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

(11) **EP 2 869 313 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
31.05.2017 Patentblatt 2017/22

(51) Int Cl.:
H01F 27/36 *(2006.01)* ***H01F 27/38*** *(2006.01)*
H01F 30/12 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **13005136.0**

(22) Anmeldetag: **29.10.2013**

(54) **Trockentransformatorspule und Trockentransformator**

Dry transformer coil and dry transformer

Bobine de transformateur à sec et transformateur à sec

(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:
06.05.2015 Patentblatt 2015/19

(73) Patentinhaber: **ABB Schweiz AG**
5400 Baden (CH)

(72) Erfinder:
- **Carlen, Martin**
  5443 Niederrohrdorf (CH)
- **Weber, Benjamin**
  59955 Winterberg (DE)
- **Tepper, Jens**
  59929 Brilon (DE)
- **Cornelius, Frank**
  59939 Olsberg (DE)

(74) Vertreter: **Marks, Frank et al**
ABB AG
GF-IP
Wallstadter Strasse 59
68526 Ladenburg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-2009/126977
WO-A2-2006/103193
CN-C- 100 411 074
CN-Y- 2 463 937
US-A- 3 142 029

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

EP 2 869 313 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Trockentransformatorspule, umfassend eine hohlzylindrische Spule mit wenigstens einer radial innen liegenden und einer radial außen liegenden Wicklung. Die Erfindung betrifft auch einen Trockentransformator, umfassend einen Transformatorkern mit wenigstens zwei Kernschenkeln.

[0002] Es ist allgemein bekannt, dass Trockentransformatoren, beispielsweise im Nennspannungsbereich von 6kV, 10kV, 20kV, 30kV, ohne ein spezielles Isolationsmedium wie beispielsweise Öl auskommen. Hierdurch lässt sich deren Konstruktion auf der einen Seite in vorteilhafter Weise vereinfachen. Auf der anderen Seite bedingt die Verwendung von Luft als Isolationsmedium aufgrund von deren begrenzter Isolationsfähigkeit vergrößerte Isolationsabstände zu spannungsführenden Bauteilen. Darüber hinaus sind auch entsprechende Kühlmittel zum Abtransport der im Betrieb auftretenden Verlustwärme des Trockentransformators vorzusehen, beispielsweise axial verlaufende Kühlkanäle, welche üblicher Weise zwischen radial benachbarten Wicklungssegmenten angeordnet sind.

[0003] Ein inhärenter Berührungsschutz eines Trockentransformators, wie beispielsweise bei der Anordnung eines Transformators in einem mit Öl gefüllten Kessel, ist nicht gegeben. Als nachteilig erweist sich hierbei, dass dies zu einer Gefährdung des Bedien- und Wartungspersonals führt, weil spannungsführende Komponenten aufgrund von Nachlässigkeit unbeabsichtigt berührt werden könnten. Eine bekannte Anordnung eines Transformators in einem geerdeten Gehäuse stellt zwar einerseits einen wirksamen Berührungsschutz dar, führt aber andererseits zu einer nachteilig erhöhten Baugröße des Transformators mit Gehäuse, weil selbstverständlich auch alle benötigten dielektrischen Abstände zwischen den spannungsführenden Komponenten des Transformators und dem geerdeten Gehäuse einzuhalten sind. Das Patentdokument WO 2009/126977 offenbart eine elektrostatische Abschirmung für eine HGÜ-Luftdrosselspule, gekennzeichnet durch einen Mantel, der an zumindest einem Ende mit einer im Wesentlichen über seinen Umfang verlaufenden Kollektorelektrode zum Anschluss an einen der Anschlüsse der HGÜ-Luftdrosselspule versehen ist, wobei der Mantel aus einer Folie aus elektrostatisch dissipativem Material gefertigt ist.

[0004] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, eine Trockentransformatorspule und einen Trockentransformator mit verbessertem Berührungsschutz anzugeben.

