

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
27. Januar 2022 (27.01.2022)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/017609 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01F 27/02 (2006.01) H01F 27/32 (2006.01)
H01F 27/10 (2006.01)

90475 Nürnberg (DE). **VOGT, Christer**; Schubertstraße
13b, 91090 Effeltrich (DE). **MBUY, Aime**; Radmeisterstr.
88, 90455 Nürnberg-Weiherhaus (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/070850

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. Juli 2020 (23.07.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
[DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München
(DE).

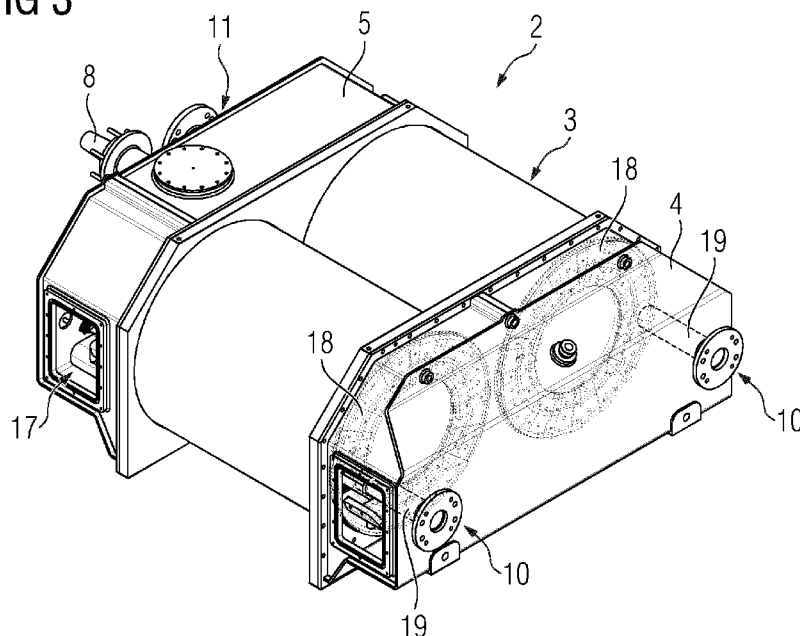
(72) Erfinder: **SCHÄFER, Katharina**; Hirtenstraße 14, 91484
Sugenheim (DE). **WEBER, David**; Lilienthalstrasse 8,
91058 Erlangen (DE). **WINS, Viktor**; Karl-Hertel-Str. 91,

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM,
ZW.

(54) Title: ELECTRIC DEVICE WITH FORCED DIRECT COOLING

(54) Bezeichnung: ELEKTRISCHES GERÄT MIT ERZWUNGENER DIREKTKÜHLUNG

FIG 3



(57) Abstract: The invention relates to an electric device (1) for connecting to a high voltage, comprising: - an active part which has a magnetizable core and at least one winding assembly (31), each winding assembly surrounding a core section of the core and having windings (29, 30) which are inductively coupled together, wherein cooling channels (28) (19) are formed in the windings, and - a tank (2) which is filled with an insulating fluid and in which the active part is completely arranged, - said tank (2) having at least one insulating fluid inlet (10) and at least one insulating fluid outlet (11) that are connected together via a circulating system (12) which is arranged outside of the tank (2) and which comprises a cooling unit (14) and a pump (13) for circulating the insulating fluid. The aim of the invention is to provide such an electric device with an improved cooling function. This is achieved in that each insulating fluid inlet

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(10) is connected to a distributing unit (18), which is arranged on one of the end faces of the winding assembly (31), via an insulating fluid line (19) extending in the tank (2), said distributing unit distributing cooled insulating fluid to the cooling channels (28).

