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

(11) EP 0 540 958 B1

(12) # EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
17.04.1996 Patentblatt 1996/16

(51) Int Cl.[6]: **H01F 37/00**, H01F 27/28

(21) Anmeldenummer: **92118169.9**

(22) Anmeldetag: **23.10.1992**

(54) **Toroiddrossel**

Toroidal inductance

Inductance toroidale

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **02.11.1991 DE 4136176**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.05.1993 Patentblatt 1993/19

(73) Patentinhaber: **ASEA BROWN BOVERI AG**
CH-5401 Baden (CH)

(72) Erfinder: **Etter, Peter**
CH-5422 Oberehrendingen (CH)

(74) Vertreter: **Hetzer, Hans Jürgen et al**
ABB Management AG,
Abt. TEI - Immaterialgüterrecht,
Wiesenstrasse 26
CH-5401 Baden (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 225 316
CH-A- 231 434
DE-A- 2 658 774
DE-B- 1 071 220
DE-B- 1 115 829
DE-C- 937 184
DE-C- 3 029 650

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 0 540 958 B1

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

Bei der Erfindung wird ausgegangen von einer Toroiddrossel nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

STAND DER TECHNIK

Mit dem Oberbegriff nimmt die Erfindung auf einen Stand der Technik Bezug, wie er aus der DE-AS 1 115 829 bekannt ist. Bei der dort angegebenen Starkstrom-Drosselspule mit einer aus Vollmaterial bestehenden Wicklung aus 2 parallelen Teilleitern mit 8 Windungen um einen ringförmigen Eisenkern weisen die Teilleiter senkrecht zur Oberfläche des Eisenkernes übereinanderliegende und nicht bis zum Rand der Teilleiter durchgeführte Schlitze auf, zur Verringerung von Wirbelstromverlusten. Diese Teilleiter weisen gegenseitig keine nennenswerte flächenhafte Abstützung und peripher keine Einspannung auf.

Aus der DE-C2 3 029 650 ist ein Ringtransformator bekannt, bei dem die Windungsleiter der Primärwicklungen und der Sekundärwicklungen in ihrem Querschnitt sektorförmig gestaltet sind und in Umfangsrichtung abwechselnd Windungen der Primär- und Sekundärwicklung nebeneinanderliegen. Die Sekundärwicklungen sind flüssigkeitsgekühlt. Innenliegende Leiterabschnitte der Primär- und Sekundärwicklung weisen eine grössere radiale Höhe als die aussenliegenden Leiterabsschnitte auf. Die zu einem Ring zusammengeschlossenen Transformatorspulen werden in einem Mantel untergebracht.

Aus der DE-PS 970 447 ist es bekannt, die Wicklung einer Toroiddrossel abwechselnd aus 2 Teilen zusammenzusetzen, von denen ein Teil eine halbe und das 2. Teil eine anderthalbfache Windung bildet. Die beiden Wicklungsteile aus blankem Kupferband werden durch Hartlöten oder Schweissen miteinander verbunden. Zur Einfassung dienen ringförmige Ober- und Unterteile aus Keramik.

Dieser Drosselaufbau erfordert ein relativ grosses Volumen. Im einem Kurzschlussfall sind die Stabilität und gegenseitige Abstützung der Wicklungsteile unbefriedigend.

Aus der DE-OS 2 658 774 ist eine Kommutierungsdrossel für Stromrichteranlagen aus verdrillten Litzendrähten bekannt, bei der die nicht segmentierten Windungen der Spule aus vielen Leitersträngen bestehen, welche schlauchförmig miteinander verflochten sind. Der schlauchförmige Leiter ist im Querschnitt in die Form eines Rechteckes zusammengepresst. Mehrere schlauchförmige oder rechteckige Leiter können konzentrisch zueinander angeordnet sein.

Aus der Schweizer Firmenzeitschrift: Brown Boveri Mitt. 12 (1978), S. 777 - 785, ist eine toroidförmige Luft-Drosselspule bekannt, die eine mittlere Induktivität aufweist und mit einem stark oberschwingungsbehafteten Strom belastbar ist. Derartige Drosseln werden als Umschwing- und Löschdrosseln in Leistungsstromrichtern von Nahverkehrsfahrzeugen eingesetzt.

Für Kurzschlussströme in der Grössenordnung von 100 kA - 140 kA, wie sie in Hochleistungsstromrichtern infolge von Durchzündungen auftreten können, ist eine derartige Drossel nicht geeignet. Derartige Kurzschlussströme können z. B. auftreten, wenn in einer Brückenschaltung 2 zur gleichen Phase gehörende Halbleiter ungewollt bzw. fehlerhaft gleichzeitig zünden und damit den Zwischenkreiskondensator eines Umrichters mit Gleichspannungszwischenkreis kurzschliessen.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Die Erfindung, wie sie im Patentanspruch 1 definiert ist, löst die Aufgabe, eine Toroiddrossel der eingangs genannten Art derart weiterzuentwickeln, dass sie für Ströme von ≥ 100 kA einsetzbar ist und dabei ein minimales Volumen und kleine Verluste aufweist.

Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, dass die Segmentdrossel aus einer Vielzahl von Segmenten eines Toroids bzw. Ringwulstes nach dem Zusammenbau der Windungen in Serie oder parallel geschaltet werden kann. Es lassen sich relativ formstabile Segmente hoher Stromtragfähigkeit verwenden, die nicht wickelbar sein müssen. Damit lässt sich eine hohe mechanische Festigkeit der Toroiddrossel erreichen. Die Toroiddrossel lässt sich einfach zusammenbauen, bei Gewährleistung einer hohen Kurzschlussfestigkeit.

