



(11)

EP 2 200 052 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
01.05.2013 Patentblatt 2013/18

(51) Int Cl.:
H01F 17/00 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09178355.5**

(22) Anmeldetag: **08.12.2009**

(54) **Stromkompensierte Drossel und Verfahren zur Herstellung einer Stromkompensierten Drossel**

Electricity-compensated throttle and method for producing an electricity-compensated throttle

Piège compensé par du courant et procédé de fabrication d'un piège compensé par du courant

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**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 SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **18.12.2008 DE 102008054939**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.06.2010 Patentblatt 2010/25

(73) Patentinhaber: **Vacuumschmelze GmbH & Co. KG
63450 Hanau (DE)**

(72) Erfinder:
• **Hundt, Harald
64807, Dieburg (DE)**
• **Schoenbohm, Hartmut
63526, Erlensee (DE)**
• **Proksch, Dieter
63791, Karlstein (DE)**

• **Trabold, Klemens
63820, Elsenfeld (DE)**
• **Engelstädter, Michael
63500, Seligenstadt (DE)**

(74) Vertreter: **Bickel, Michael
Westphal, Mussnug & Partner
Patentanwälte
Herzog-Wilhelm-Strasse 26
80331 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A1- 0 175 069 EP-A1- 1 367 612
DE-A1-102005 006 344 DE-B1- 1 613 570
DE-U1- 29 908 197 FR-A1- 2 721 137**

• **CARR J J: "BUILDING YOUR OWN TOROID CORE
INDUCTORS AND RF TRANSFORMERS",
ELEKTOR, CANTERBURY, GB, Bd. 20, Nr. 219, 1.
Februar 1994 (1994-02-01), Seiten 52-58,
XP000430260, ISSN: 0268-4519**

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 2 200 052 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine stromkompensierte Drossel gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und ein Verfahren zur Herstellung einer derartigen strom-

[0002] Drosseln sind induktive Bauteile in der Elektrotechnik und Elektronik, die unter anderem Verwendung bei der Unterdrückung von Störpulsen finden. Eine weit verbreitete Unterart von Entstördrosseln, beispielsweise zur Unterdrückung von Störströmen, die gleichsinnig in Hin- und Rückleitung auftreten, sind stromkompensierte Drosseln, die auch unter der Bezeichnung "Gleichtaktdrosseln" (Common Mode Chokes) bekannt sind. Stromkompensierte Drosseln zeichnen sich durch mehrere, mindestens aber zwei Wicklungen aus, die gegensinnig vom Arbeitsstrom durchflossen werden, aus. Als Konsequenz heben sich bei idealen, d.h. zueinander völlig symmetrischen Wicklungen mit gleicher Windungszahl, gleichem Sektor und gleicher Drahtführung die magnetischen Felder der Wicklungen im Kern der Drossel auf, so dass die Drossel für den Arbeitsstrom eine geringe Induktivität aufweist, während die Induktivität der Drossel für die gleichsinnig auftretenden Störströme hoch ist. Abweichungen von einer idealen, völlig symmetrischen Wicklung führen mit steigender Frequenz des Arbeitsstroms zu Verlusten, die möglichst gering zu halten sind.

[0003] Die Auslegung stromkompensierter Drosseln unterliegt einer Vielzahl von Randbedingungen. Um die ohmschen Verluste gering zu halten, wählt man die für die Wicklung verwendeten Drähte möglichst dick. Um hohe Induktivitäten für gleichsinnige Störströme zu erreichen, erfolgt die Wicklung in der Regel auf einem ringförmigen Magnetkern, der aber wegen verschiedenster Einbaubedingungen möglichst klein sein sollte. Dabei sollte die einzelne Wicklung aber zugleich möglichst viele Windungen umfassen. Wesentlich ist weiterhin die galvanische Trennung zwischen den Wicklungen. Es muss also verhindert werden, dass sich Drähte der einzelnen Wicklungen, deren Windungen sämtlich durch das Innenloch des ringförmigen Magnetkerns geführt werden müssen, berühren.

[0004] Diese Randbedingungen erzwingen im Regelfall die Bewicklung stromkompensierter Drosseln von Hand oder unter Verwendung handbetriebener mechanischer Zugeinrichtungen und ähnlicher mechanischer Hilfsmittel, z.B. von Häkelnadeln. Mit einer derartigen manuellen Wickeltechnik ist es aber praktisch unmöglich, exakt symmetrische Wicklungen zu erreichen. In der Regel kommt es trotz des hohen Herstellungsaufwandes zu Überkreuzungen zwischen den Drähten einzelner Windungen und Ungenauigkeiten in der Führung der Drähte.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, die Symmetrie der Wicklungen bei einer stromkompensierten Drossel zu verbessern ohne den Aufwand zu erhöhen.

[0006] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine stromkompensierte Drossel mit den Merkmalen des An-

spruchs 1 und ein Verfahren zur Herstellung einer stromkompensierten Drossel mit den Merkmalen des Anspruchs 12. Vorteilhafte Ausführungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den jeweiligen Unteransprüchen angegeben.

[0007] Eine erfindungsgemäße stromkompensierte Drossel weist einen Ringkern und eine gerade Anzahl, mindestens jedoch zwei jeweils aus derselben Anzahl von Windungen bestehenden Wicklungen auf, wobei ferner im Inneren des Ringkerns ein nicht leitender Körper mit paarweise spiegelsymmetrisch zu einer Symmetrieachse des Ringkerns ausgeführten Löchern angeordnet ist. Dabei ist durch jedes Loch zumindest einiger der Paare symmetrischer Löcher jeweils eine Windung geführt, und durch die beiden zu einem Paar gehörenden Löcher sind einander entsprechende Windungen einander zugeordneter Wicklungen geführt sind.

[0008] Der Ringkern dient dabei als Trägerstruktur, auf die die Wicklungen direkt oder indirekt aufgebracht sind.

