

(19)



(10)

AT 514282 B1 2015-10-15

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50179/2013
 (22) Anmeldetag: 15.03.2013
 (45) Veröffentlicht am: 15.10.2015

(51) Int. Cl.: **H01F 37/00** (2006.01)
H01F 30/08 (2006.01)
H01F 27/30 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
 WO 2009126977 A1
 US 3696315 A
 US 4462017 A
 DE 3305007 A1

(73) Patentinhaber:
 TRENCH AUSTRIA GMBH
 4060 LEONDING (AT)
 (72) Erfinder:
 Haslehner Otto Dipl.Ing. (FH)
 4733 Heiligenberg (AT)
 (74) Vertreter:
 Peham Alois Dipl.Ing.
 1210 Wien (AT)

(54) Wicklungslagen-Steigungsausgleich für eine Luftdrosselspule

(57) Wicklungslagen-Steigungsausgleich für eine Luftdrosselspule (1), die zumindest zwei konzentrische, voneinander radial beabstandete Wicklungslagen (2 - 5) hat, umfassend die Kombination aus:

einem ersten Satz streifenförmiger Sternblätter (15), welche jeweils zur radialen Anordnung unter oder über den Wicklungslagen (2 - 5) bestimmt und entlang einer Kante (19) mit zumindest einem von der Kante (19) ausgehenden Aufnahmeschlitz (20) versehen sind,

einem zweiten Satz streifenförmiger Ausgleichsblätter (18), welche jeweils entlang einer Kante (21) mit zumindest einem von der Kante (21) ausgehenden Einsteckschlitz (22) versehen sind,

wobei in jeden Aufnahmeschlitz (20) eines Sternblattes (15) ein Ausgleichsblatt (18) formschlüssig einsteckbar ist und das Sternblatt (15) dabei in dessen Einsteckschlitz (22) formschlüssig eingreift, und

wobei die Schlitztiefen (T_s) zumindest zweier Aufnahmeschlitze (20) des Satzes von Sternblättern (15) unterschiedlich sind.

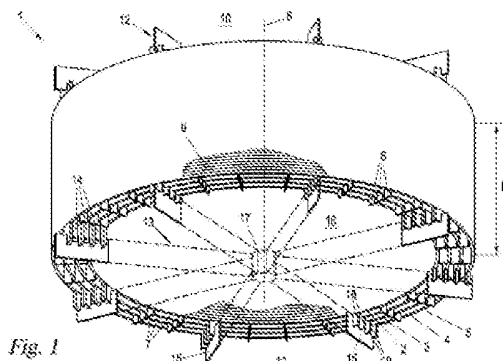


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Wicklungslagen-Steigungsausgleich für eine Luftdrosselspule, die zumindest zwei konzentrische, voneinander radial beabstandete Wicklungslagen hat.

[0002] Luftdrosselspulen werden in Energieversorgungsnetzen verwendet und sind - im Gegensatz zu ölisierten Spulen - „trockenisolierte“ Drosselspulen, bei welchen die Isolation durch Feststoffisolation und ausreichende Luft- und Kriechstrecken bewerkstelligt wird und welche in der Regel auch keinen ferromagnetischen Kern enthalten, d.h. deren zentraler Luftraum frei ist.

[0003] Die konzentrischen Wicklungslagen der Luftdrosselspule werden an ihren oberen und unteren axialen Enden jeweils von einem Haltestern gehalten, der sich aus mehreren sternförmig radial angeordneten Armen, sog. Sternblättern, zusammensetzt. Anstelle eines einteiligen Haltesterns kann jeweils auch eine Vielzahl einzelner Sternblätter verwendet werden, die nur im Bereich unter und über den Wicklungslagen liegen, um Sternblattmaterial einzusparen. Die einander gegenüberliegenden Haltesterne bzw. Sternblätter werden dabei mithilfe von zwischen den Wicklungslagen verlaufenden Abstandshalteleisten oder Zugbandagen gegeneinander gespannt, um die Wicklungslagen zu halten. Beim Wickeln der Spule werden die Sternblätter und Abstandshalteleisten gleichzeitig als Wickelhilfen verwendet, indem zunächst die unteren Sternblätter auf einer Drehvorrichtung aufgespannt und dann darauf die Wicklungslagen aufgebaut werden, wobei dazwischen jeweils ein Satz Abstandshalteleisten montiert wird.