Ein vorgegebenes Einbauvolumen lässt sich besser ausnutzen, wobei die Geometrie der Toroiddrossel sehr genau reproduzierbar ist. Die Anzahl der Windungen und damit die Induktivität der Toroiddrossel lassen sich leicht verändern bzw. einstellen.

Bei Verwendung einer Druckbandage bzw. eines peripheren Stahlringes und von seitlichen Druckplatten um die Toroiddrossel lässt sich das für die Segmente verwendete Kupfer bis zum Mehrfachen seiner Fliessgrenze beanspruchen.

Für die segmentierte Toroiddrossel lässt sich ein hoher Füllfaktor mit grosser Durchtrittsfläche für das Magnetfeld bei minimalem Streufluss erreichen.

Ein modularer Drosselaufbau ist durch die Wahl von mehr oder weniger Windungen bzw. radial versetzt angeordneten Windungen möglich.

Die Drosseln können aussen rechteckig ausgebildet sein. Natürliche oder eine Flüssigkeitskühlung mit Zwangsumlauf, z.B. Ölkühlung, sind möglich.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Ausschnitt einer perspektivisch dargestellten Toroiddrossel

aus vorgefertigten Teilwicklungen,

Fig. 2 einen modularen Drosselaufbau im Ausschnitt mit radial versetzt angeordneten Teilwicklungen,

Fig. 3 eine am Aussenumfang rechteckig begrenzte Toroiddrossel im Ausschnitt,

Fig. 4 eine Teilwicklung einer Toroiddrossel mit gewinkelten Verbindungselementen,

Fig. 5 ein Wicklungselement mit Mehrfachwindung,

Fig. 6 eine Winkelprofilwindung,

Fig. 7a und 7b bein Wicklungselement aus Litze,

Fig. 8 eine Segmentdrossel in Draufsicht,

Fig. 9 einen senkrechten Schnitt durch die Segmentdrossel gemäss Fig. 8 mit Druckbandage und Spannplatten,

Fig. 10 ein Segment der Segmentdrossel gemäss Fig. 8 in perspektivischer Darstellung,

Fig. 11 eine Isolierfolie der Segmentdrossel gemäss Fig. 8 und

Fig. 12 einen Ausschnitt einer Teilwicklung in flächenhafter Ausbildung.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

In Fig. 1 ist mit (1) eine ausschnittsweise dargestellte Toroiddrossel bezeichnet, die aus mehreren U-förmigen Wicklungselementen bzw. segmentierten Teilwicklungen (2) aufgebaut ist. Die Teilwicklungen (2) sind ringförmig um eine zentrale, zylinderförmige Aussparung (6) angeordnet und weisen je einen unteren Schenkel (2a) und einen oberen Schenkel (2b) auf. Am Innenrand (4) weisen die Teilwicklungen (2) eine Breite a auf, die kleiner als eine Breite b an ihrem Aussenrand (5) ist. Die beiden Schenkel (2a, 2b) besitzen nahe dem Innenrand (4) eine Höhe c, die grösser als ihre Höhe d am Aussenrand (5) ist. Die Breiten a und b sind so bemessen, dass das verfügbare Volumen für die Toroiddrossel (1) gut ausgenutzt wird. Die zugehörigen Höhen c und d sind so bemessen, dass eine Stromquerschnittsfläche durch jede Teilwicklung (2) gleich ist. Am Aussenrand (5) ist der obere Schenkel (2a) einer Teilwicklung (2) jeweils mit dem Aussenrand (5) des unteren Schenkels (2a) einer benachbarten Teilwicklung (2) mittels eines elektrischen Verbindungselementes (3) aus Kupfer z. B. durch Löten elektrisch verbunden. Durch derartige elektrische Verbindungselemente (3) werden die einzelnen Teilwicklungen (2) zu einer einzigen toroidalen Windung verbunden bzw. in Reihe geschaltet. Die Toroiddrossel (1) weist 360/β Teilwicklungen auf, wobei β einen in Grad gemessenen Segmentteilungswinkel bezeichnet.

Fig. 2 zeigt ausschnittsweise um eine zentrale Aussparung (6) mehrere kreisförmig angeordnete, separate segmentierte Teilwicklungen, wobei zueinander benachbarte Teilwicklungen (7 - 9) in radialer Richtung eine unterschiedliche Länge (1) aufweisen. Durch eine derartige Staffelung lässt sich eine hohe Elementdichte bzw. Windungszahl der Toroiddrossel (1) erreichen. Auf diese Weise kann man bei einem grossen Leiterquerschnitt einen hohen Füllfaktor erhalten.

Fig. 3 zeigt ausschnittsweise eine Toroiddrossel (1) mit mehreren Teilwicklungen (10), die in radialer Richtung unterschiedliche Länge und am Aussenrand rechteckige Begrenzungen längs zueinander senkrechter Flächen (11, 12) aufweisen. Auf diese Weise lässt sich die Toroiddrossel (1) an ein vorgegebenes Volumen anpassen. Es versteht sich, dass die Aussenbegrenzung auch z. B. 5eckig, 6eckig usw. gewählt werden könnte.

Fig. 4 zeigt eine U-förmige Teilwicklung (13) mit 2 symmetrischen, gewinkelten Verbindungselementen (13a, 13b), die einen Innenwinkel (α) im Bereich von 90° - 150°, vorzugsweise im Bereich von 100° - 130° zwischen sich einschliessen. Derartige Teilwicklungen (13) können z. B. aus Aluminium oder Kupfer bestehen, als plane Blechschnitte hergestellt und erforderlichenfalls mehrlagig eingesetzt werden.