[0009] Unter einander zugeordneten Wicklungen sind dabei die Wicklungen zu verstehen, deren Magnetfelder sich, wenn die Wicklungen mit dem Arbeitsstrom durchflossen werden, jeweils kompensieren sollen, die also im Idealfall zueinander völlig symmetrisch aufgebaut sind. Diese Symmetrie legt auch fest, welche Windungen der Wicklungen einander entsprechen; in der Regel wird sich diese Entsprechung aber auch durch gleichsinniges Abzählen der Windungen einander entsprechender Wicklungen bestimmen lassen. Bei symmetrischen Wicklungen mit N Windungen werden dabei die Windungen, die dieselbe Ordnungszahl n mit $1 \leq n \leq N$ beim Abzählen zugewiesen erhalten, einander entsprechen.

[0010] Es ist also erfindungsgemäß vorgesehen, den Verlauf der einzelnen Windungen jeweils exakt vorzugeben, indem ihr Anfangs- und Endpunkt definiert festgelegt werden. Durch das Festziehen der einzelnen Windungen im Verlauf des Herstellungsprozesses wird dann die kürzeste unter Berücksichtigung der geometrischen Randbedingungen mögliche Verbindung hergestellt. Bei paarweise symmetrischer Anordnung der Löcher und Vorgabe gleicher geometrischer Randbedingungen für diese Lochpaare, insbesondere durch die Geometrie des Ringkerns und die geometrische Ausgestaltung des nicht leitenden Körpers, wird dadurch die exakte Symmetrie der einzelnen einander zugeordneten Windungen der einander kompensierenden Wicklungen und somit der gesamten Wicklungen garantiert. Insbesondere ist ein ungewolltes Überkreuzen von Wicklungen ausgeschlossen.

[0011] Eine besonders einfache Ausgestaltung des nicht leitenden Körpers ist eine im Innenraum des Ringkerns, also bei kleineren Radien als dem Innenradius des Ringkerns, angeordnete Scheibe ist, deren Kreisflächen parallel zur Richtung, in der sich ein Innenradiusvektor des Ringkerns erstreckt, verlaufen.

[0012] Es hat sich weiterhin als vorteilhaft erwiesen, wenn der Ringkern von einem mindestens aus zwei Teilen zusammengesetzten Kunststoffkörper umschlossen

ist. Durch diese Maßnahme lässt sich auf einfache Weise eine verbesserte Stabilität des dann durch Ringkern und Kunststoffkörper gebildeten Drosselkörpers gegenüber den gerade bei Verwendung dicker Drähte für die Wicklungen bei der Herstellung der Drossel eingesetzten hohen Zugkräften erzielen. Ferner wird dadurch der Einfluss von Umgebungseinflüssen auf den Ringkern reduziert.

[0013] In diesem Fall ist eine besonders einfache Montage der stromkompensierten Drossel möglich, wenn der nicht leitende Körper mit einem der Teile des zusammengesetzten Kunststoffkörpers verbunden ist oder Bestandteil eines der Teile des zusammengesetzten Kunststoffkörpers ist. Eine einfach herzustellende Ausgestaltung des Kunststoffkörpers liegt insbesondere in einer Ausgestaltung als zwei ringförmige Halbschalen, die den Ringkern aufnehmen bzw. umschließen.

[0014] Der Ringkern wird besonders effektiv vor Umgebungseinflüssen, die bei lokaler Wechselwirkung mit Teilen des Ringkerns an den betroffenen Stellen dessen magnetische Eigenschaften ändern und damit die Funktion der stromkompensierten Drossel beeinträchtigen könnten, wenn die zwei Halbschalen des Kunststoffkörpers derart überlappen, dass sie im inneren und äußeren Umfang formschlüssig geführt sind.

[0015] Je nach Anwendung kann es vorteilhaft sein, wenn die Halbschalen des Kunststoffkörpers mit einer Ultraschallschweißnaht miteinander verbunden sind, was zu optimaler Abdichtung führt, wenn die Halbschalen des Kunststoffkörpers mittels beidseitig aufgebracht Gewinde miteinander verschraubbar sind, was ein nachträgliches Öffnen des Kunststoffkörpers erlaubt, oder wenn die zwei Halbschalen des Kunststoffkörpers durch einen Rastmechanismus miteinander verbunden sind, was eine besonders einfache und kostengünstige Herstellung mit sich bringt.

[0016] In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung sind auf der Oberfläche des Kunststoffkörpers Führungselemente zur Führung und Trennung der Windungen angeordnet und/oder in die Oberfläche des Kunststoffkörpers Führungselemente eingebracht. Dadurch wird es möglich, die geometrischen Randbedingungen und somit den Verlauf der Windungen nach Wunsch zu beeinflussen, während ohne derartige Führungselemente stets die kürzeste Verbindung auf der Oberfläche des Drosselkörpers zwischen der Ausgangsseite des Loches, an der die fragliche Windung beginnt und der Eingangsseite des Loches, an der sie endet, den Verlauf der Windung bestimmt. Die Führungselemente können insbesondere als Grate, Nuten oder eine Kombination von Graten und Nuten realisiert werden.

[0017] Bevorzugtes Material für den Kunststoffkörper ist ein hochtemperaturbeständigen Kunststoff, insbesondere Polyetheretherketon (PEEK) oder Polyphenylensulfid (PPS).

[0018] Besonders einfach wird die Herstellung der stromkompensierten Drossel, wenn die Löcher in dem nicht leitenden Körper in mindestens einer Richtung eine

sich von der Oberfläche des nicht leitenden Körpers aus in Erstreckungsrichtung des Loches konisch verjüngende Einführhilfe aufweisen.

[0019] Bevorzugtes Material für den Ringkern der stromkompensierten Drossel ist wegen der für die meisten Anwendungen vorteilhaften magnetischen Eigenschaften ein weichmagnetisches Band und insbesondere ein weichmagnetisches Band, das aus einer amorph oder nanokristallinen Legierung besteht. Der Ringkern kann beispielsweise einen Außendurchmesser von mindestens 20 mm besitzen.

[0020] Als Material für die Wicklungen einer derartigen stromkompensierten Drossel hat sich insbesondere wegen seiner guten Leitungseigenschaften Kupferdraht bewährt, der vorzugsweise lackiert ist und/oder eine hochtemperaturbeständige Isolierung, insbesondere Polyesterimid (PEI) oder Polyimid (PI) besitzt. Um die in typischen Anwendungsfällen auftretenden Ströme verlustarm leiten zu können, kann der Kupferdraht einen Durchmesser von mehr als 2 mm haben.