[0004] Aufgrund von unterschiedlichen Leiterquerschnitten in den einzelnen Wicklungslagen ergeben sich dabei unterschiedliche Steigungen und/oder axiale Bauhöhen der einzelnen Wicklungslagen, welche einen Wicklungslagen-Steigungsausgleich erfordern: Zwischen den einander axial gegenüberliegenden Sternblättern und der zwischenliegenden Wicklungslage werden Ausgleichsblätter eingelegt, welche die Wicklungslagen gegenüber den Sternblättern abstützen und in Axialrichtung zentrieren.

[0005] Die derzeit bekannten Ausgleichsblätter sind relativ komplexe Teile, da die zwischen einem Sternblatt und einer Wicklungslage auszugleichende Höhe je nach Umfangsort der Spule, Radialort der Wicklungslage und Leiterquerschnitt der Wicklungslage variiert, was bereits für eine einzige Spulendimensionierung eine Vielzahl unterschiedlicher, individuell berechneter Ausgleichsblätter erfordert; für verschiedene Spulendimensionierungen multiplizieren sich die erforderlichen Varianten an Ausgleichsblättern.

[0006] Die Erfindung setzt sich zum Ziel, die Nachteile der bekannten Lösungen zu überwinden und einen vereinfachten Wicklungslagen-Steigungsausgleich für Luftdrosselspulen zu schaffen.

[0007] Dieses Ziel wird erfindungsgemäß erreicht durch die Kombination aus:

[0008] einem ersten Satz streifenförmiger Sternblätter, welche jeweils zur radialen Anordnung unter oder über den Wicklungslagen bestimmt und entlang einer Kante mit zumindest einem von der Kante ausgehenden Aufnahmeschlitz versehen sind,

[0009] einem zweiten Satz streifenförmiger Ausgleichsblätter, welche jeweils entlang einer Kante mit zumindest einem von der Kante ausgehenden Einsteckschlitz versehen sind,

[0010] wobei in jeden Aufnahmeschlitz eines Sternblattes ein Ausgleichsblatt formschlüssig einsteckbar ist und das Sternblatt dabei in dessen Einsteckschlitz formschlüssig eingreift, und

[0011] wobei die Schlitztiefen zumindest zweier Aufnahmeschlitze des Satzes von Sternblättern unterschiedlich sind.

[0012] Die Erfindung schafft damit ein modulares Stecksystem zum Aufbau eines Wicklungslagen-Steigungsausgleichs aus nur wenigen variablen Teilen, und zwar einerseits Ausgleichsblättern und andererseits Sternblättern, die anhand ihrer Schlitze formschlüssig ineinandersteckbar sind, wobei die Schlitztiefe in den Sternblättern die Vorkragung, d.h. wirksame Ausgleichshöhe der Ausgleichsblätter definiert. Die Ausgleichsblätter können dadurch alle einheitlich gestaltet

werden, allenfalls mit unterschiedlichen Dicken entsprechend den Leiterquerschnitt wie später noch näher erläutert, und damit sehr einfach in wenigen Variante gefertigt und bevorratet werden. Die Schlitztiefen der Sternblätter können einfach vorberechnet und dann die Schlitz in den entsprechenden Tiefen gefertigt werden, was einen vergleichsweise einfachen Endfertigungsschritt darstellt und beispielsweise an einer einheitlichen Type von ungeschlitzten Sternblatt-Rohlingen vorgenommen werden kann. In Summe ergibt sich ein mechanisch hochfestes, in seinen Dimensionierungen und Ausgleichsmöglichkeiten extrem variables System, das sowohl die Fertigung als auch die Bevorratung des Wicklungslagen-Steigungsausgleichs sehr erleichtert.