Fig. 5 zeigt eine Teilwicklung bzw. ein Wicklungselement (14) mit mehreren serpentinartig übereinander angeordneten Windungen, die mittels elektrisch isolierender Distanzstücke bzw. Isolatoren (15) gegenseitig isoliert sind. Die Bezugsziffer (16) bezeichnet einen Anschlussbereich und die Bezugsziffer (17) ein nach aussen umgelegtes und isoliertes Anschlussende.

Fig. 6 zeigt eine Teilwicklung (18) in einem Winkelprofil mit abgeschrägten inneren Ecken (18a) und vergrösserten Aussenflächen, die durch Abbiegen aus einem Blechschnitt gewonnen sind. Mit (19) sind Verbindungsbereiche für eine nicht dargestellte Schraubverbindung bezeichnet. Mit ähnlicher Geometrie können auch massive Teilwicklungen (18) z. B. gegossen, gepresst oder tiefgezogen hergestellt sein.

Fig. 7a zeigt eine Teilwicklung (20) aus Litze, die mit einem Wärmeleitharz zu einem kompakten, formbeständigen Element vergossen ist. Mit (21) ist ein Verbindungsprofil bezeichnet. Fig. 7b zeigt eine Schnittansicht längs einer Linie A-A in Fig. 7a. Statt aus Litze kann eine derartige Teilwicklung (20) auch aus einzelnen Blechstreifen durch Verklebung hergestellt sein, wobei die Blechstreifen verröbelt, d. h. verdrillt sind, so dass äussere Blechstreifen zyklisch nach innen und innere nach aussen kommen. Damit wird eine kleine Stromverdrängung erreicht.

Fig. 8 zeigt eine Toroiddrossel (1) mit mehreren jeweils durch Isolierfolien bzw. Isolierschichten (23) getrennten Wicklungssegmenten bzw. Teilwicklungen (22), die kreisförmig um die zentrale Aussparung (6) angeordnet und in ihrer Geometrie besser in Fig. 10 zu erkennen sind. Mit β ist wieder der Segmentteilungswinkel bezeichnet. Am Anfang und Ende der aus 360°/β° Teilwicklungen zusammengesetzten Gesamtwicklung sind 2 separat ausgeführte Stromanschlusselemente (30) bzw. (31) angebracht, die besser in Fig. 9 zu erkennen sind.

Das schraffiert dargestellte und nach oben heraus-

geführte Stromanschlusselement (31) bildet zusammen mit dem gepunktet dargestellten und waagerecht herausgeführten Stromanschlusselement (30) ein Segment, das jedoch, abweichend von den übrigen Segmenten (22), keinen Aussensteg (40) aufweist. Auf Grund der Verschränkung des Segmentes (22) sind die beiden Stromanschlusselemente (30, 31) übereinander angeordnet und, wie auch die anderen Segmente (22), durch eine besser aus Fig. 11 ersichtliche Isolierfolie (23) elektrisch gegenseitig isoliert. Die Isolierfolie (23) ist im in radialer Richtung gesehen äusseren Bereich geschlitzt, so dass sie dort einen oberen und unteren Isolierfolienabschnitt (23a, 23b) aufweist, welche Abschnitte in Fig. 8 aus Gründen besserer Übersichtlichkeit nur im Bereich der Stromanschlusselemente (30, 31) ausgezogen bzw. gepunktet dargestellt sind. Das Stromanschlusselement (30) bildet z. B. den Anfang der Gesamtwicklung und das Stromanschlusselement (31), das z. B. auch waagerecht herausgeführt sein könnte, dessen Ende.

Fig. 9 zeigt die Toroiddrossel (1) gemäss Fig. 8 in einem senkrechten Querschnitt durch deren Zentrum und zusätzlich einen zentralen Spannbolzen (28) in der Aussparung (6), obere und untere Isolierplatten (25), eine obere scheibenförmige Spannplatte (26), eine untere scheibenförmige Spannplatte (27) und eine elektrisch isoliert angebrachte Druckbandage (29) um den mittleren Teil des Torus, d. h. um einen Aussenrand (41) der Teilwicklungen (22). Die aus Stahl oder aus einem Glasfasermaterial bestehende hochfeste Spannkonstruktion ist so ausgelegt, dass sie den Grossteil der bei einer Stossstrombelastung auftretenden Expansionskräfte der Wicklung aufnehmen kann. (Bei Teilwicklungen aus einfachem Blechschnitt wären die Isolierplatten (25) mit radialen Nuten versehen.)

Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der zentrale Spannbolzen (28) mit scheibenförmigen Spannplatten (26, 27) aus Stahl durch Gewinde verbunden. Der Spannbolzen (28) weist in seinem Inneren einen zentralen Hohlraum bzw. Kühlmittelkanal (28a) auf. Gegenüber den Teilwicklungen (22) ist er durch Isolierringe (24) elektrisch isoliert.

Zur Kühlung durch ein Kühlmittel, vorzugsweise Öl, können in einer Teilwicklung (2) ein Kühlmittel-Einströmkanal (34) und ein Kühlmittel-Ausströmkanal (35) vorgesehen sein. Die eingetragenen Pfeile zeigen die Strömungsrichtung des Kühlmittels an. Alternativ dazu kann ein Kühlmittel durch strichpunktiert dargestellte schlitzförmige Öffnungen bzw. Kühlmittel-Einströmkanäle (32) in den Innenraum der Toroiddrossel (1) und von da durch Kühlmittel-Ausströmkanäle (33) und den Kühlmittelkanal (28a) im Inneren des Spannbolzens (28) nach aussen gelangen. Es versteht sich, dass die abzuführende Stromwärme alternativ oder zusätzlich auch mittels nicht dargestellter Kühlrippen an die Umgebung abgeführt werden kann. Mit (39) sind Übergangsstellen zu einer benachbarten, dahinterliegenden Teilwicklung (22) gekennzeichnet.