[0005] Diese Aufgabe wird von einem Trockentransformator gemäß Anspruch 1 gelöst. Die Grundidee der Erfindung besteht darin, den Berührungsschutz einer Trockentransformatorspule dadurch zu realisieren, dass deren äußere Oberfläche zumindest an den manuell erreichbaren Oberflächenbereichen mit einer Barrierenstruktur versehen wird, welche derart ausgelegt ist, dass die im Betrieb auftretende Spannungsbelastung gehalten ist. Somit ist es ermöglicht, die radial äußerste Barrierenwandung mit einem geerdeten elektrisch leitfähigen Schirm zu versehen, der gefahrlos von einer ebenfalls auf Erdpotential befindlichen Person berührt werden kann. Der Aufbau der Barrierenstruktur aus isolierenden Leisten und davon getragener Schutzwandung ist dem Aufbau eines typischerweise zwischen radial benachbarten Wicklungssegmenten einer Trockentransformatorspule angeordneten Kühlkanals ähnlich und damit besonders einfach auch in die radiale Außenfläche der Trockentransformatorspule zu integrieren.

[0006] Als Leistenmaterial sind beispielsweise glasfaserverstärkte Leisten aus einem Verbundwerkstoff geeignet, welche idealerweise längs der axialen Erstreckung der Spule auf deren radial äußeren Oberfläche angeordnet sind. Die dadurch radial abgestützte Barrierenwandung kann beispielsweise aus schalenähnlichen Segmenten eines Zylinders aus einem Isolationsmaterial gefertigt sein, dies vereinfacht die Herstellung in besonderer Weise. Es ist aber auch erfindungsgemäß optional vorgesehen, die radial abgestützte Barrierenwandung zumindest teilweise aus einem gewickelten Bandmaterial wie einem mit Harz imprägniertem Faserroving herzustellen oder auch die gegebenenfalls vorhandenen schalenähnlichen Segmente radial außen damit zu fixieren. Derartige harzgetränkte Faserrovings, welche in einem trockenen Zwischenzustand des Harzes auch unter dem Namen "Prepreg" bekannt sind, werden nach dem eigentlichen Wickelvorgang auf eine Polymerisationstemperatur erhitzt und bilden beim Abkühlvorgang eine mechanisch sehr feste Struktur. Typischerweise sind durch die Barrierenstruktur axial verlaufende kanalähnliche Hohlräume gebildet, welche in vorteilhafter Weise auch als Kühlkanäle nutzbar sind.

[0007] Gemäß einer weiteren Ausgestaltungsform der erfindungsgemäßen Trockentransformatorspule ist der elektrische Schirm als metallischer Schirm oder als Metallisierung ausgeführt. Im Falle eines metallischen Schirms ist beispielsweise die radiale Außenfläche oder Innenfläche der Barrierenstruktur mit einem leitfähigen Blech oder einer leitfähigen Folie versehen, es ist aber prinzipiell auch möglich, einen derartigen metallischen Schirm direkt in die radial abgestützte Barrierenwandung mit einzuwickeln, beispielsweise bei Verwendung von Faserrovings. Dies erhöht in vorteilhafter Weise die mechanische Stabilität der erfindungsgemäßen Trockentransformatorspule.

[0008] Im Falle einer Metallisierung wird auf die eigentlich elektrisch isolierende radial abgestützte Barrierenwandung eine Metallschicht aufgetragen, beispielsweise durch Aufdampfung oder auch das Auftragen eines metallisch leitfähigen Lackmaterials.

[0009] Einer weiteren Variante der erfindungsgemäßen Trockentransformatorspule folgend ragen zumindest Teile der Barrierenstruktur über die axialen Enden der hohlzylindrischen Spule heraus. Hierdurch ist in vorteilhafter Weise ein zusätzlicher Berührungsschutz der Trockentransformatorspule auch in ihren Stirnbereichen

erreicht.

[0010] Gemäß einer bevorzugten Erfindungsvariante umschließt die Barrierenstruktur die Spule vollumfänglich. Hierdurch das Berühren der gesamten radialen Außenfläche der Trockentransformatorspule gefahrlos ermöglicht. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn keine um die Spule verbaute Struktur eines Transformators vorhanden ist, welche für einen Teilbereich der Spulenoberfläche einen Berührungsschutz darstellt.