(57) Zusammenfassung: Elektrisches Gerät mit erzwungener Direktkühlung Um ein Elektrisches Gerät (1) zum Anschluss an eine Hochspannung mit - einem Aktivteil, das über einen magnetisierbaren Kern und wenigstens eine Wicklungsanordnung (31) verfügt, die jeweils einen Kernabschnitt des Kerns umschließt und induktiv miteinander gekoppelte Wicklungen (29, 30) aufweist, wobei in den Wicklungen Kühlkanäle (28) (19) ausgebildet sind, - einem mit einem Isolierfluid befüllten Kessel (2), in dem das Aktivteil vollständig angeordnet ist, wobei - der Kessel (2) wenigstens einen Isolierflüssigkeitseingang (10) und wenigstens einen Isolierflüssigkeitsausgang (11) aufweist, die über ein außerhalb des Kessels (2) angeordnetes Umwälzsystem (12) miteinander verbunden sind, das eine Kühleinheit (14) und eine Pumpe (13) zum Umwälzen des Isolierfluids umfasst, zu schaffen, das eine verbesserte Kühlung aufweist, wird vorgeschlagen, dass jeder Isolierflüssigkeitszugang (10) über eine sich im Kessel (2) erstreckende Isolierfluidleitung (19) mit einer an einer der Stirnseiten der Wicklungsanordnung (31) angeordnete Verteileinheit (18) verbunden ist, die gekühltes Isolierfluid auf die Kühlkanäle (28) verteilt.

Beschreibung

Elektrisches Gerät mit erzwungener Direktkühlung

5 Die Erfindung betrifft ein elektrisches Gerät zum Anschluss an eine Hochspannung mit einem Aktivteil, das über einen magnetisierbaren Kern und wenigstens eine Wicklungsanordnung verfügt, die jeweils einen Kernabschnitt des Kerns umschließt und induktiv miteinander gekoppelte Wicklungen aufweist, wobei
10 bei in den Wicklungen Kühlkanäle ausgebildet sind, einem mit einem Isolierfluid befüllten Kessel, in dem das Aktivteil vollständig angeordnet ist, wobei der Kessel wenigstens einen Isolierflüssigkeitseingang und wenigstens einen Isolierflüssigkeitsausgang aufweist, die über ein außerhalb
15 des Kessels angeordnetes Umwälzsystem miteinander verbunden sind, das über eine Kühleinheit und eine Pumpe zum Umwälzen des Isolierfluids verfügt.

Ein solches elektrisches Gerät ist aus der WO 2018/184775 A1 bereits bekannt. Dort ist ein Bahntransformator gezeigt, der
20 ein Aktivteil und einen Kessel aufweist, in dem das Aktivteil vollständig angeordnet ist. Das Aktivteil umfasst einen Kern mit zwei Kernschenkeln, die jeweils von zwei konzentrisch zueinander angeordneten Wicklungen umschlossen sind. Der Kessel
25 weist ein Mittelteil auf, das die Außenkontur der Wicklungen formkomplementär umgibt. Das im Kessel für Isolierung und Kühlung angeordnete Isolierfluid wird über ein Kühlsystem umgewälzt.

30 Die WO 2016/038222A1 offenbart einen Bahntransformator mit einem Aktivteil und einem Kessel, wobei der Kern des Aktivteils vollständig außerhalb des Kessels angeordnet ist. Dabei ist der Bahntransformator über den Kern am Schienenfahrzeug befestigt, so dass keine hohen Kräfte in den Kessel
35 eingeleitet werden. Der Kessel kann daher aus einem Leichtmaterial wie beispielsweise Kunststoff gefertigt sein.

Bahntransformatoren sind zur Montage an einem Schienenfahrzeug, wie beispielsweise an einer Lokomotive oder einem Triebwagen, vorgesehen. Sie dienen zur Bereitstellung einer gewünschten Traktionsspannung für den Antrieb der Lokomotive oder des Triebwagens in Abhängigkeit verschiedener Eingangsspannungen. Vorbekannte Bahntransformatoren weisen einen auf Erdpotenzial liegenden metallischen Kessel auf, der mit einem Isolierfluid, beispielsweise einer Esterflüssigkeit, befüllt ist. In dem Kessel ist das so genannte Aktivteil des Transformators angeordnet, das einen aus magnetisierbaren Flachblechen bestehenden Kern sowie wenigstens zwei einen Abschnitt des Kerns konzentrisch umschließende Wicklungen umfasst. Zum Anschluss des Transformators an eine Hochspannung ist der Kessel mit Durchführungen ausgerüstet. Das Isolierfluid wird in aller Regel über ein außerhalb des Kessels angeordnetes Kühlsystem umgewälzt.

Dem vorbekannten elektrischen Gerät haftet der Nachteil an, dass auf Grund des formkomplementären Aufbaus des Kessels, die Wicklungen nicht mehr ausreichend gekühlt werden können, so dass sich das Isolierfluid beim Betrieb schnell aufheizt und das elektrische Gerät nur bei geringen Leistungen betrieben werden kann.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein elektrisches Gerät der eingangs genannten Art bereitzustellen, bei dem die Kühlung der Wicklungen verbessert ist.