Fig. 10 zeigt ein Segment bzw. eine Teilwicklung (22) der Toroiddrossel (1) gemäss Fig. 8 aus einer massiven Windung in einer perspektivischen Ansicht im Detail. Die Teilwicklung (22) weist ein 1. bzw. Anfangsverbindungsstück (36) und ein 2. bzw. Endverbindungsstück (37) mit einer seitlichen, senkrechten Druckanlagefläche (37') und einer waagerechten Anlagefläche (37") auf, die durch eine Aussparung (38) voneinander beabstandet sind. In diese Aussparung (38) wird beim Zusammenbau der Toroiddrossel (1) der obere Isolierfolienabschnitt (23a) eingeschoben. Der übrige Teil der Isolierfolie (23) dient zur elektrischen Isolierung einer Teilwicklung (22) von der benachbarten, vgl. Fig. 8 und 11. Beim Zusammenbau der Toroiddrossel (1) kommt die in Fig. 8 nicht zu sehende, hintere Druckanlagefläche des Anfangsverbindungsstückes (36) einer Teilwicklung (22) zur Anlage an die Druckanlagefläche (37') der benachbarten Teilwicklung. Durch den Anpressdruck wird eine elektrische Verbindung gewährleistet. Vorzugsweise wird jedoch von der oberen Stirnseite her durch eine hochenergetische Schweissung z. B. mittels eines Elektronen- oder Laserstrahls eine nicht dargestellte Schweissnaht erzeugt, welche eine noch bessere elektrische Verbindung gewährleistet.

Wichtig ist, dass Anfangs- und Endverbindungsstücke (36, 37) zueinander passen bzw. komplementär zueinander ausgebildet sind, so dass bei der Anlage benachbarter Teilwicklungen (22) ein flächenhafter Kontakt gewährleistet ist. Relativ dicke Teilwicklungen (22) können in der gewünschten, gespreizten Form durch Giessen hergestellt werden. Flache Teilwicklungen (22) lassen sich aus einer ringförmigen Scheibe durch Auftrennen längs einer von innen nach aussen führenden Schnittlinie z. B. mittels eines Laserstrahls und durch nachfolgendes Aufbiegen oder Spreizen herstellen. Benachbarte Teilwicklungen (22) werden dann längs dieser Schnittlinien verlötet oder vorzugsweise verschweisst, um eine Gesamtwicklung zu erhalten.

Fig. 12 zeigt in einem Ausschnitt eine Teilwicklung (39) mit flächiger Ausbildung und vergrösserten Aussenflächen zur Verringerung von Hochfrequenzverlusten. Ein Pfeil (B) zeigt in Richtung der nicht dargestellten Verbindungsstelle.

Bei Blechschnitten können die Verbindungselemente weichgelötet, hartgelötet oder geschweisst werden. Für massiv ausgeführte Teilwicklungen eignen sich Press- und Schraubverbindungen. Dabei werden die Teilwicklungen (2) der Reihe nach radial in einen nicht dargestellten Wicklungskörper eingeschoben und die Kontaktstellen z. B. mittels Schrauben fixiert.

Patentansprüche

1. Toroiddrossel (1)

   a) aus mehreren nebeneinander zu einem Torus angeordneten Wicklungsteilen bzw. Teil-

wicklungen (2, 7 - 10, 13, 18, 22, 39),
b) wobei jede Teilwicklung mindestens eine Windung aufweist und
c) mit mindestens einem Verbindungselement (3; 36, 37) zur Reihen- und/oder Parallelschaltung der Teilwicklungen in elektrisch leitender Verbindung steht,
d) wobei die Breite (a) von Schenkeln (2a, 2b) der Teilwicklungen (2) in einem zentralen, inneren Bereich (4) des Torus kleiner als die Breite (b) am peripheren Aussenrand (5) ist,
dadurch gekennzeichnet,
e) daß die Teilwicklungen (2) über ihre Länge eine wenigstens annähernd konstante Stromquerschnittsfläche aufweisen und
f) von einer peripheren Druckbandage (29) umschlossen sind.

2. Toroiddrossel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe (c) von Schenkeln (2a, 2b) im zentralen, inneren Bereich (4) grösser als die Höhe (d) am peripheren Aussenrand (5) des Torus ist.

3. Toroiddrossel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass benachbarte Schenkel von Teilwicklungen (7 - 10) unterschiedliche Länge aufweisen, gemessen vom zentralen, inneren Bereich (4) zum peripheren Aussenrand (5; 11, 12) des Torus.

4. Toroiddrossel nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,

a) dass der Torus peripher eckig,
b) insbesondere rechteckig (11, 12) begrenzt ist.

5. Toroiddrossel nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,

a) dass die Teilwicklung (18) ein Kastenprofil mit abgerundeten oder abgeschrägten inneren Ecken (18a) aufweist,
b) insbesondere, dass Aussenflächen der Teilwicklungen (18) gegenüber deren Innenflächen vergrössert sind.

6. Toroiddrossel nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,

a) dass die Teilwicklungen (13) 2 Verbindungselemente (13a, 13b) aufweisen, die gegenseitig einen inneren Winkel (α) im Bereich von 90° - 150°,
b) insbesondere im Bereich von 100° - 130° einschliessen.

7. Toroiddrossel nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet,

a) dass die Teilwicklungen (20) aus Litze gebildet sind,
b) insbesondere, dass die Teilwicklungen aus verröbelten bzw. verdrillten Blechabschnitten hergestellt sind.