[0021] Zur Isolierung der Stromkompensierten Drossel nach außen kann insbesondere bei Verwendung von blankem Kupferdraht das Vorsehen einer isolierenden Beschichtung einer Dicke von zwischen 5 und 200 µm (5 bis 50 µm oder 50 bis 200 µm) von Vorteil sein, die beispielsweise durch Aufsprühen oder Tauchbeschichtung bei der Herstellung der stromkompensierten Drossel erhalten werden kann.

[0022] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung einer stromkompensierten Drossel, weist zumindest die Schritte

a) Fixieren eines Ringkerns, der in seinem Inneren einen nicht leitenden Körper mit paarweise spiegelsymmetrisch zu einer Symmetrieachse des Ringkerns ausgeführte Löcher aufweist, wobei die auf der einen Seite der Symmetrieachse liegenden Löcher eine erste Gruppe und die auf der zweiten Seite der Symmetrieachse liegenden Löcher eine zweite Gruppe bilden,

b) Führen eines Drahtabschnitts durch eines der Löcher einer der Gruppen,

c) Führen mindestens eines der Enden des Drahtabschnittes in einer den Ringkern umschließenden Schlaufe durch ein weiteres Loch derselben Gruppe, wobei das erste Ende des Drahtabschnitts in entgegengesetzter Richtung durch Löcher geführt wird wie das zweite Ende und

d) Wiederholen der Schritte b) und c) für die andere Gruppe mit einem weiteren Drahtabschnitt,

wobei ferner entweder nach der Durchführung der Schritte c) und d) an jedem der Drahtabschnitte ein Zug ausgeübt wird oder nach Ausführung des Schritts c) an dem entsprechenden Drahtabschnitt ein Zug ausgeübt wird.

[0023] Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird auf sichere und reproduzierbare Weise eine stromkompensierte Drossel hergestellt, bei der sichergestellt ist, dass diese nahezu identische, in sehr guter Näherung symmetrische Wicklungen aufweist, so dass die Verluste in der stromkompensierten Drossel auch und gerade bei Verwendung von hochfrequentem Arbeitsstrom signifikant verringert werden. Dies geschieht dadurch, dass bei Vorgabe der Löcher in dem nichtleitenden Körper, durch die eine gegebene Windung geführt wird, durch geometrische Zwangsbedingungen der Verlauf der Wicklung, den sie bei Zug am Draht einnimmt, eindeutig vorbestimmt ist. Eine symmetrische Anordnung der Löcher, durch die die Windungen der einen bzw. der anderen Wicklung geführt werden, führt bei identischen geometrischen Randbedingungen für die einzelnen Windungen, die durch den Ringkern und die Form des nichtleitenden Körpers sichergestellt werden, damit automatisch zu identischen Wicklungen, solange die gegebene Wicklung in beiden Fällen durch korrespondierende Lochpaare geführt sind. Insbesondere kann eine Überkreuzung von Windungen nur bewusst durch Wahl entsprechender Lochkombinationen für den Verlauf der einander kreuzenden Windungen herbeigeführt werden und ist andernfalls ausgeschlossen.

[0024] Sehr vorteilhaft ist die Verwendung eines beidseitigen Zuges, da bei diesem sichergestellt ist, dass alle Windungen, die dem Zug ausgesetzt werden, in etwa gleich stark gespannt werden. Dies ist insbesondere deshalb relevant, weil ein hinreichender Zug ausgeübt werden muss, um dem Windungsmaterial aller Windungen den durch die geometrischen Zwangsbedingungen vorgegebenen Verlauf aufzuprägen. Bei sehr inhomogener Spannung an den einzelnen Windungen bedeutet dies, dass eine deutlich höhere Belastung als der hinreichende Zug an einigen Stellen des Ringkörpers auftritt, was zu dessen Bruch an den fraglichen Stellen führen kann.

[0025] Ein Verfahren mit besonders wenigen Schritten erhält man, wenn der Zug ausgeübt wird, nachdem der Drahtabschnitt durch alle zu einer Gruppe gehörenden Löcher oder durch alle zu beiden Gruppen gehörenden Löcher geführt wurde. Allerdings sind dafür hohe Zugkräfte notwendig.

[0026] Will man die benötigten Zugkräfte minimieren, was besonders bei Verwendung sehr dicker Drähte als Material für die Wicklungen der Fall ist, ist es vorteilhaft, wenn der Zug jedesmal ausgeübt wird, wenn der Drahtabschnitt durch ein weiteres Loch geführt wurde.

[0027] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den Figuren der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert, gleiche Bauteile, soweit nichts anderes erwähnt ist, in allen Figuren mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet sind. Es zeigt:

Figur 1 einen Drosselkörper einer erfindungsgemäßen stromkompensierten Drossel in Frontalansicht,

Figur 2 einen Schnitt durch den Drosselkörper aus Figur 1 entlang der Schnittrlinie A-A,

Figur 3 einen Schnitt durch den Drosselkörper aus Figur 1 entlang der Schnittrlinie B-B und

Figur 4 den mit Wicklungen versehenen Drosselkörper aus Figur 1 in Frontalansicht.

[0028] Figur 1 zeigt einen erfindungsgemäßen Drosselkörper 10, also die unbewickelte Drossel, in Frontalansicht. Es ist eine erste Halbschale 11 eines Kunststoffkörpers gezeigt, die Grate 12 und Vertiefungen 13 aufweist. Mit der Halbschale 11 ist ein als Scheibe ausgeführter nichtleitender Körper 14 einstückig verbunden, dessen sichtbare obere Kreisfläche parallel zu einem nicht dargestellten Innenradiusvektor eines in Figur 1 durch die erste Halbschale 11 verdeckten, aber in Figuren 2 und 3 erkennbaren Ringkerns 23 verläuft. Der nichtleitende Körper 14 wird von Löchern 15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5 und 15.6 in Blickrichtung durchsetzt. Die Löcher 15.1 bis 15.3 bilden eine erste Gruppe von Löchern, die Löcher 15.4 bis 15.6 eine zweite Gruppe von Löchern, die zur ersten Gruppen von Löchern 15.1 bis 15.3 symmetrisch bezüglich der Symmetrieachse A-A angeordnet sind. Dabei sind die Löcher 15.1 und 15.4, 15.2 und 15.5 und 15.3 und 15.6 jeweils paarweise symmetrisch zueinander bzw. bilden Paare von symmetrischen Löchern. Außer der Symmetrieachse A-A ist noch eine Schnittachse B-B dargestellt, die den in Figur 3 dargestellten Schnitt verdeutlicht.