Die Erfindung löst diese Aufgabe dadurch, dass der Isolierflüssigkeitszugang über eine sich im Kessel erstreckende Isolierfluidleitung mit einer an einer der Stirnseiten der Wicklungsanordnung angeordnete Verteileinheit verbunden ist, die gekühltes Isolierfluid auf die Kühlkanäle verteilt.

Erfindungsgemäß wird gekühltes Isolierfluid nicht mehr lediglich in den Kessel eingeleitet. Vielmehr wird das gekühlte Isolierfluid im Rahmen der Erfindung gezielt direkt zu den Kühlkanälen der Wicklungen geführt. Zum direkten Einleiten

des abgekühlten Isolierfluids in die Kühlkanäle der Wicklungen dient zum einen die Isolierfluidleitung. Diese erstreckt sich zwischen dem Isolierfluideingang und der Verteileinheit. Das gekühlte Isolierfluid wird am
5 Isolierfluideingang in den Kessel des elektrischen Geräts eingeleitet. Auf Grund der Isolierfluidleitung kommt es unmittelbar hinter dem Isolierfluideingang nicht mehr – wie beim Stand der Technik – zur Vermischung mit dem wärmeren Isolierfluid im Kessel. Vielmehr wird das gesamte gekühlte
10 Isolierfluid direkt zur Verteileinheit geführt. Die Verteileinheit sorgt schließlich dafür, dass sich das gekühlt Isolierfluid gleichmäßig auf die Kühlkanäle in den Wicklungen verteilt. Auf diese Weise wird gekühltes Isolierfluid direkt in die Kühlkanäle der Wicklungen eingeleitet, wodurch die
15 Kühlung der Wicklungen verbessert wird. Auf Grund der verbesserten Kühlung kann das erfindungsgemäße elektrische Gerät bei höheren elektrischen Leistungen, beispielsweise mit höheren Strömen, betrieben werden.

20 Vorteilhafterweise ist die Isolierfluidleitung eine Rohrleitung. Eine Rohrleitung ist einfach her zu stellen und daher kostengünstig in allen Variationen im Markt erhältlich.

Bei einer bevorzugten Variante der Erfindung weist die Verteileinheit eine Aufnahmeeinheit auf, deren Vorderseite dem
25 Isolierfluideingang zugewandt ist und die eine Durchgangsöffnung aufweist, die zur Aufnahme der Ausgangsmündung der Isolierfluidleitung eingerichtet ist, wobei die Rückseite der Aufnahmeeinheit mit wenigstens einer inneren Nut versehen
30 ist. Gemäß dieser Ausführungsform der Erfindung mündet die Isolierfluidleitung in einer Durchgangsöffnung der Aufnahmeeinheit. Das gekühlte Isolierfluid strömt somit von dem Isolierfluideingang zur Durchgangsöffnung und gelangt von dort in die oder jede innere Nut auf der Rückseite der
35 Aufnahmeeinheit. Die innere Nut beziehungsweise die inneren Nuten dienen zur radialen Verteilung des Isolierfluids.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind die Nuten ringförmig ausgebildet und mit der Durchgangsöffnung verbunden. Erfindungsgemäß ist die Verteileinheit an der dem Isolierfluideingang zugewandten Strinseite einer Wicklungsanordnung angeordnet. Durch die ringförmige Ausgestaltung, wird die Verteilung des Isolierfluids an die kreiszylindrische Ausgestaltung der Wicklungen angepasst, da sich die Kühlkanäle gleichmäßig verteilt in axialer Richtung parallel zueinander durch die Wicklungen erstrecken.

Vorteilhafterweise verfügt die Verteileinheit über eine an der Rückseite der Aufnahmeeinheit anliegende Lochplatte, die Durchgangsbohrungen aufweist und die an ihrer von der Aufnahmeeinheit abgewandten Seite mit Abstandhaltern bestückt ist.

Die Abstandshalter sind strahlenförmig ausgerichtet und zeigen auf einen gemeinsamen Mittelpunkt. Dabei weisen sie zueinander einen konstanten Abstand auf und sind über den gesamten Umfang der Lochplatte verteilt. Mit anderen Worten begrenzen die Abstandshalter tortenstückartige Zwischenräume.