8. Toroiddrossel nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet,

a) dass die Teilwicklungen (22) innere und/oder äussere Kühlelemente bzw. Kühlvorrichtungen (32 - 35) aufweisen,
b) insbesondere, dass im Zentrum der Toroiddrossel (1) ein Spannbolzen (28) mit einem inneren Kühlmittelkanal (28a) vorgesehen ist.

9. Toroiddrossel nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilwicklungen (14) mehrere übereinanderliegende Windungen aufweisen.

10. Toroiddrossel nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet,

a) dass mindestens eine Teilwicklung (22) ein Wicklungsteil mit einer Windung
b) und ein 1. bzw. Anfangsverbindungsstück (36) mit mindestens einer 1. Anlagestelle sowie ein davon beabstandetes 2. bzw. Endverbindungsstück (37) mit mindestens einer 2. Anlagestelle (37', 37") aufweist,
c) welche Verbindungsstücke gegenseitig verschränkt sind,
d) insbesondere, dass das Anfangsverbindungsstück (36) eine Passung in Gestalt einer Aussparung oder eines Vorsprunges aufweist, welche zu einer Passung (37') des Endverbindungsstückes (37) komplementär ist, und
e) dass Anfangs- und Endverbindungsstücke (36, 37) benachbarter Teilwicklungen (22) mittels einer Schweissnaht verbunden sind.

Claims

1. Toroidal inductor (1)

a) made of a plurality of winding parts or partial windings (2, 7-10, 13, 18, 22, 39), arranged next to one another to form a torus,
b) each partial winding having at least one turn, and
c) being electrically conductively connected to at least one connection element (3; 36, 37) for series and/or parallel connection of the partial

windings,
d) the width (a) of limbs (2a, 2b) of the partial windings (2) in a central inner region (4) of the torus being smaller than the width (b) at the peripheral outer edge (5),
characterized
e) in that the partial windings (2) have an at least approximately constant current cross-sectional area over their length, and
f) are enclosed by peripheral pressure banding (29).

2. Toroidal inductor according to Claim 1, characterized in that the height (c) of limbs (2a, 2b) in the central inner region (4) is greater than the height (d) at the peripheral outer edge (5) of the torus.

3. Toroidal inductor according to Claim 1 or 2, characterized in that neighbouring limbs of partial windings (7-10) have different lengths, measured from the central inner region (4) to the peripheral outer edge (5; 11, 12) of the torus.

4. Toroidal inductor according to one of Claims 1 to 3, characterized

a) in that the torus is peripherally bounded polygonally,
b) in particular rectangularly (11, 12).

5. Toroidal inductor according to one of Claims 1 to 4, characterized

a) in that the partial winding (18) has a box profile with rounded or chamfered internal corners (18a),
b) in particular, in that outer faces of the partial windings (18) are enlarged relative to their inner faces.

6. Toroidal inductor according to one of Claims 1 to 4, characterized

a) in that the partial windings (13) have 2 connection elements (13a, 13b) which enclose between them an internal angle (α) in the range of from 90°-150°,
b) in particular in the range of from 100°-130°.

7. Toroidal inductor according to one of Claims 1 to 6, characterized

a) in that the partial windings (20) are formed from a stranded conductor,
b) in particular, in that the partial windings are produced from Roebel-transposed or interlaced sheet sections.

8. Toroidal inductor according to one of Claims 1 to 7, characterized

a) in that the partial windings (22) have inner and/or outer cooling elements or cooling devices (32-35),
b) in particular, in that a clamping bolt (28) having an inner coolant channel (28a) is provided at the centre of the toroidal inductor (1).

9. Toroidal inductor according to one of Claims 1 to 8, characterized in that the partial windings (14) have a plurality of turns situated one on top of the other.

10. Toroidal inductor according to one of Claims 1 to 8, characterized

a) in that at least one partial winding (22) has a winding part with one turn
b) and a first or starting connector (36) with at least a first bearing location, and a second or end connector (37), separated from the former, with at least a second bearing location (37', 37")
c) which connectors are interlaced with each other,
d) in particular, in that the starting connector (36) has a mating part, in the form of a recess or a projection, which is complementary with a mating part (37') of the end connector (37), and
e) in that the starting and end connectors (36, 37) of neighbouring partial windings (22) are connected by means of a welded join.

Revendications

1. Inductance toroïdale (1)

a) en plusieurs parties de bobinages respectivement en bobinages partiels (2, 7 - 10, 13, 18, 22, 39), disposés côte à côte en tore,
b) dont chaque bobinage partiel présente au moins une spire et
c) avec au moins un élément de liaison (3 ; 36 ; 37) pour le branchement en série et/ou en parallèle des bobinages partiels qui sont en liaison électrique,
d) avec lequel la largeur (a) des membres (2a, 2b) des bobinages partiels (2) sont plus petit dans un périmètre central intérieur (4) du tore, que la largeur (b) au bord extérieur (5) de la périphérie
caractérisée en ce que,
e) les bobinages partiels (2) présentent selon leur longueur une surface de coupe transversale au moins approximativement constante et
f) sont entourés d'un bandage de contrainte périphérique (29).

2. Inductance toroïdale selon la revendication 1, caractérisée en ce que la hauteur (c) des membres (2a, 2b) dans le périmètre intérieur central (4) est supérieure à la hauteur (d) au bord périphérique extérieur (5) du tore.

3. Inductance toroïdale selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que des membres voisins de bobinages partiels (7 - 10) présentent des longueurs différentes, mesurées du périmètre intérieur central (4) vers le bord périphérique extérieur (5, 11, 12) du tore.