[0013] Für einlagige Drosselspulen können Sternblätter verwendet werden, welche nur einen einzigen Aufnahmeschlitz haben, wobei die Schlitztiefen der Aufnahmeschlitz dann innerhalb des Sternblattsatzes zwischen verschiedenen Sternblättern unterschiedlich sein können. Für mehrlagige Drosselspulen ist es besonders vorteilhaft, wenn jedes Sternblatt zumindest zwei voneinander beabstandete, von der Kante ausgehende Aufnahmeschlitz hat, deren Schlitztiefen unterschiedlich sind, so dass unterschiedliche wirksame Ausgleichshöhen für verschiedene Lagen bei jedem einzelnen Sternblatt geschaffen werden können.

[0014] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Sternblätter aus Metall gefertigt und die Aufnahmeschlitz darin eingefräst. Dies erfüllt einerseits die Anforderungen an die hohe Festigkeit der Sternblätter, welche das große Gewicht der Wicklungslagen tragen müssen, und andererseits ermöglicht dies eine überaus rasche und hochpräzise Endfertigung der Sternblatt-Rohlinge z.B. durch CNC-Fräsen in den gewünschten Schlitztiefen.

[0015] Weiters ist es besonders günstig, wenn die Ausgleichsblätter mitsamt ihren Einsteckschlitz aus Kunststoff geformt oder geschnitten sind. Die Ausgleichsblätter können so gleichzeitig eine Isolatorfunktion ausüben und - einmal abgesehen von unterschiedlichen Dicken für unterschiedliche Leiterquerschnitte - im Wesentlichen einheitlich gefertigt werden, z.B. durch Vorformen des Kunststoffs. Wenn als Kunststoff GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff) verwendet wird, können die Schlitz auch durch Einschnneiden gebildet werden, was mit einer einheitlichen Schlitztiefe und damit geringen Fertigungsanforderungen, z.B. manuell mit einer einzigen Schablone, durchgeführt werden kann.

[0016] Wie bereits kurz angesprochen sind die Schlitzbreiten zumindest zweier Aufnahmeschlitz eines Sternblattes bevorzugt unterschiedlich und die Ausgleichsblätter haben bevorzugt entsprechend angepasste unterschiedliche Dicken, um Wicklungslagen mit unterschiedlichen Leiterquerschnitten abstützen zu können.

[0017] In einer ersten Ausführungsform der Erfindung können mehrere Sternblätter an ihren einen Enden zu einem Stern verschweißt werden, sodass sie Haltesterne bilden. Alternativ werden die Sternblätter bevorzugt als sog. „Sternblattstummel“ ausgeführt, d.h. die Sternblätter reichen in ihrer Einbaustellung nicht in den zentralen Luftraum der Luftdrosselspule, um Material und Gewicht zu sparen.

[0018] In jedem Fall ist es besonders günstig, wenn gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung die Sternblätter Verankerungen für zwischen den Wicklungslagen verlaufende Abstandshalteleisten oder Zugbandagen aufweisen, z.B. Bohrungen für das Anschrauben oder Einhängen derartiger Elemente.

[0019] Die Erfindung wird nachstehend anhand eines in den beigefügten Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. In den Zeichnungen zeigt:

[0020] Fig. 1 eine Luftdrosselspule mit zwei verschiedenen Ausführungsformen (eine davon strichliert angedeutet) eines Wicklungslagen-Steigungsausgleichs gemäß der Erfindung in einer Perspektivansicht;

[0021] Fig. 2 eines der Sternblätter des Wicklungslagen-Steigungsausgleichs von Fig. 1 mit eingesteckten Ausgleichsblättern in einer Perspektivansicht im Detail; und

[0022] die Fig. 3 und 4 ein Sternblatt und ein Ausgleichsblatt jeweils in einer Perspektivansicht im Detail.