Gemäß einer diesbezüglichen Weiterentwicklung begrenzen die Lochplatte die Abstandshalter und ein äußerer Dichtring Verteilhohlräume, die jeweils mit wenigstens einem Kühlkanal verbunden sind. Durch die Nuten der Aufnahmeeinheit wird das Isolierfluid radial verteilt und gelangt durch die Durchgangsbohrungen in einen der Verteilhohlräume, die wie oben bereits ausgeführt wurde, in ihrer Ausgestaltung einem Tortenstück ähneln. Jeder dieser Verteilhohlräume wird in axialer Richtung von der Stirnseite der jeweiligen Wicklungsanordnung und der Lochplatte begrenzt. In radialer Richtung begrenzen die Abstandshalter jeden Verteilhohlraum, der umfänglich also außen und innen von einem kranzförmigen Dichtring abgeschlossen wird. Die Abstandshalter erstrecken sich jeweils in radialer Richtung also strahlenförmig auf der Rückseite der Lochplatte. Aus den gleichmäßig mit gekühlten Isolierfluid versorgten Verteilhohlräumen gelangt das Isolierfluid in die Kühlkanäle der Wicklungen.

Vorteilhafterweise sind die Aufnahmeeinheit und Lochplatte scheibenförmig ausgestaltet. Die scheibenförmige Ausgestaltung ermöglicht eine kompakte Bauform des elektrischen Geräts.

5 Bevorzugt weist die Verteileinheit in einer Draufsicht eine kreisförmige Außenkontur auf. Auf diese Weise ist die Verteileinheit an Gestalt der Wicklungsanordnung angepasst, an deren Stirnseite die Verteileinheit im Rahmen der Erfindung angeordnet ist.

10

Im Rahmen der Erfindung sind Wicklungen einer Wicklungsanordnung bevorzugt konzentrisch zueinander angeordnet. Eine äußere Wicklung der Wicklungsanordnung ist beispielsweise als Primärwicklung für höhere Spannungen ausgelegt als eine weiter
15 innen angeordnete Sekundärwicklung oder umgekehrt. Neben einer Primär- und Sekundärwicklung kann jede Wicklungsanordnung auch weitere Wicklungen wie beispielsweise eine Hilfbetriebswicklung, eine Stufenwicklung oder dergleichen aufweisen.

20 Bevorzugt ist die Verteileinheit aus einem elektrisch nicht leitenden Material hergestellt. Auf diese Weise werden die elektromagnetischen Eigenschaften des erfindungsgemäßen elektrischen Geräts durch die Verteileinheit nicht oder jedenfalls nur geringfügig beeinflusst.

25

Bevorzugt weist der Kessel zwei metallische Endhauben auf, zwischen denen sich ein Mittelteil aus einem elektrisch nicht leitenden Material erstreckt. Das Mittelteil ist beispielsweise formkomplementär zu der Außenkontur der Wicklungen
30 ausgestaltet und aus einem Leichtmaterial hergestellt.

Ein Leichtmaterial im Sinne der vorliegenden Erfindung ist jedes Material mit einem um den Faktor 2 geringeren Eigengewicht als Stahl. So weist Stahl eine Dichte von 7,85–7,87

35 g/cm³ auf. Materialien mit einer Dichte kleiner als 3,9 g/cm³ sind Leichtmaterialien im Sinne der Erfindung. Beispiele für solche Leichtmaterialien sind Aluminium, Kunststoffe und mit Fasern verstärkte Kunststoffe. Bevorzugt besteht das Mittel-

teil im Wesentlichen aus einem mit Glasfasern verstärktem Kunststoff mit einer Dichte von 2,5 g/cm³.

Bei einer bevorzugten Variante der Erfindung weist der Kern
5 zwei parallel zueinander verlaufende Kernschenkel auf, die
jeweils von einer Wicklungsanordnung umschlossen ist, wobei
die Kernschenkel durch ein unteres und oberes Joch miteinander
verbunden sind. Auf diese Weise ist ein geschlossener Eisenkreis
ausgebildet. Bei dieser Variante der Erfindung sind
10 also zwei Wicklungsanordnungen mit beispielsweise insgesamt
vier Wicklungen vorgesehen, wobei jeweils zwei Wicklungen
konzentrisch zueinander angeordnet sind und einen gemeinsamen
Schenkel des Kerns als Kernabschnitt umschließen. Hierbei
handelt es sich beispielsweise um eine innere Unterspannungs-
15 wicklung und um eine die Unterspannungswicklung umschließende
Oberspannungswicklung. Der Kern weist ferner einen weiteren
Schenkel auf, der ebenfalls von einer Unter- beziehungsweise
Oberspannungswicklung umschlossen ist. Die beiden Unterspannungs-
und Oberspannungswicklungen sind dabei beispielsweise
20 in Reihe geschaltet. Die Kernschenkel, die sich jeweils durch
eine der beiden Wicklungsanordnungen erstecken sind daher parallel
zueinander ausgerichtet. Die Innenwandung des Mittelteil
Kessels folgt der Außenkontur der äußeren Wicklungen der
jeweiligen Wicklungsanordnung vollumfänglich.