[0029] Figur 2 zeigt einen Schnitt durch den Drosselkörper 10 aus Figur 1 entlang der Symmetrieachse A-A. Es ist wiederum die erste Halbschale 11 gezeigt, deren Schnittfläche hier durch Schraffur von links oben nach rechts unten erkennbar ist, sowie die Grate 12 der ersten Halbschale sowie die einstückig mit der ersten Halbschale 11 und als Scheibe ausgeführte und daher ebenso schraffierte nichtleitende Körper 14. Ferner ist gezeigt eine zweite Halbschale 21, deren Schnittfläche hier durch Schraffur von rechts oben nach links unten dargestellt ist, und Graten 22 aufweist. Erste und zweite Halbschale 21, 22 umschließen den Ringkern 23, und zwar derart, dass sie am inneren Umfang 24 und am äußeren Umfang 25 jeweils formschlüssig geführt sind.

[0030] Figur 3 zeigt einen Schnitt durch den Drosselkörper 10 aus Figur 1 entlang der Symmetrieachse B-B. Es ist zu erkennen wie in Figur 2 die erste Halbschale 11, deren Schnittfläche auch hier durch Schraffur von links oben nach rechts unten dargestellt ist, sowie der einstückig mit der ersten Halbschale 11 als Scheibe ausgeführte und daher ebenso schraffierte nichtleitende Körper 14 und die zweite Halbschale 21, deren Schnittfläche hier durch Schraffur von rechts oben nach links unten dargestellt ist. Erste und zweite Halbschale 21, 22 umschließen den Ringkern 23 derart, dass sie am inneren Umfang 24 und am äußeren Umfang 25 jeweils formschlüssig geführt sind. Zusätzlich sind in Figur 3 auch

die Löcher 15.2 und 15.5 zu erkennen, den als Scheibe ausgeführten nichtleitenden Körper 14 durchsetzen. An Eingang und Ausgang der Löcher weisen diese jeweils sich von der Oberfläche des nichtleitenden Körpers 14 aus in Erstreckungsrichtung des Loches konisch verjüngende Einführhilfen 31,32,33,34 auf.

[0031] Anhand der Figuren 1 bis 3 wird das erfindungsgemäße Verfahren beispielhaft erläutert. Zunächst wird ein Drosselkörper 10, wie er in den Figuren 1 bis 3 dargestellt ist, und damit der in diesem enthaltene Ringkern 23 fixiert. Dann wird ein Drahtabschnitt entgegen der Blickrichtung der Figur 1 durch das Loch 15.2 geführt. Der Einführvorgang wird dabei durch die Einführhilfe 31 erleichtert. Das aus dem Loch 15.2 in der Darstellung der Figur 1 entgegen der Blickrichtung austretende Ende des Drahtabschnitts wird dann in einer den Ringkern umschließenden Schlaufe, somit von der in Figur 1 nicht sichtbaren Seite des nichtleitenden Körpers 14 her durch das Loch 15.1 hindurchgeführt. Das aus dem Loch 15.2 in der Darstellung der Figur 1 in Blickrichtung austretende Ende des Drahtabschnitts wird in einer den Ringkern umschließenden Schlaufe, somit von der in Figur 1 sichtbaren Seite des nichtleitenden Körpers 14 her, durch das Loch 15.3 hindurchgeführt. Wird nun ein beidseitiger Zug auf den Drahtabschnitt ausgeübt, legen sich die Schlaufen, geführt durch die Grate 12 und Vertiefungen 13, als Windungen einer Wicklung um den Spulenkörper.

[0032] Anschließend wird ein zweiter Drahtabschnitt entgegen der Blickrichtung der Figur 1 durch das Loch 15.5 geführt. Der Einführvorgang wird dabei durch die Einführhilfe 33 erleichtert. Das aus dem Loch 15.5 in der Darstellung der Figur 1 entgegen der Blickrichtung austretende Ende des Drahtabschnitts wird dann in einer den Ringkern umschließenden Schlaufe, somit von der in Figur 1 nicht sichtbaren Seite des nichtleitenden Körpers 14 her durch das Loch 15.4 hindurchgeführt. Das aus dem Loch 15.5 in der Darstellung der Figur 1 in Blickrichtung austretende Ende des Drahtabschnitts wird in einer den Ringkern umschließenden Schlaufe, somit von der in Figur 1 sichtbaren Seite des nichtleitenden Körpers 14 her, durch das Loch 15.6 hindurchgeführt. Wird nun ein beidseitiger Zug auf den Drahtabschnitt ausgeübt, legen sich die Schlaufen, geführt durch die Grate 12 und Vertiefungen 13, als Windungen einer Wicklung um den Spulenkörper. Die Wicklungen mit drei Windungen können somit jeweils durch einen einzigen Zugvorgang hergestellt werden.

[0033] Natürlich könnte auch ein einseitiger Zug ausgeübt werden, der Zug könnte bereits nach dem Legen einer einzigen Schlaufe ausgeübt werden, oder es könnte nach dem Legen der Schlaufen für beide Drahtabschnitte der Zug gleichzeitig oder nacheinander an diesen Drahtabschnitten ausgeübt werden.