4. Inductance toroïdale selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que

   a) la périphérie du tore est anguleuse,
   b) notamment délimitée par un rectangle (11, 12)

5. Inductance toroïdale selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que

   a) le bobinage partiel (18) présente un profil de boîte avec des angles intérieurs (18a) arrondis ou chanfreinés,
   b) notamment en ce que les surfaces extérieures des bobinages partiels (18) sont agrandies par rapport à leurs surfaces intérieures,

6. Inductance toroïdale selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que

   a) les bobinages partiels (13) présentent 2 éléments de liaison (13a, 13b) qui forment mutuellement un angle interne (a) dans la plage 90° - 150°
   b) notamment dans la plage 100° - 130°.

7. Inductance toroïdale selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que

   a) les bobinages partiels (20) sont constitués de torons,
   b) notamment en ce que les bobinages partiels sont fabriqués à partir de découpes de tôles tordues respectivement vrillées.

8. Inductance toroïdale selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en ce que

   a) les bobinages partiels (22) présentent des éléments de refroidissement respectivement des installations de refroidissement (32 - 35) intérieurs et/ou extérieurs,
   b) au centre de l'inductance toroïdale (1) est notamment prévu un boulon de serrage (28) avec un canal de refroidissement intérieur (28a).

9. Inductance toroïdale selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que les bobinages partiels (14) présentent plusieurs enroulements superposés.

10. Inductance toroïdale selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que

    a) au moins un bobinage partiel (22) présente un élément de bobinage avec un enroulement,
    b) et une première pièce de liaison respectivement de début (36) avec au moins une première surface de contact ainsi qu'une seconde pièce de liaison respectivement de fin (37) avec au moins une seconde surface de contact (37', 37"), qui sont séparées l'une de l'autre
    c) ces pièces de liaison sont mutuellement réunies de manière croisée,
    d) notamment en ce que la pièce de liaison de début (36) présente un ajustage en forme d'un évidement ou d'un épaulement, qui est complémentaire à un ajustage (37') de la pièce de liaison de fin (37), et que
    e) les pièces de liaison de début et de fin (36, 37) sont raccordées aux bobinages partiels voisins (22) au moyen d'un cordon de soudure.