[0023] Gemäß Fig. 1 umfasst eine Luftdrosselspule 1, z.B. für Hochspannungs-Energieversorgungsnetze, vier konzentrische Wicklungslagen 2, 3, 4, 5, welche durch eine Vielzahl umfangsmäßig verteilter Abstandshalteleisten 6 voneinander beabstandet sind, um zwischeneinander Kühlluftspalte 7 zu bilden. Jede der Wicklungslagen 2 - 5 ist dabei aus einer Vielzahl in Axialrichtung 8 der Luftdrosselspule 1 übereinanderliegenden Windungen eines Leiters 9, wie eines Drahtes, Drahtstranges oder Drahtseiles, gebildet und erreicht - je nach Leiterquerschnitt-Durchmesser D und Windungszahl - eine individuelle Wicklungslagen-Bauhöhe $h_2 - h_5$ (nur h_5 der äußeren Lage 5 dargestellt).

[0024] Die Wicklungslagen 2 - 5 werden an ihren oberen und unteren axialen Enden 10, 11 von mehrarmigen Haltesternen 12, 13 zusammengehalten, die über Spannbänder 14 und/oder die Abstandshalteleisten 6 gegeneinander gespannt sind. Jeder Haltestern 12, 13 setzt sich dabei aus einer Mehrzahl radial angeordneter Sternblätter 15 zusammen, welche in Fig. 1 in zwei Ausführungsformen gezeigt sind: In der mit strichlierten Verlängerungslinien gezeigten Ausführungsform von Fig. 1 verlaufen die Sternblätter 15 bis in die Mitte des zentralen Luftraums 16 der Luftdrosselspule 1 und sind dort an ihren Enden 17 miteinander - gegebenenfalls unter Ausbildung einer Nabe - zum Haltestern 12, 13 verschweißt.

[0025] In der in Fig. 1 mit ausgezogenen Linien dargestellten Ausführung sind die Sternblätter 15 zu „Sternblattstummeln“ verkürzt, welche nur mehr im Bereich unter bzw. über den Wicklungslagen 2 - 5 angeordnet sind, sodass sie nicht mehr in den zentralen Luftraum 16 der Luftdrosselspule 1 reichen.

[0026] Aufgrund der unterschiedlichen Bauhöhen $h_2 - h_5$ der verschiedenen Wicklungslagen 2 - 5 ist ein Wicklungslagen-Steigungsausgleich zwischen den Sternblättern 15 und den Wicklungslagen 2 - 5, genauer deren ersten und letzten Windungen des Leiters 9, erforderlich, um jede Wicklungslage 2 - 5 kraftschlüssig zwischen den jeweils axial einander gegenüberliegenden Sternblättern 15 zu halten. Dazu dienen eine Vielzahl einzelner, jeweils zwischen einem Sternblatt 15 und einer Wicklungslage 2 - 5 angeordneter Ausgleichsblätter 18, deren Zusammenwirken mit den Sternblättern 15 anhand der Fig. 2 - 4 näher erläutert wird.

[0027] Gemäß den Fig. 2 - 4 ist jedes Sternblatt 15 streifenförmig, z.B. in Form eines etwa rechteckigen Plättchens, und entlang einer Längskante 19 mit einer Anzahl von der Längskante 19 ausgehender Aufnahmeschlitz 20 versehen. Die Anzahl der Aufnahmeschlitz 20 entspricht der Anzahl an Wicklungslagen 2 - 5, für welche das Sternblatt 15 bestimmt ist. Jedes Ausgleichsblatt 18 ist seinerseits streifenförmig, z.B. in Form eines etwa rechteckigen Plättchens, und mit (zumindest) einem von einer Kante 21 ausgehenden Einsteckschlitz 22 versehen.