[0034] Figur 4 zeigt den umwickelten Drosselkörper 10 aus Figur 1, also die fertiggestellte stromkompensierte Drossel 1 in verschiedenen Perspektive. Sichtbar sind die erste Halbschale 11 und der einstückig dazu ausgeführte nichtleitende Körper 14. Die Löcher 15.1 bis 15.6

des nichtleitenden Körpers 14 sind in Figur 4 nicht mehr zu erkennen, da sie durch Draht gefüllt sind. Man erkennt weiter die erste Wicklung 41 mit Windungen 42.1 und 42.2 sowie die zweite Wicklung 43 mit Windungen 44.1 und 44.2. Erste Wicklung 41 und zweite Wicklung 43 sind exakt symmetrisch zueinander aufgebaut, dasselbe gilt dementsprechend für die jeweils einander entsprechenden Windungen 42.1 und 44.1 bzw. 42.2 und 44.2.

10 Bezugszeichenliste

[0035]

1	stromkompensierte Drossel
10	Drosselkörper
11	erste Halbschale
12	Grat
13	Vertiefung
14	nicht leitender Körper
15.1-15.6	Löcher
21	zweite Halbschale
22	Grat
23	Ringkern
24	innerer Umfang
25	äußerer Umfang
31,32,33,34	Einführhilfe
41	erste Wicklung
42.1, 42.2	Windung
43	zweite Wicklung
44.1, 44.2	Windung
A-A	Symmetrieachse (und auch Schnittachse)
B-B	Schnittachse

35 Patentansprüche

1. Stromkompensierte Drossel (1) mit einem Ringkern (23) und mindestens zwei jeweils aus derselben Anzahl von Windungen (42.1, 42.2, 44.1, 44.2) bestehenden Wicklungen (41, 43),
dadurch gekennzeichnet, dass im Inneren des Ringkerns (23) ein nicht leitender Körper (14) mit paarweise spiegelsymmetrisch zu einer Symmetrieachse (A-A) des Ringkerns ausgeführten Löchern (15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6) angeordnet ist, wobei durch jedes Loch zumindest einiger der Paare symmetrischer Löcher (15.1, 15.4; 15.2, 15.5; 15.3, 15.6) jeweils eine Windung (42.1, 42.2, 44.1, 44.2) geführt ist, und durch die beiden zu einem Paar gehörenden Löcher (15.1, 15.4; 15.2, 15.5; 15.3, 15.6) einander entsprechende Windungen (42.1, 44.1; 42.2, 44.2) unterschiedlicher Wicklungen (41, 43) geführt sind.
2. Stromkompensierte Drossel (1) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass der nicht leitende Körper (14) eine im Innenraum des Ringkerns an-

- geordnete Scheibe ist, deren Kreisflächen parallel zu einer Richtung, in der sich ein Innenradiusvektor des Ringkerns (23) erstreckt, verlaufen.
3. Stromkompensierte Drossel (1) nach Anspruch 1 oder 2, 5
dadurch gekennzeichnet, dass der Ringkern (23) von einem mindestens aus zwei Teilen zusammengesetzten Kunststoffkörper umschlossen ist.
 4. Stromkompensierte Drossel (1) nach Anspruch 3, 10
dadurch gekennzeichnet, dass der nicht leitende Körper (14) mit einem der Teile des zusammengesetzten Kunststoffkörpers verbunden ist oder Bestandteil eines der Teile des zusammengesetzten Kunststoffkörpers ist. 15
 5. Stromkompensierte Drossel (1) nach Anspruch 3 oder 4, 20
dadurch gekennzeichnet, dass der Kunststoffkörper aus zwei Halbschalen (11, 21) besteht.
 6. Stromkompensierte Drossel nach Anspruch 5, 25
dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Halbschalen (11, 21) des Kunststoffkörpers derart überlappen, dass sie im inneren und äußeren Umfang (24, 25) formschlüssig geführt sind.
 7. Stromkompensierte Drossel (1) nach Anspruch 5 oder 6, 30
dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Halbschalen (11, 21) des Kunststoffkörpers mit einer Ultraschallschweißnaht oder mittels beidseitig aufgebracht Gewinde durch einen Rastmechanismus miteinander verbunden sind. 35
 8. Stromkompensierte Drossel (1) nach einem der Ansprüche 5 bis 7, 40
dadurch gekennzeichnet, dass auf der Oberfläche des Kunststoffkörpers Führungselemente zur Führung und Trennung der Windungen angeordnet und/oder in die Oberfläche des Kunststoffkörpers Führungselemente eingebracht sind.
 9. Stromkompensierte Drossel (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, 45
dadurch gekennzeichnet, dass die Löcher (15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6) in dem nicht leitenden Körper (14) in mindestens einer Richtung eine sich von der Oberfläche des nicht leitenden Körpers (14) aus in Erstreckungsrichtung des Loches (15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6) konisch verjüngende Einführhilfe (31, 32, 33, 34) aufweisen. 50
 10. Stromkompensierte Drossel (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, 55
dadurch gekennzeichnet, dass der Ringkern (23) ein weichmagnetisches Band (23) aus einer amorphen oder nanokristallinen Legierung aufweist.
 11. Stromkompensierte Drossel (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Wicklungen (41, 43) Draht mit einem Durchmesser von mehr als 2mm aufweisen.
 12. Verfahren zur Herstellung einer stromkompensierten Drossel (1), umfassend die Schritte
 - a) Fixieren eines Ringkerns (23), der in seinem Inneren einen nicht leitenden Körper (14) mit paarweise spiegelsymmetrisch zu einer Symmetrieachse (A-A) des Ringkerns (23) ausgeführte Löcher (15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6) aufweist, wobei die auf der einen Seite der Symmetrieachse (A-A) liegenden Löcher (15.1, 15.2, 15.3) eine erste Gruppe und die auf der zweiten Seite der Symmetrieachse liegenden Löcher (15.4, 15.5, 15.6) eine zweite Gruppe bilden,
 - b) Führen eines Drahtabschnitts durch eines der Löcher (15.1, 15.2, 15.3 oder 15.4, 15.5, 15.6) einer der Gruppen
 - c) Führen mindestens eines der Enden des Drahtabschnittes in einer den Ringkern (23) umschließenden Schlaufe durch ein weiteres Loch (15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6) derselben Gruppe, wobei das erste Ende des Drahtabschnitts in entgegengesetzter Richtung durch Löcher (15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6) geführt wird wie das zweite Ende
 - d) Wiederholen der Schritte b) und c) für die andere Gruppe mit einem weiteren Drahtabschnitt,
 wobei entweder nach der Durchführung der Schritte c) und d) an jedem der Drahtabschnitte ein Zug ausgeübt wird oder nach Ausführung des Schritts c) an dem entsprechenden Drahtabschnitt ein Zug ausgeübt wird.
 13. Verfahren nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, dass ein beidseitiger Zug ausgeübt wird.
 14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13,
dadurch gekennzeichnet, dass der Zug ausgeübt wird, nachdem der Drahtabschnitt durch alle zu einer Gruppe gehörenden Löcher (15.1, 15.2, 15.3 oder 15.4, 15.5, 15.6) oder durch alle zu beiden Gruppen gehörenden Löcher (15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6) geführt wurde.
 15. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13,
dadurch gekennzeichnet, dass der Zug jedesmal ausgeübt wird, wenn der Drahtabschnitt durch ein weiteres Loch (15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6) geführt wurde.