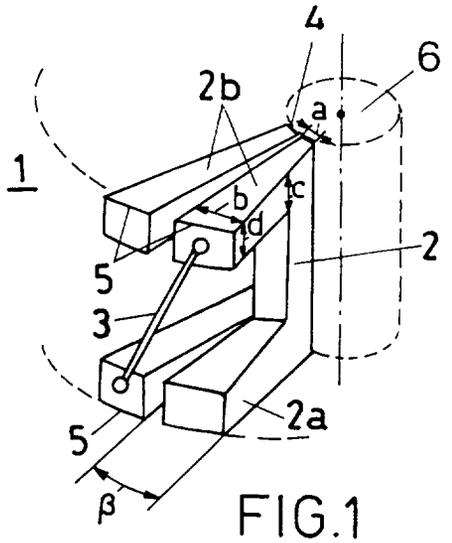


FIG.1

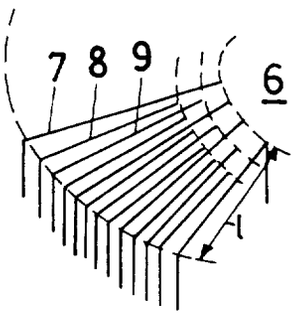


FIG.2

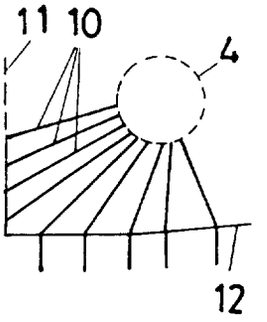


FIG.3

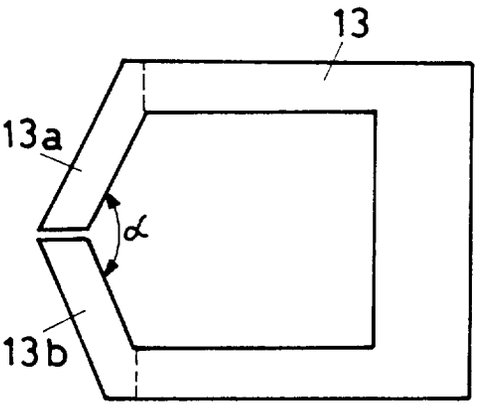


FIG.4

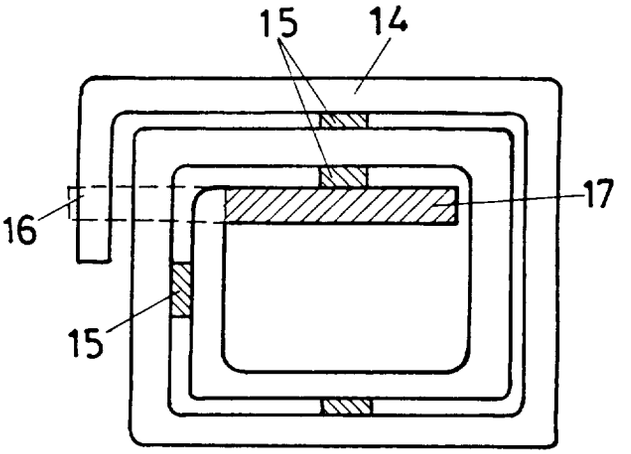


FIG.5

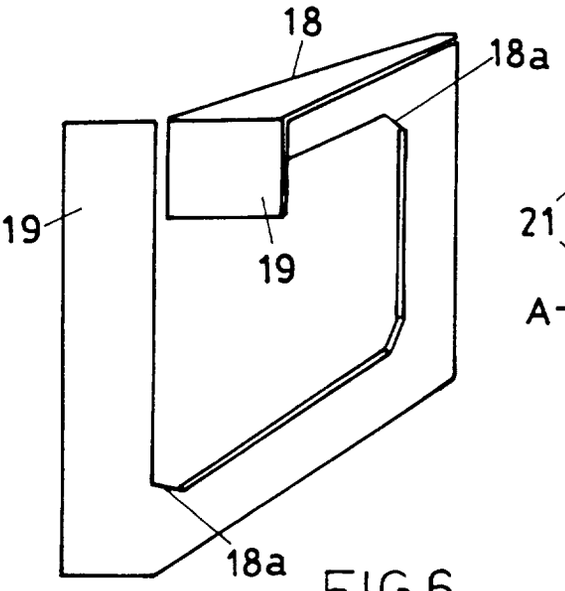


FIG.6

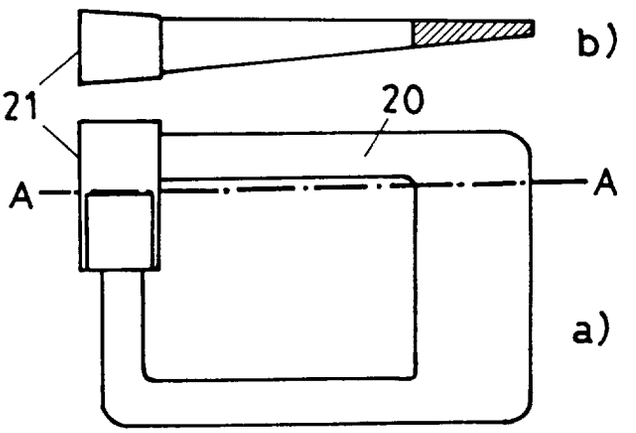


FIG.7