[0028] In jeden Aufnahmeschlitz 20 eines Sternblattes 15 ist nun ein Ausgleichsblatt 18 formschlüssig so einsteckbar, dass gleichzeitig das Sternblatt 15 in den Einsteckschlitz 22 des Ausgleichsblatts 18 formschlüssig eingreift, wie in Fig. 2 gezeigt. Die Ausgleichsblätter 18 sind damit etwa normal, d.h. quer, auf bzw. in die Sternblätter 15 gesteckt. Die Schlitzbreiten B_S der Aufnahmeschlitz 20 der Sternblätter 15 entsprechen dabei jeweils den Dicken D_A der darin aufgenommenen Ausgleichsblätter 18, und umgekehrt entsprechend die Schlitzbreiten B_A der Schlitz 22 der Ausgleichsblätter 18 den Dicken D_S der jeweils darin eingesteckten Sternblätter 15.

[0029] Die Sternblätter 15 haben bevorzugt eine einheitliche Dicke D_S , und dementsprechend sind auch die Schlitzbreiten B_A der Einsteckschlitz 22 einheitlich gleich. Die Ausgleichsblätter 18 haben hingegen in der Regel unterschiedliche Dicken D_A , und zwar je nach dem Leiterquerschnitt-Durchmesser D der abzustützenden Wicklungslage 2 - 5. Dementsprechend sind auch die Schlitzbreiten B_S der Aufnahmeschlitz 20 der Sternblätter 15 unterschiedlich und an die Dicke D_A des jeweils aufzunehmenden Ausgleichsblatts 18 angepasst.

[0030] Die Schlitztiefen T_A der Einsteckschlitz 22 der Ausgleichsblätter 18 sind bevorzugt (wenn auch nicht notwendigerweise) einheitlich. Hingegen sind die Schlitztiefen T_S der ver-

schiedenen Aufnahmeschlitz 20 eines Sternblattes 15 jeweils unterschiedlich, d.h. zumindest zwei Schlitztiefen T_S zweier Aufnahmeschlitz 20 sind von einander verschieden. Dadurch dringen die Ausgleichsblätter 18 unterschiedlich tief in ein Sternblatt 15 ein und erzeugen so unterschiedliche wirksame Ausgleichshöhen ah_2, ah_3, ah_4, ah_5 (in Fig. 2 nur ah_5 für die äußerste Lage 5 dargestellt) zwischen einem Sternblatt 15 und einer Wicklungslage 2 - 5. Über den Umfang der Luftdrosselspule 1 verteilte Sternblätter 15 haben dabei auch jeweils zunehmende bzw. abnehmende Schlitztiefen T_S , um das Ansteigen des Leiters 9 einer Wicklungslage 2 - 5 im Zuge der ersten bzw. letzten Windung aufzunehmen.

[0031] Die Sternblätter 15 sind bevorzugt aus Metall, insbesondere einer Aluminiumlegierung, ausgeführt und die Aufnahmeschlitz 20 darin werden bevorzugt durch Fräsen, z.B. CNC-Fräsen, gefertigt. Die Ausgleichsblätter 18 sind zwecks Isolation bevorzugt aus Kunststoff ausgeführt, z.B. GFK (glasfaserverstärktem Kunststoff). Die Einsteckschlitz 22 in den Ausgleichsblättern 18 können bei der Kunststofffertigung der Ausgleichsblätter 18 mitausgeformt oder nachträglich darin eingeschnitten, eingestanz, gefräst usw. werden. Da hier in der Regel nur eine einheitliche Schlitztiefe T_A und eine einheitliche Schlitzbreite B_A erforderlich sind, kann das Einschneiden der Einsteckschlitz 22 beispielsweise mithilfe einer einzigen Schablone auch manuell erfolgen.