[0011] Gemäß einer weiteren Variante der erfindungsgemäßen Trockentransformatorspule sind die Anschlüsse der radial äußeren Wicklung stirnseitig aus der Spule geführt. Hierdurch wird die Integrität des elektrischen Schirmes nicht gefährdet.Auch bei Verwendung eines Gehäuses kann der Trockentransformator aufgrund der erfindungsgemäßen Barrierenstruktur kleiner ausgeführt werden als ohne erfindungsgemäße Barrierenstruktur, weil dann innerhalb des Gehäuses deutlich weniger Bereiche mit kritischen Potentialdifferenzen vorhanden sind. So kann beispielsweise die Wandung eines Gehäuses ohne zusätzlichen Isolationsabstand bis direkt an die radiale Außenfläche einer jeweiligen Trockentransformatorspule gebaut werden.

[0012] Für den Fall, dass der Trockentransformator mechanische Komponenten aufweist, welche geerdet sind und welche in sich auch einen mechanischen Berührungsschutz für die Oberflächenbereiche von einer jeweiligen Trockentransformatorspule darstellen, kann in diesen Oberflächenbereichen prinzipiell auch auf eine entsprechende Barrierenstruktur verzichtet werden.

[0013] Dies ist bei Teilbereichen gegeneinander zugewandter Spulenoberflächen benachbart angeordneter Trockentransformatorspulen der Fall. Hier ist zumindest ein unbeabsichtigtes Berühren ausgeschlossen, weil diese Bereiche zu der den Trockentransformator umschließenden Hüllkontur nach innen zurückgesetzt sind. Deshalb ist es vorgesehen, dass die elektrischen Schirme von wenigstens zwei benachbarten Trockentransformatorspulen in Teilbereichen gegeneinander zugewandter Spulenoberflächen nicht vollumfänglich ausgeführt sind.

[0014] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausgestaltungsform des erfindungsgemäßen Trockentransformators sind die elektrischen Schirme derart ausgestaltet und elektrisch miteinander verbunden, dass die wenigstens zwei benachbarten Trockentransformatorspulen hüllenähnlich von dem verbundenen Schirm umschlossen sind. Hierdurch sind alle manuell erreichbaren Bereiche der Spulenoberflächen ohne Risiko berührbar.

[0015] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungsmöglichkeiten sind den weiteren abhängigen Ansprüchen zu entnehmen.

[0016] Anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele sollen die Erfindung, weitere Ausführungsformen und weitere Vorteile näher beschrieben werden. Es zeigen:

Fig. 1 eine exemplarische Trockentransformatorspule,

Fig. 2 einen ersten exemplarischen Trockentransformator sowie

Fig. 3 einen zweiten exemplarischen Trockentransformator.

[0017] Fig. 1 zeigt eine exemplarische erfindungsgemäße Trockentransformatorspule 10 in einer Draufsicht. Die Trockentransformatorspule 10 umfasst eine hohlzylindrische radial innere Wicklung 12 und eine daran anschließende radial äußere Wicklung 14, welche ineinander verschachtelt sind. Um die radial äußere Oberfläche der durch die Windungen 12, 14 gebildeten Spule ist vollumfänglich eine Barrierenstruktur angeordnet. Die Barrierenstruktur weist mehrere sternähnlich um die Mittelachse der Spule und längs deren axialer Erstreckung verlaufende Leisten 16 auf, durch welche eine ringähnlich um diese herum angeordnete Barrierenwandung 18 radial abgestützt ist. Die axiale Länge der Barrierenwandung 18 übersteigt geringfügig die axiale Länge der Spule, um auch stirnseitig den Berührungsschutz zu erhöhen. Direkt auf der radialen Außenfläche der Barrierenwandung 18 ist ein elektrischer Schirm 20 aufmetallisiert, welcher mit Erdpotential 24 verbunden ist. Auf diese Weise ist ein gefahrloses Berühren der radialen Außenfläche der Trockentransformatorspule auch während deren Betrieb ermöglicht. Die hohlzylindrische Trockentransformatorspule ist um einen Kernschenkel 26 eines Transformatorkerns angeordnet.