Claims

1. A current-compensated choke (1) comprising a toroidal core (23) and at least two windings (41, 43), each consisting of the same number of turns (42.1, 42.2, 44.1, 44.2),
characterized in that, in the interior of the toroidal core (23), a non-conductive body (14) having holes (15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6) configured in pairs, mirror symmetrical to an axis of symmetry (A-A) of the toroidal core, wherein one turn (42.1, 42.2, 44.1, 44.2) is guided through each hole of at least some of the pairs of symmetrical holes (15.1, 15.4; 15.2, 15.5; 15.3, 15.6), and corresponding turns (42.1, 44.1; 42.2, 44.2) of different windings (41, 43) are guided through the two holes (15.1, 15.4; 15.2, 15.5; 15.3, 15.6) belonging to one pair.
2. The current-compensated choke (1) according to claim 1,
characterized in that the non-conductive body (14) is a disk arranged in the interior of the toroidal core, the circular surfaces of which extend parallel to a direction in which an internal radius vector of the toroidal core (23) extends.
3. The current-compensated choke (1) according to claim 1 or 2,
characterized in that the toroidal core (23) is surrounded by a plastic body composed of at least two parts.
4. The current-compensated choke (1) according to claim 3,
characterized in that the non-conductive body (14) is connected to one of the parts of the constructed plastic body, or is a component of one of the parts of the constructed plastic body.
5. The current-compensated choke (1) according to claim 3 or 4,
characterized in that the plastic body consists of two half shells (11, 21).
6. The current-compensated choke (1) according to claim 5,
characterized in that the two half shells (11, 21) of the plastic body overlap in such a way that the inner and outer circumferential surfaces (24, 25) thereof are guided in positive engagement.
7. The current-compensated choke (1) according to claim 5 or 6,
characterized in that the two half shells (11, 21) of the plastic body are attached to one another by an ultrasonic weld seam, or by means of threading applied to both sides, via a click-stop mechanism.
8. The current-compensated choke (1) according to any one of claims 5 to 7, **characterized in that** guide elements for guiding and separating the coils are arranged on the surface of the plastic body and/or guide elements are incorporated into the surface of the plastic body.
9. The current-compensated choke (1) according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the holes (15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6) in the non-conductive body (14) have an insertion aid (31, 32, 33, 34) in at least one direction, which aid tapers conically from the surface of the non-conductive body (14) in the direction of extension of the hole 15.1, 15.4; 15.2, 15.5; 15.3, 15.6).
10. The current-compensated choke (1) according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the toroidal core (23) has a soft-magnetic band (23) made of an amorphous or nanocrystalline alloy.
11. The current-compensated choke (1) according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the windings (41, 43) comprise wire having a diameter of more than 2 mm.
12. A method for producing a current-compensated choke (1), comprising the following steps:
 - a) fastening a toroidal core (23), which has in its interior a non-conductive body (14) having with holes (15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6) configured in pairs, mirror symmetrical to an axis of symmetry (A-A) of the toroidal core, wherein the holes (15.1, 15.2, 15.3) lying on the one side of the axis of symmetry (A-A) form a first group and the holes (15.4, 15.5, 15.6) lying on the second side of the axis of symmetry form a second group,
 - b) guiding a segment of wire through one of the holes (15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6) of one of the groups,
 - c) guiding at least one of the ends of the segment of wire in a loop that encompasses the toroidal core (23) through an additional hole (15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6) in the same group, wherein the first end of the segment of wire is guided in the opposite direction through holes (15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6), like the second end, and
 - d) repeating the steps b) and c) for the other group with another segment of wire, wherein either after the completion of steps c) and d), tension is exerted on each of the segments of wire, or after completion of step c), tension is exerted on the corresponding segment of wire.

13. The method according to claim 12, **characterized in that** tension is exerted on both ends.
14. The method according to claim 12 or 13, **characterized in that** the tension is exerted after the segment of wire has been guided through all holes (15.1, 15.2, 15.3 or 15.4, 15.5, 15.6) belonging in one group or through all holes (15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6) belonging to both groups.
15. The method according to claim 12 or 13, **characterized in that** the tension is exerted each time the segment of wire has been guided through an additional hole (15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6).

Revendications

1. Volet de départ compensé par courant (1) comprenant un noyau toroïdal (23) et au moins deux enroulements (41, 43), chacun consistant en un même nombre de spires (42.1, 42.2, 44.1, 44.2), **caractérisé en ce que**, à l'intérieur du noyau toroïdal (23), un corps non conducteur (14) ayant des trous (15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6) configurés par paires, en image miroir symétrique par rapport à un axe de symétrie (AA) du noyau toroïdal, dans lequel une spire (42.1, 42.2, 44.1, 44.2) est guidée à travers chaque trou d'au moins une partie des paires de trous symétriques (15.1, 15.4, 15.2, 15.5, 15.3, 15.6), et des spires correspondantes (42.1, 44.1, 42.2, 44.2) de différents enroulements (41, 43) sont guidées à travers les deux trous (15.1, 15.4, 15.2, 15.5, 15.3, 15.6) appartenant à une paire.
2. Volet de départ compensé par courant (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le corps non-conducteur (14) est un disque disposé à l'intérieur du noyau toroïdal, les surfaces circulaires duquel s'étendent parallèlement à la direction dans laquelle s'étend un rayon vecteur interne du noyau toroïdal (23).
3. Volet de départ compensé par courant (1) selon les revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le noyau toroïdal (23) est entouré d'un corps en matière plastique composé d'au moins deux parties.
4. Volet de départ compensé par courant (1) selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le corps non-conducteur (14) est relié à l'une des parties du corps en matière plastique réalisé, ou est un composant de l'une des parties du corps en matière plastique réalisé.
5. Volet de départ compensé par courant (1) selon les revendications 3 ou 4, **caractérisé en ce que** le corps en matière plastique se compose de deux de-

mi-coquilles (11, 21).