[0032] Die Sternblätter 15 können mit zusätzlichen Verankerungen für die Abstandshalter 6 ausgestattet werden, beispielsweise einer Mehrzahl von Bohrungen 23, mit welchen die Abstandshalter 6 verschraubt werden können. Weitere Verankerungen, z.B. Bohrungen 24, können für zusätzliche Zugbandagen (Zugbänder) vorgesehen werden, mit welchen die einander axial gegenüberliegenden Sternblätter 15 zusätzlich verspannt werden können.

[0033] Bei der Fertigung der Luftdrosselspule 1 können die Sternblätter 15 beispielsweise in Halter 25 eingesetzt werden, welche auf der Drehscheibe einer Wickelmaschine über den Umfang verteilt montiert werden, und dann werden die Ausgleichsblätter 18 - oder zunächst nur das radial innerste Ausgleichsblatt 18 - aufgesteckt. Nach dem Wickeln der ersten, innersten Wicklungslage 2 wird ein Satz von Abstandshalter 6 über den Umfang verteilt und mit den Sternblättern 18 verschraubt, dann werden die nächsten Ausgleichsblätter 18 (sofern noch nicht geschehen) auf die Sternblätter 15 aufgesteckt, dann wird die nächste Wicklungslage 3 gewickelt, usw. usf.

[0034] Es versteht sich, dass in einfachen Ausführungsformen für einlagige Drosselspulen die Sternblätter 15 jeweils auch nur einen einzigen Aufnahmeschlitz 20 haben können, wobei dann die Aufnahmeschlitz 20 unterschiedlicher Sternblätter 15 in einem Satz von Sternblättern verschiedene Schlitztiefen T_S haben können, um das Ansteigen des Leiters 9 über den Umfang der Luftdrosselspule 1 aufzunehmen.

[0035] Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsformen beschränkt, sondern umfasst alle Varianten und Modifikationen, die in den Rahmen der angeschlossenen Ansprüche fallen.

Patentansprüche

1. Wicklungslagen-Steigungsausgleich für eine Luftdrosselpule (1), die zumindest zwei konzentrische, voneinander radial beabstandete Wicklungslagen (2 - 5) hat, **gekennzeichnet durch** die Kombination aus einem ersten Satz streifenförmiger Sternblätter (15), welche jeweils zur radialen Anordnung unter oder über den Wicklungslagen (2 - 5) bestimmt und entlang einer Kante (19) mit zumindest einem von der Kante (19) ausgehenden Aufnahmeschlitz (20) versehen sind, einem zweiten Satz streifenförmiger Ausgleichsblätter (18), welche jeweils entlang einer Kante (21) mit zumindest einem von der Kante (21) ausgehenden Einsteckschlitz (22) versehen sind, wobei in jeden Aufnahmeschlitz (20) eines Sternblattes (15) ein Ausgleichsblatt (18) formschlüssig einsteckbar ist und das Sternblatt (15) dabei in dessen Einsteckschlitz (22) formschlüssig eingreift, und wobei die Schlitztiefen (T_S) zumindest zweier Aufnahmeschlitze (20) des Satzes von Sternblättern (15) unterschiedlich sind.
2. Wicklungslagen-Steigungsausgleich nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass jedes Sternblatt (15) zumindest zwei voneinander beabstandete, von der Kante (19) ausgehende Aufnahmeschlitze (20) hat, deren Schlitztiefen (T_S) unterschiedlich sind.
3. Wicklungslagen-Steigungsausgleich nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sternblätter (15) aus Metall gefertigt und die Aufnahmeschlitze (20) darin eingefräst sind.
4. Wicklungslagen-Steigungsausgleich nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausgleichsblätter (18) mitsamt ihren Einsteckschlitzen (22) aus Kunststoff geformt oder geschnitten sind.
5. Wicklungslagen-Steigungsausgleich nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schlitzbreiten (B_S) zumindest zweier Aufnahmeschlitze (20) eines Sternblattes (15) unterschiedlich sind und die Ausgleichsblätter (18) entsprechend angepasste unterschiedliche Dicken (D_A) haben.
6. Wicklungslagen-Steigungsausgleich nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Sternblätter (15) an ihren einen Enden (17) zu einem Stern verschweißt sind.
7. Wicklungslagen-Steigungsausgleich nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sternblätter (15) in ihrer Einbaustellung nicht in den zentralen Luftraum (16) der Luftdrosselpule (1) reichen.
8. Wicklungslagen-Steigungsausgleich nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sternblätter (15) Verankerungen (23, 24) für zwischen den Wicklungslagen verlaufende Abstandshalteleisten (6) oder Zugbandagen aufweisen.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