[0018] Fig. 2 zeigt einen ersten exemplarischen Trockentransformator 30 in einer Schnittansicht. Um drei parallel in einer gemeinsamen Ebene angeordnete Kernschenkel eines dreischenkligen Transformatorkerns ist jeweils eine erfindungsgemäße Trockentransformatorspule 32, 34, 36 angeordnet. Jede Trockentransformatorspule 32, 34, 36 weist eine Barrierenstruktur mit einem elektrischen Schirm auf, welcher nicht vollumfänglich um die jeweilige Trockentransformatorspule ausgeprägt ist, sondern in Teilbereichen gegeneinander zugewandter Spulenoberflächen benachbarter Trockentransformatorspulen unterbrochen ist. Die in die Barrierenstrukturen jeweils integriertem elektrischen Schirme sind mechanisch und elektrisch miteinander zu einem geerdeten 44 hüllenähnlichen Schirm 42 verbunden, welcher die drei Trockentransformatorspulen 32, 34, 36 bandähnlich umschließt und durch welchen ein gefahrloses Berühren der zugänglichen Oberflächenbereiche der Trockentransformatorspulen 32, 34, 36 gewährleistet ist.

[0019] Fig. 3 zeigt einen zweiten exemplarischen Trockentransformator 50 in einer Schnittansicht. Dieser entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 2 gezeigten Trockentransformator 30. Um drei parallel in einer gemeinsamen Ebene angeordnete Kernschenkel eines dreischenkligen Transformatorkerns ist jeweils eine erfindungsgemäße Trockentransformatorspule 52, 54, 56 angeordnet. Jede Trockentransformatorspule 52, 54, 56 weist einen separat geerdeten 64 elektrischen Schirm 58, 60, 62 auf, welcher nicht vollumfänglich um die je-

weilige Trockentransformatorspule ausgeprägt, sondern in Teilbereichen unterbrochen ist. Da die elektrischen Schirme nicht mechanisch miteinander verbunden sind ist theoretisch zwar ein Berühren gegeneinander zugewandter Spulenoberflächen benachbarter Trockentransformatorspulen 52, 54, 56 möglich, ein unbeabsichtigtes Berühren jedoch aufgrund der schweren Zugänglichkeit der betreffenden Oberflächenbereiche ausgeschlossen.

Bezugszeichenliste

[0020]

10	exemplarische Trockentransformatorspule
12	radial innen liegende Wicklung
14	radial außen liegende Wicklung
16	Leisten
18	radial abgestützte Barrierenwandung
20	elektrischer Schirm
22	kanalähnlicher Hohlraum
24	Erdpotential
26	Kernschenkel
30	erster exemplarischer Trockentransformator
32	erste Spule von erstem Trockentransformator
34	zweite Spule von erstem Trockentransformator
36	dritte Spule von erstem Trockentransformator
38	erster Teilbereich gegeneinander zugewandter Spulenoberflächen
40	zweiter Teilbereich gegeneinander zugewandter Spulenoberflächen
42	hüllenähnlich verbundene Schirme
44	Erdpotential
50	zweiter exemplarischer Trockentransformator
52	erste Spule von zweitem Trockentransformator
54	zweite Spule von zweitem Trockentransformator
56	dritte Spule von zweitem Trockentransformator
58	Schirm von erster Spule
60	Schirm von zweiter Spule
62	Schirm von dritter Spule
64	Erdpotential

Patentansprüche

1. Trockentransformator, umfassend einen Transformatorkern mit wenigstens zwei Kernschenkeln, wobei um wenigstens *zwei* Kernschenkel (26) eine *jeweilige* Trockentransformatorspule (10, 32, 34, 36, 52, 54, 56), umfassend eine hohlzylindrische Spule mit wenigstens einer radial innen (12) liegenden und einer radial außen (14) liegenden Wicklung angeordnet ist, wobei an der radial äußeren Oberfläche der Trockentransformatorspule (10, 32, 34, 36, 52, 54, 56) eine zumindest teilweise umlaufende und sich wenigstens über deren axiale Länge erstreckende Barrierenstruktur mit wenigstens einer Lage Leisten (16) aus einem isolierenden Material und wenigstens einer radial von diesen abgestützten Barrierewandung (18) vorgesehen ist, wobei die radial äußerste Barrierewandung (18) einen elektrischen Schirm (20, 42, 58, 60, 62) aufweist, *welcher* mit Erdpotential (24, 44, 64) verbunden ist,
dadurch gekenntzeichnet,
dass die elektrischen Schirme (20, 42, 58, 60, 62) von wenigstens zwei benachbarten Trockentransformatorspulen (10, 32, 34, 36, *52, 54, 56) in den Bereichen gegeneinander zugewandter Spulenoberflächen (38, 40)* über deren gesamte axiale Erstreckung *nicht vollumfänglich ausgeführt sind und dass die elektrischen Schirme (20, 42, 58, 60, 62) derart ausgestaltet und elektrisch miteinander verbunden sind, dass die wenigstens zwei benachbarten Trockentransformatorspulen (10, 32, 34, 36, 52, 54, 56) hüllenähnlich von dem verbundenen Schirm (42) umschlossen sind, so dass ein Berührungsschutz der radialen Außenflächen der Trockentransformatorspulen (10, 32, 34, 36*, *52, 54, 56) erreicht ist.*