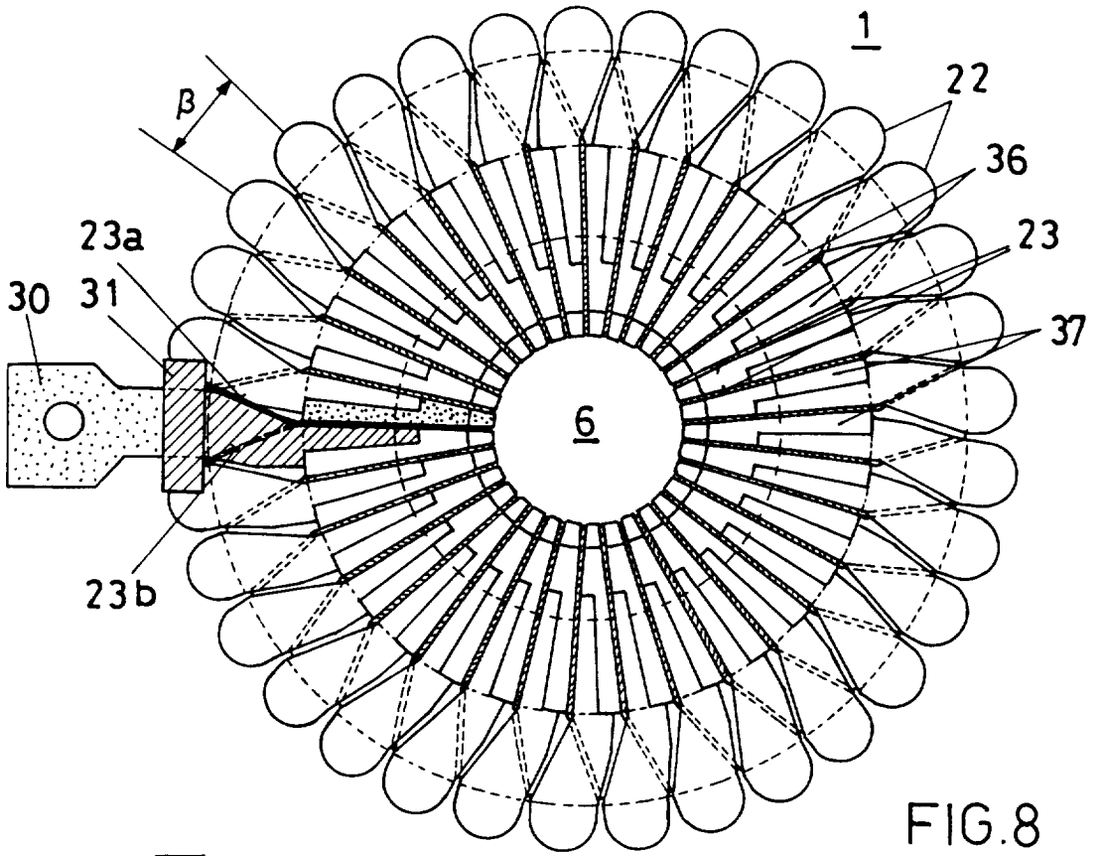

1
22
36
23
37
β
23a
30
31
6
23b

FIG.8

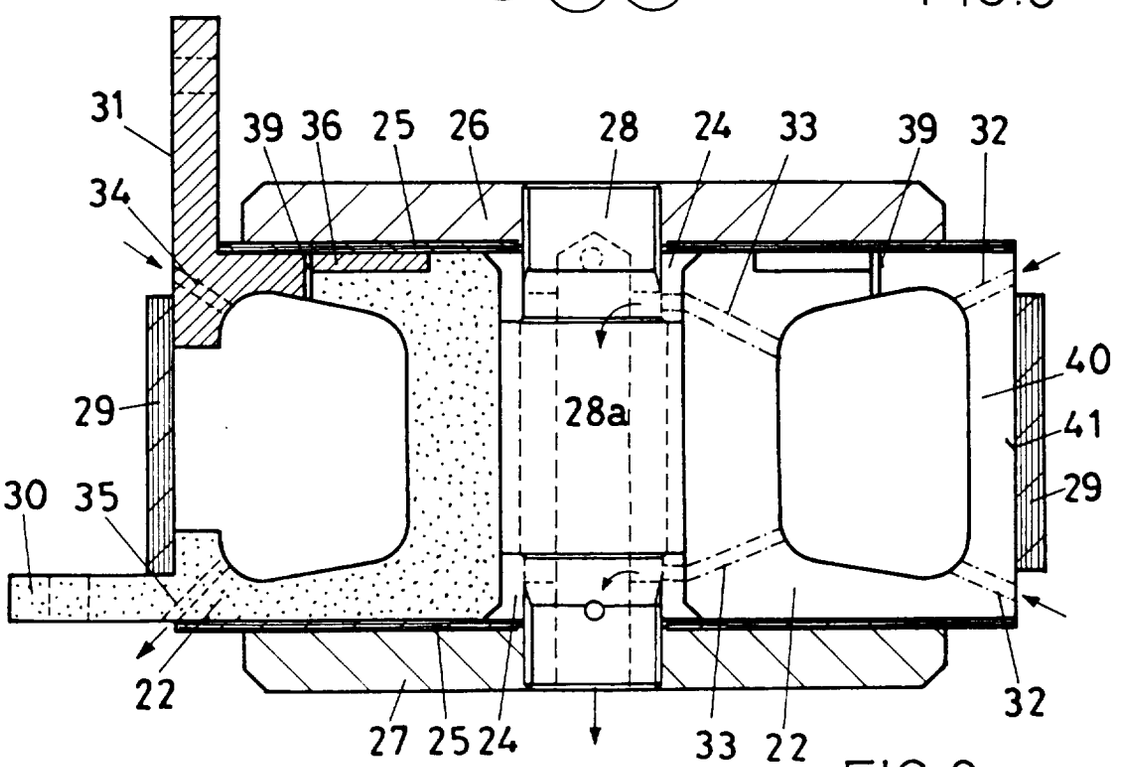

31
39
36
25
26
28
24
33
39
32
34
40
29
28a
41
29
30
35
22
27
25
24
33
22
32

FIG.9

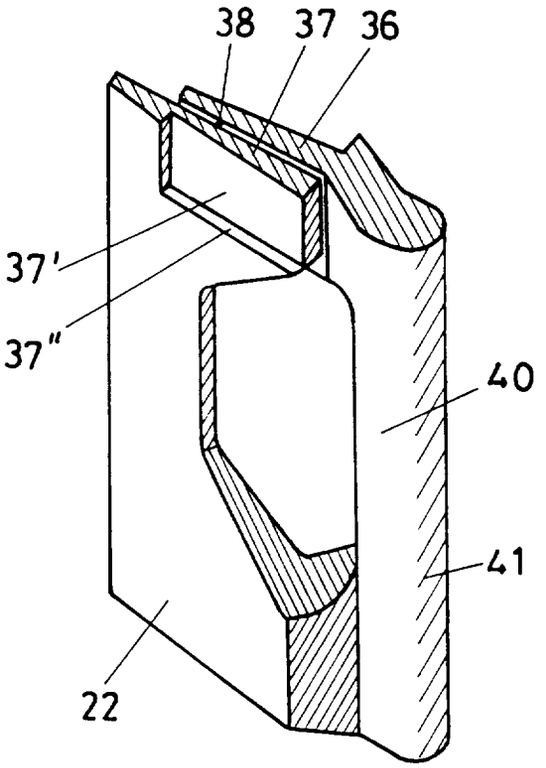


FIG.10

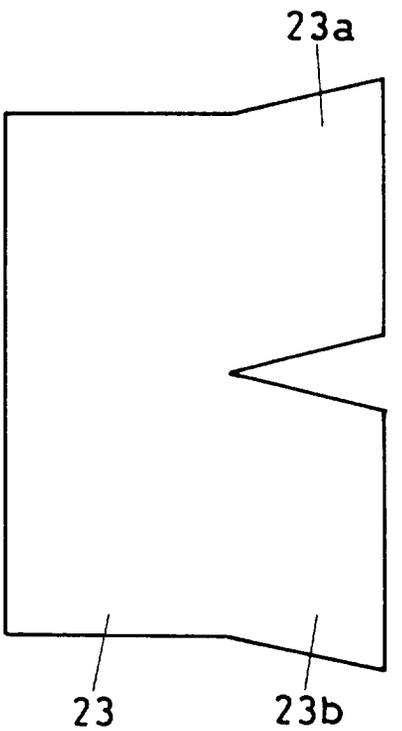


FIG.11

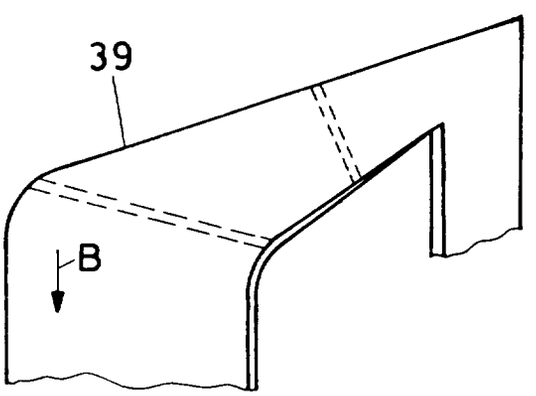


FIG.12