1/3

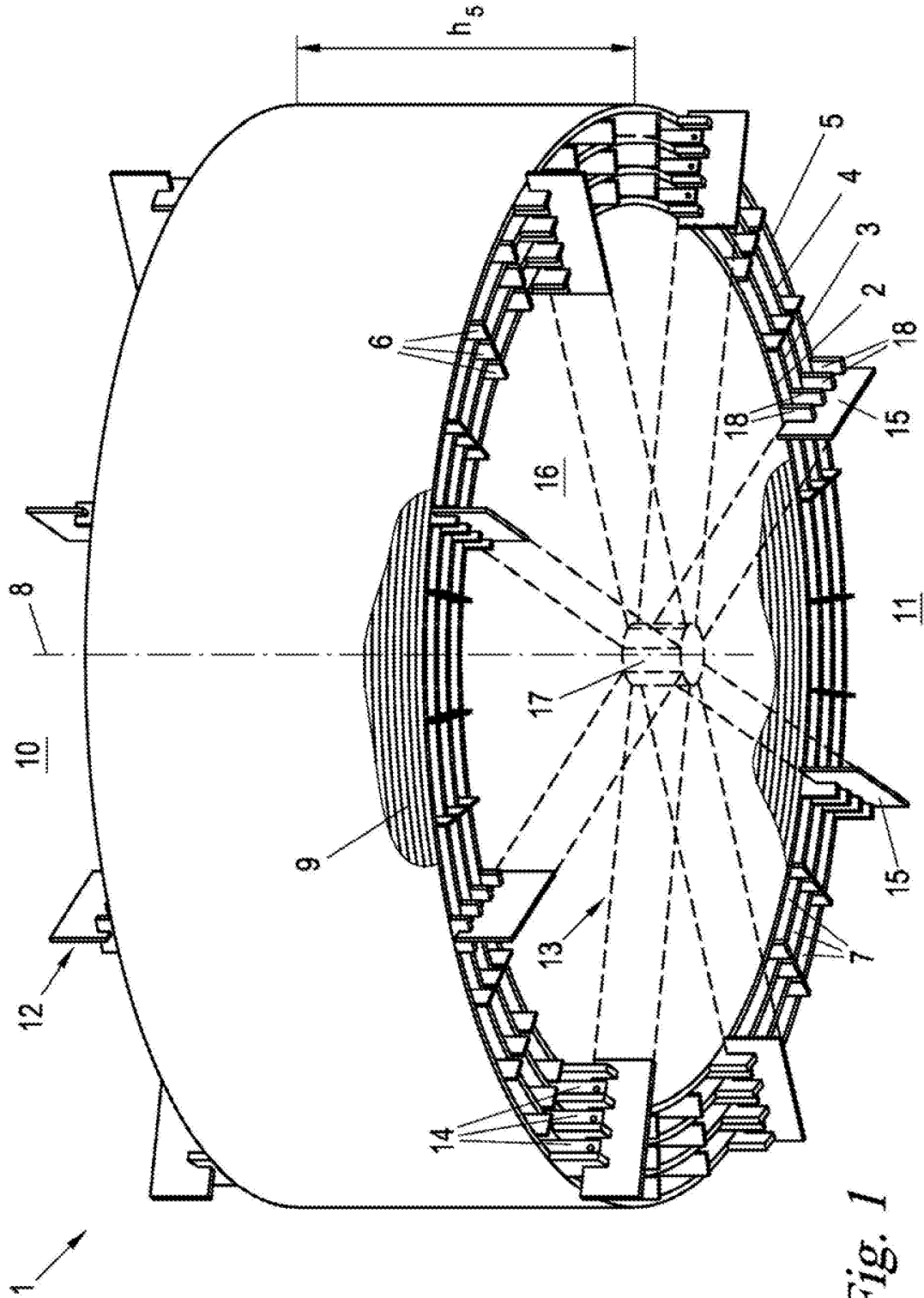


Fig. 1