2. *Trockentransformator* nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der elektrische Schirm (20, 42, 58, 60, 62) als metallischer Schirm oder als Metallisierung ausgeführt ist.

3. *Trockentransformator* nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest Teile der Barrierenstruktur über die axialen Enden der hohlzylindrischen Spule herausragen.

4. *Trockentransformator* nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Barrierenstruktur die Spule vollumfänglich umschließt.

5. *Trockentransformator* nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anschlüsse der radial äußeren Wicklung (14) stirnseitig aus der Spule geführt sind.

Claims

1. Dry-type transformer comprising a transformer core having at least two core limbs, wherein a respective dry-type transformer coil (10, 32, 34, 36, 52, 54, 56), comprising a hollow-cylindrical coil with at least one radially inner winding (12) and one radially outer winding (14), is arranged around at least two core limbs (26), wherein the radially outer surface of the dry-type transformer coil (10, 32, 34, 36, 52, 54, 56) is provided with a barrier structure which is at least partially circumferential, extends at least over the axial length of the said dry-type transformer coil, has at least one layer of strips (16) which are composed of an insulating material, and has at least one barrier wall (18) which is radially supported by the said

strips, wherein the radially outermost barrier wall (18) has an electrical screen (20, 42, 58, 60, 62) which is connected to earth potential (24, 44, 64),
characterized
in that the electrical screens (20, 42, 58, 60, 62) of at least two adjacent dry-type transformer coils (10, 32, 34, 36, 52, 54, 56) are not embodied fully in the regions of coil surfaces (38, 40), which face one another, over the entire axial extent of the said regions, and in that the electrical screens (20, 42, 58, 60, 62) are designed and electrically connected to one another in such a way that the at least two adjacent dry-type transformer coils (10, 32, 34, 36, 52, 54, 56) are surrounded by the connected screen (42) in the manner of a casing, so that protection against contact with the radial outer surfaces of the dry-type transformer coils (10, 32, 34, 36, 52, 54, 56) is achieved.

2. Dry-type transformer according to Claim 1, **characterized in that** the electrical screen (20, 42, 58, 60, 62) is embodied as a metal screen or as a metallization.

3. Dry-type transformer according to either of Claims 1 and 2, **characterized in that** at least parts of the barrier structure protrude beyond the axial ends of the hollow-cylindrical coil.

4. Dry-type transformer according to one of the preceding claims, **characterized in that** the barrier structure fully surrounds the coil.

5. Dry-type transformer according to one of the preceding claims, **characterized in that** the connections of the radially outer winding (14) are passed out of the coil at the end side.

Revendications

1. Transformateur à sec, comprenant un noyau de transformateur avec au moins deux branches de noyau, selon lequel une bobine de transformateur à sec (10, 32, 34, 36, 52, 54, 56) respective, comprenant une bobine en forme de cylindre creux avec au moins un bobinage étant positionné de manière radiale à l'intérieur (12) et un bobinage étant positionné de manière radiale à l'extérieur (14), est disposée autour d'au moins deux branches de noyau (26), selon lequel, au niveau de la surface radialement extérieure de la bobine de transformateur à sec (10, 32, 34, 36, 52, 54, 56), est prévue une structure formant barrière, laquelle est circonférentielle, tout au moins en partie, et s'étend au moins sur sa longueur axiale, avec au moins une couche de lattes (16) constituées d'un matériau isolant et avec au moins une paroi de barrière (18) soutenue par celles-ci de manière radiale, selon lequel la paroi de la barrière (18) qui se trouve radialement la plus à l'extérieur présente un blindage (20, 42, 58, 60, 62) électrique qui est raccordé à un potentiel de terre (24, 44, 64),
caractérisé en ce que
les blindages (20, 42, 58, 60, 62) électriques d'au moins deux bobines de transformateur à sec (10, 32, 34, 36, 52, 54, 56) adjacentes ne sont pas réalisés dans leur intégralité sur toute leur extension axiale, au niveau de surfaces de bobine (38, 40) se faisant mutuellement face ; et
caractérisé en ce que
les blindages (20, 42, 58, 60, 62) électriques sont conçus et raccordés électriquement entre eux, de telle sorte que les au moins deux bobines de transformateur à sec (10, 32, 34, 36, 52, 54, 56) adjacentes sont enfermées à la manière d'une gaine par le blindage (42) raccordé, de telle sorte qu'une protection contre les contacts des surfaces extérieures radiales des bobines de transformateur à sec (10, 32, 34, 36, 52, 54, 56) est réalisée.

