
- EP 1042756 A [0004]
- DE 19844409 [0007]
- US 3318995 A [0008]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- The Electric Power Engineering Handbook. CRC Press, 2001 [0005]