2/3

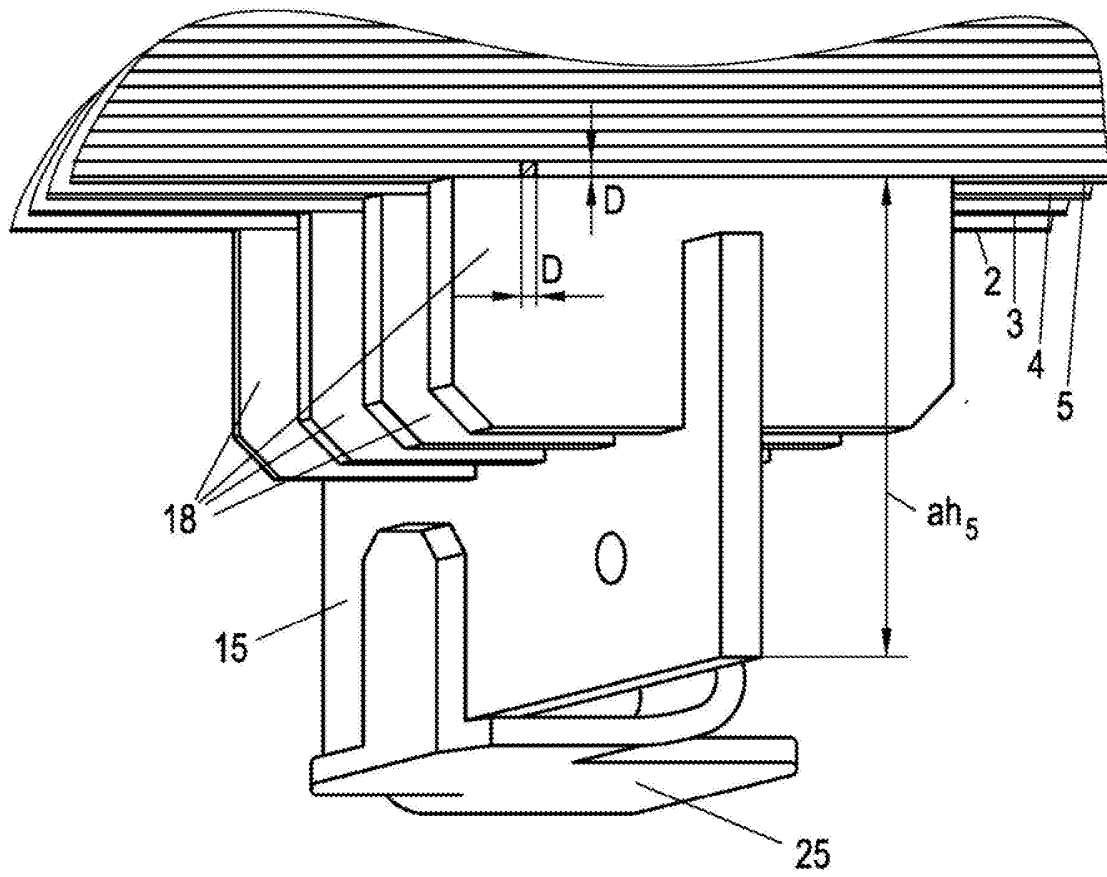


Fig. 2

3/3