2. Transformateur à sec selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le blindage (20, 42, 58, 60, 62) électrique est exécuté sous la forme d'un blindage métallique ou sous la forme d'une métallisation.

3. Transformateur à sec selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** tout au moins des parties de la structure formant barrière font saillie par les extrémités axiales de la bobine ayant la forme d'un cylindre creux.

4. Transformateur à sec selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la structure formant barrière enferme la bobine dans son intégralité.

5. Transformateur à sec selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les bornes du bobinage (14) radialement extérieur sont guidées hors de la bobine par le côté frontal.

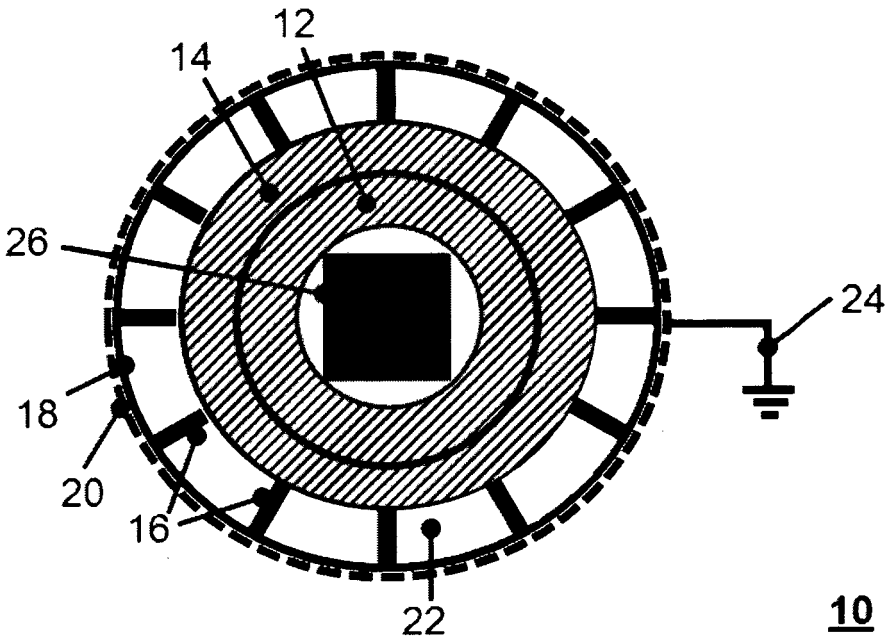


Fig. 1

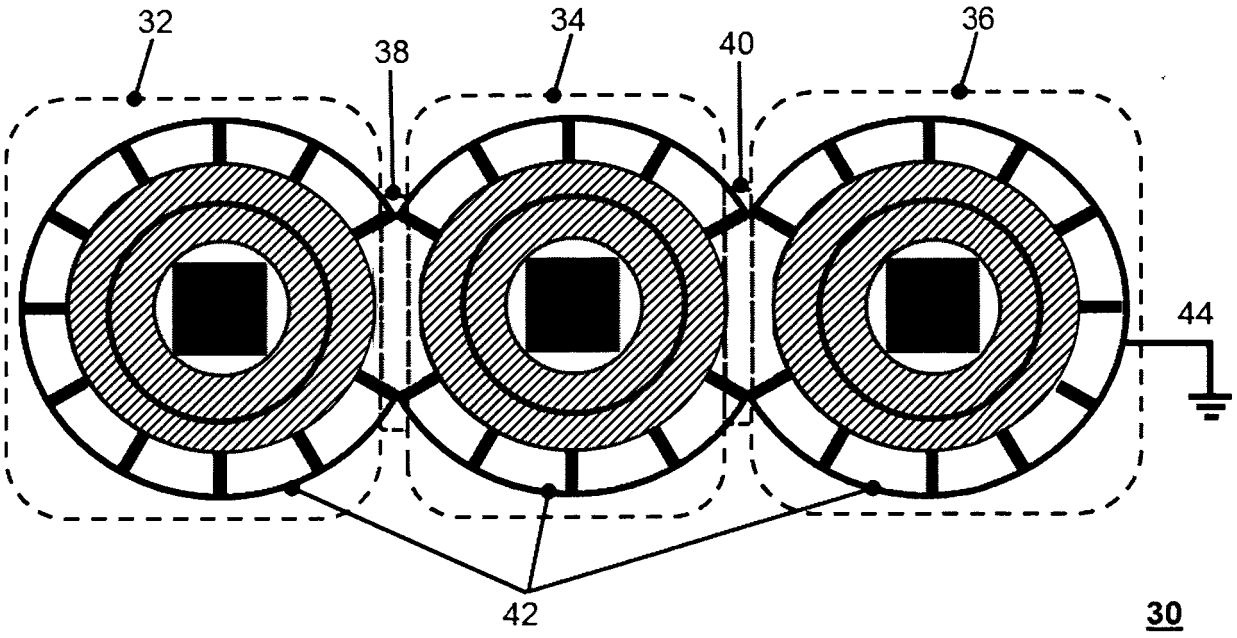


Fig. 2

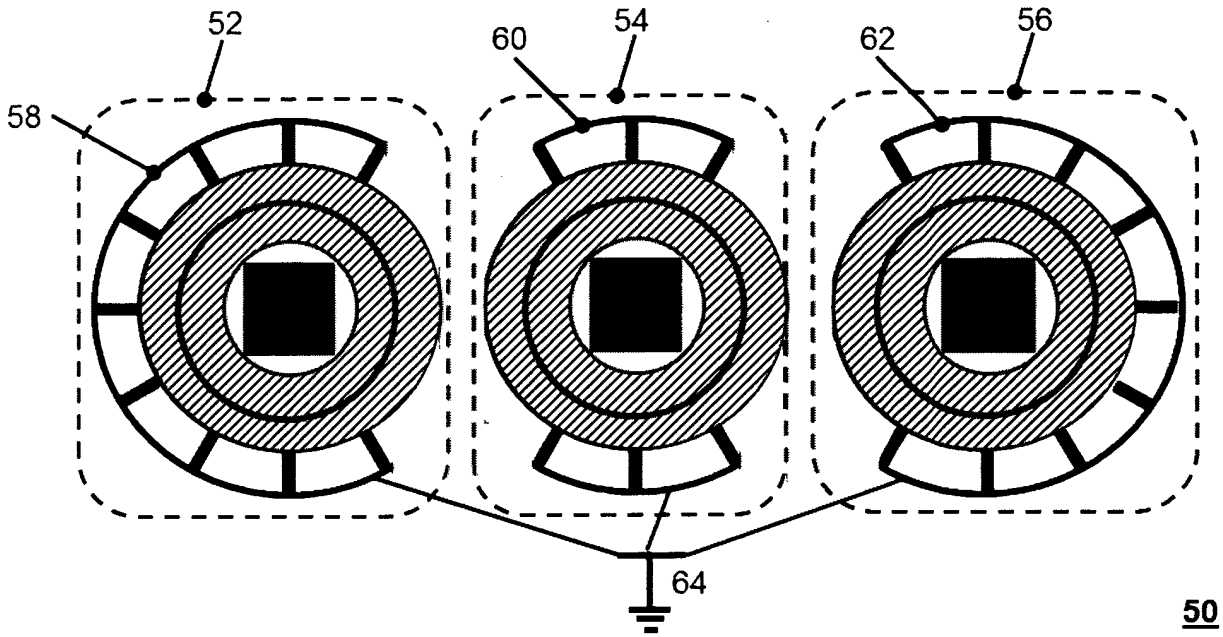


Fig. 3

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 2009126977 A **[0003]**