6. Volet de départ compensé par courant (1) selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** les deux demi-coquilles (11, 21) du corps en matière plastique se chevauchent de telle sorte que les surfaces circumférentielles intérieure et extérieure (24, 25) de celui-ci sont guidées dans un engagement positif.
7. Volet de départ compensé par courant (1) selon les revendications 5 ou 6, **caractérisé en ce que** les deux demi-coquilles (11, 21) du corps en matière plastique sont fixées l'une à l'autre par un cordon de soudure par ultrasons, ou au moyen d'un filetage appliqué aux deux côtés, par l'intermédiaire d'un mécanisme d'arrêt à déclic.
8. Volet de départ compensé par courant (1) selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, **caractérisé en ce que** des éléments de guidage pour guider et séparer les bobines sont disposés à la surface du corps en matière plastique et/ou des éléments de guidage sont intégrés dans la surface du corps en matière plastique.
9. Volet de départ compensé par courant (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les trous (15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6) situés dans le corps non-conducteur (14) présentent un élément d'aide à l'insertion (31, 32, 33, 34) dans au moins un sens, ledit élément d'aide se rétrécissant en forme de cône depuis la surface du corps non conducteur (14) dans le sens de l'extension du trou (15.1, 15.4, 15.2, 15.5, 15.3, 15.6).
10. Volet de départ compensé par courant (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le noyau toroïdal (23) présente une bande magnétique souple (23) faite d'un alliage amorphe ou nanocristallin.
11. Volet de départ compensé par courant (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les enroulements (41, 43) comprennent des fils ayant un diamètre de plus de 2 mm.
12. Méthode de production d'un volet de départ compensé par courant (1), comprenant les étapes suivantes:
 - a) la fixation d'un noyau toroïdal (23), qui comporte à l'intérieur un corps non conducteur (14) ayant des trous (15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6) configurés par paires, en image miroir symétrique par rapport à un axe de symétrie (A-A) du noyau toroïdal, dans lequel les trous (15.1, 15.2, 15.3) se trouvant sur un côté de l'axe de symétrie (A-A), forment un premier groupe et

les trous (15.4, 15.5, 15.6) se trouvant sur le deuxième côté de l'axe de symétrie forment un second groupe,

b) le guidage d'un segment de fil à travers l'un des trous (15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6) de l'un des groupes, 5

c) le guidage d'au moins l'une des extrémités du segment de fil dans une boucle qui inclue le noyau toroïdal (23) à travers un trou supplémentaire (15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6) dans le même groupe, dans lequel la première extrémité du segment de fil est guidée dans le sens opposé à travers les trous (15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6), comme la deuxième extrémité, et 10 15

d) la répétition des étapes b) et c) pour l'autre groupe avec un autre segment de fil, dans laquelle, soit après avoir achevé les étapes c) et d), une tension est exercée sur chacun des segments de fil, soit après avoir achevé l'étape c), une tension est exercée sur le segment de fil correspondant. 20

13. Méthode selon la revendication 12, **caractérisée en ce que** la tension est exercée sur les deux extrémités. 25

14. Méthode selon les revendications 12 ou 13, **caractérisée en ce que** la tension est exercée après que le segment de fil ait été guidé à travers tous les trous (15.1, 15.2, 15.3 ou 15.4, 15.5, 15.6) appartenant à un groupe ou à travers les trous (15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6) appartenant aux deux groupes. 30

15. Méthode selon les revendications 12 ou 13, **caractérisée en ce que** la tension est exercée chaque fois que le segment de fil a été guidé à travers un trou supplémentaire (15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6). 35

40

45

50

55

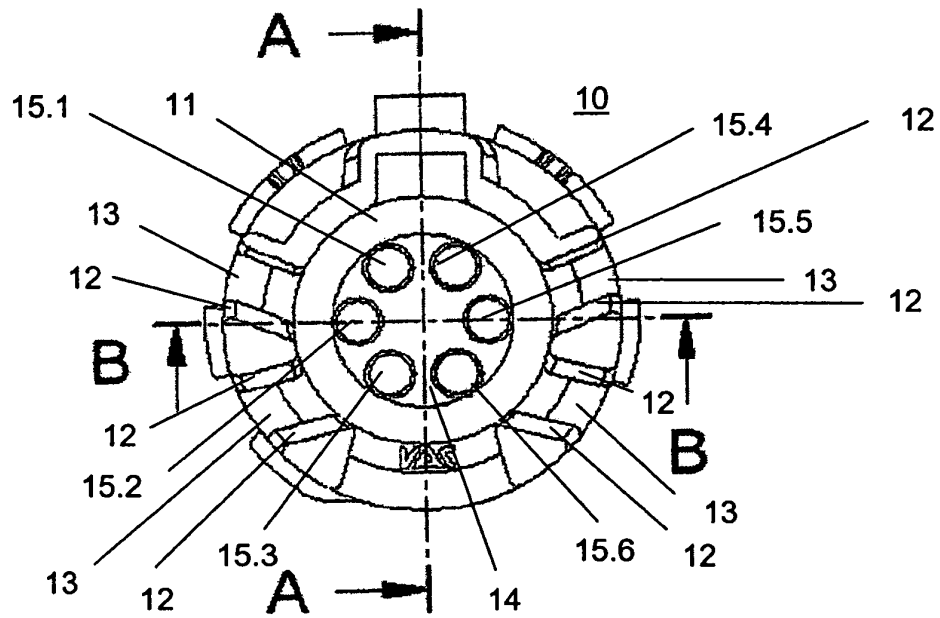


FIG 1

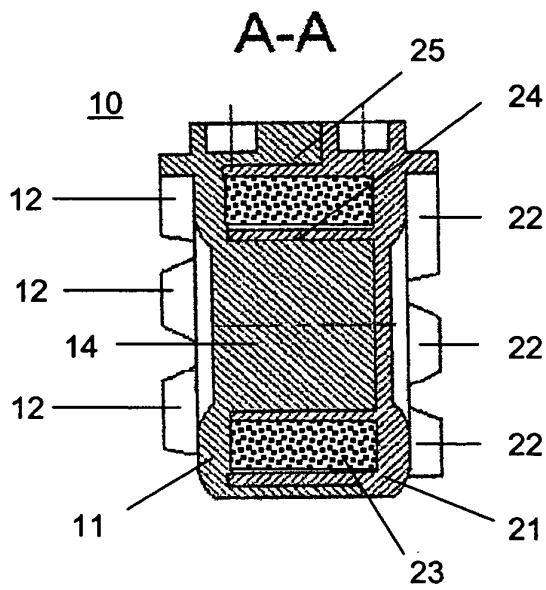


FIG 2

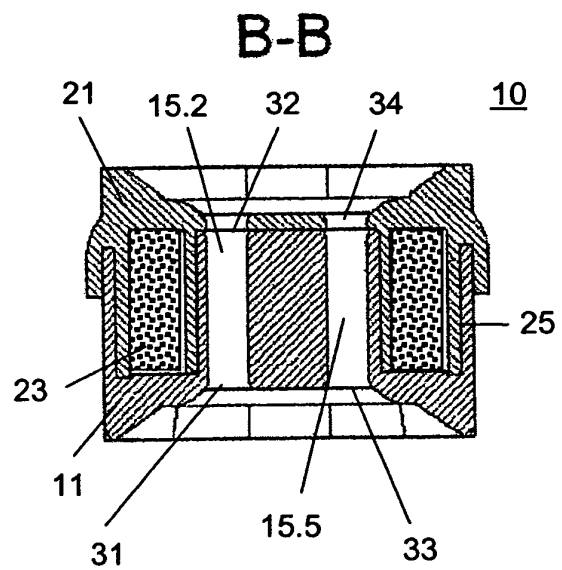


FIG 3

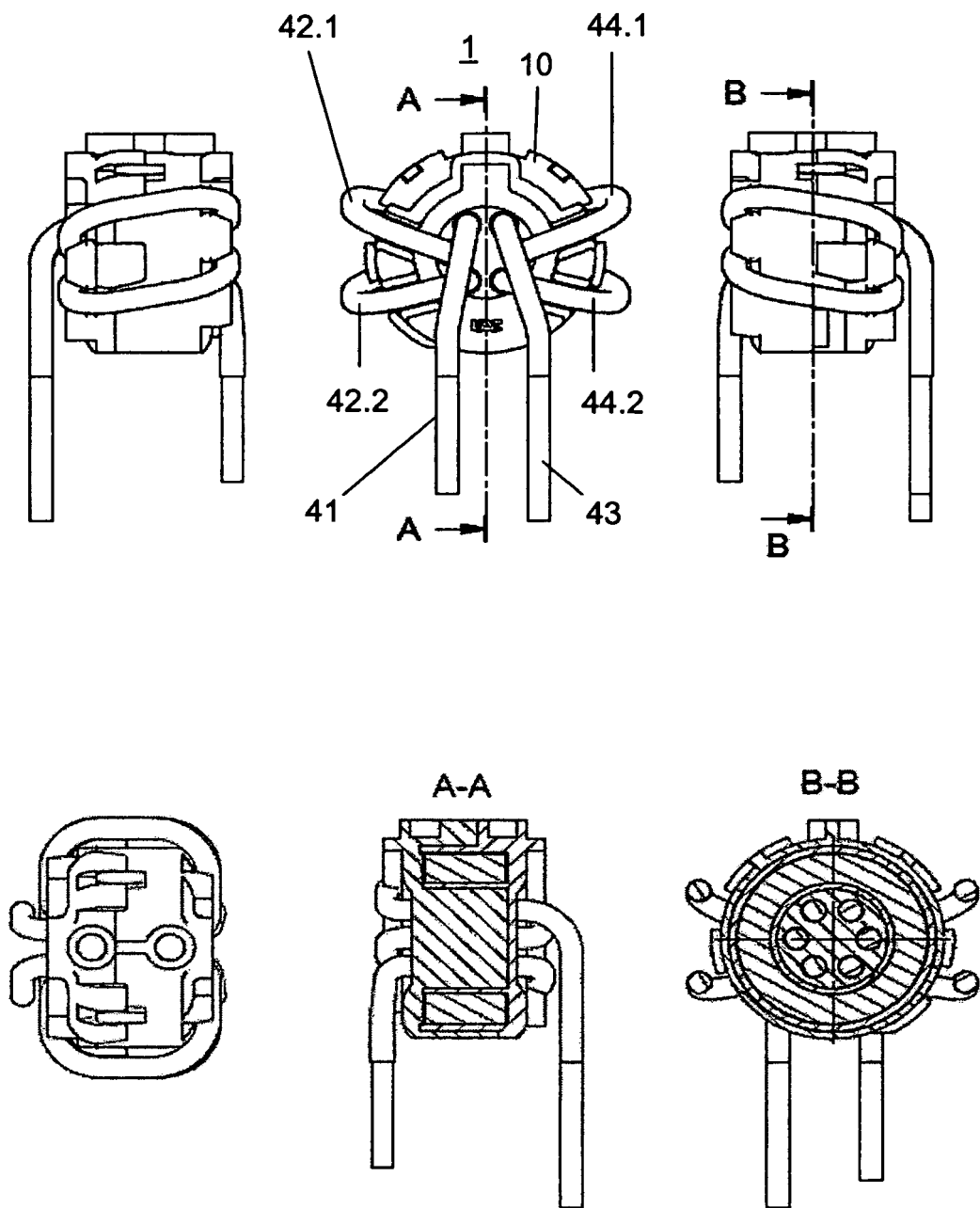


FIG 4