25 Selbstverständlich können auch drei oder mehr Schenkel im
Rahmen der Erfindung vorgesehen sein, wobei jeder Schenkel
mit einer Wicklungsanordnung ausgerüstet ist, die aus zwei
oder mehreren Wicklungen besteht.

30 Vorteilhafterweise sind auch die Endhauben an die Aktivteil-
abschnitte angepasst, die in ihrem Innenvolumen angeordnet
sind. Gemäß dieser Weiterentwicklung der Erfindung schmiegt
sich der Kessel auch außerhalb seines Mittelteils zumindest
35 in seiner inneren Ausgestaltung nicht nur an die Außenkontur
der äußeren Wicklungen an. Vielmehr ist der Kessel auch
formkomplementär zu weiteren Abschnitten des Aktivteils

ausgestaltet, die ebenfalls die Außenkontur des Aktiv-teils festlegen.

- Das obere und untere Joch definieren zusammen mit dem jeweiligen Pressrahmen die Außenkontur des Aktivteils, die nicht von den Wicklungen definiert wird. Während die Wicklungen jedoch eine in der Regel zylinderförmige Außenkontur definieren, weicht die restliche Außenkontur des Aktivteils hiervon beträchtlich ab. Die formkomplementäre Anpassung des Kessels an diese etwas komplexere Außenkontur ist daher darauf begrenzt, eine kastenförmige Einhüllende zu bilden. Damit ist gemeint, dass der Kessel in seiner Ausgestaltung nicht jede Schraube oder jeden Bolzen nachbildet, sondern den gesamten Abschnitt mit einer kastenförmigen und teilweise abgerundeten Kontur nachbildet. Diese kastenförmige Kontur begrenzt dann einen Innenraum, der die spannungsfeste Aufnahme der besagten Aktivteilabschnitte ermöglicht, jedoch gleichzeitig das Innenvolumen des Kessels auf ein Minimieren begrenzt.
- Vorteilhafterweise sind die Endhauben aus einem Metall oder einer metallischen Legierung gefertigt. Besonders bevorzugt ist, dass die Endhauben aus Stahl gefertigt sind. Stahl weist eine hohe mechanische Festigkeit auf.
- Zweckmäßigerweise sind die Endhauben jeweils kastenförmig ausgestaltet. Eine kastenförmige Ausgestaltung kann serienmäßig erfolgen. Eine Anpassung an das jeweilige individuell angefertigte Aktivteil entfällt bei dieser Variante der Erfindung. Auf diese Weise können weitere Kosten eingespart werden.

Vorteilhafterweise weist wenigstens eine Endhaube ein Sichtfenster und/oder eine Handöffnung auf. Gemäß dieser Weiterentwicklung der Erfindung kann das elektrische Gerät einfach hergestellt und gewartet werden.

Das elektrische Gerät ist bevorzugt ein Bahntransformator.

Unter einem magnetisierbaren Material wird hier ein ferromagnetisches Material wie beispielsweise Eisen verstanden. Der Kern bildet im Rahmen der Erfindung bevorzugt einen geschlossenen Eisenkreis aus.

5

Weitere zweckmäßige Ausgestaltungen und Vorteile der Erfindung sind Gegenstand der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung unter Bezug auf die Figuren der Zeichnung, wobei gleiche Bezugszeichen auf gleichwirkende Bauteile verweisen und wobei die

10

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen elektrischen Geräts in perspektivischer Darstellung,

15 Figur 2 das elektrische Gerät gemäß Figur 1 ohne Umwälzsystem und Tragrahmen,

Figur 3 das elektrische Gerät gemäß Figur 2 mit angedeuteter Isolierfluidleitung,

Figur 4 und 5 Vorder- bzw. Rückseite einer Aufnahmeeinheit einer Verteileinheit in perspektivischer Darstellung,

20

Figur 6 die Rückseite einer Lochplatte in perspektivischer Darstellung,

Figur 7 die Stirnseite einer Wicklungsanordnung in einer Draufsicht und

25

Figur 8 eine Ausführungsbeispiel einer Verteileinheit in einer Seitenansicht verdeutlichen.

Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel des elektrischen Geräts 1 in einer perspektivischen Darstellung, das dort dargestellte elektrische Gerät ist als Bahntransformator 1 ausgeführt. Der Bahntransformator 1 verfügt über einen Kessel 2, der aus einem Mittelteil 3 sowie zwei Endhauben 4 und 5 besteht. Die Endhauben 4 und 5 bestehen aus Stahl, wohingegen das Mittelteil 3 aus einem glasfaserverstärkten Kunststoff gefertigt ist. In dem Kessel 2 ist ein figürlich nicht dargestelltes Aktivteil angeordnet, wobei der Kessel mit einem Isolierfluid befüllt ist. Das Aktivteil umfasst einen

30

35

magnetisierbaren Kern aus Eisen, der zwei Kernschenkel aufweist, die über ein oberes und unteres Joch miteinander verbunden sind. Jeder Kernschenkel ist von einer Wicklungsanordnung umschlossen, wobei jede Wicklungsanordnung aus einer inneren Untespannungswicklung sowie einer äußeren Oberspannungswicklung besteht. Die Wicklungsanordnung umfasst ferner eine Hilfbetriebwicklung. Dabei sind Ober-, Unter- und Hilfbetriebwicklung als axiale Verlängerung der Unterspannungswicklung konzentrisch zueinander sowie zu dem Kernschenkel angeordnet, der diese Wicklungen innen durchragt.

Das Mittelteil 3 bildet zwei Gehäuseröhren 6 und 7 aus, die jeweils eine der Wicklungsanordnungen umschließen. Das untere und obere Joch sind in der oberen 4 bzw. unteren Endhaube 5 angeordnet. Zum Anschluss der einander parallel geschalteten Oberspannungswicklungen an den Fahrdraht auf Hochspannung dient eine Eingangsdurchführung 8. Die Unterspannungswicklung ist ausgangsseitig mit Kabelanschlussbuchsen 9 verbunden. Durch Einführen von passenden Kabelsteckern in die jeweilige Kabelanschlussbuchse 9 kann die gewünschte Traktionsspannung abgegriffen werden.

Die Endhaube 4 verfügt über zwei Isolierfluideingänge 10 wohingegen die Endhaube 5 mit einem Isolierfluidausgang 11 ausgerüstet ist. Schließlich ist ein Umwälzsystem 12 erkennbar, dass neben einer Pumpe 13 eine Kühleinheit 14 umfasst, die mit einem Wärmetauscher zum Abkühlen des umgewälzten Isolierfluids ausgerüstet ist. Das Umwälzsystem 12 verfügt ferner über Rohrleitungen 15. Mit Hilfe des Umwälzsystems 12 wird erwärmtes Isolierfluid aus dem Isolierfluidausgang 11 abgesaugt und über die Rohrleitungen 15 dem Wärmetauscher der Kühleinheit 14 zugeführt. Von dort gelangt das abgekühlte Isolierfluid zu den Isolierfluideingängen 10, um dort wieder in den Kessel 2 eingeführt zu werden.

Der Bahntransformator 1 verfügt ferner über einen Tragrahmen 16, zur Montage an einem Schienenfahrzeug, auf den an dieser Stelle jedoch nicht genauer eingegangen zu werden braucht.

5 Figur 2 zeigt den Kessel 2 des elektrischen Geräts gemäß Figur 1 in einer perspektivischen Darstellung, wobei das Umwälzsystem und der Tragrahmen der besseren Übersicht wegen weggelassen wurden. Im Vordergrund ist die Endhaube 4 mit den Isolierfluideingang 10 erkennbar während im Hintergrund die
10 Endhaube 5 mit Isolierfluidausgang 11 dargestellt ist. Es ist erkennbar, dass die Endhauben 5 mit Handlöchern 17 ausgerüstet sind, welche die Montage und Wartung des Bahntransformators 1 erleichtern.

15 Da das Mittelteil 3 aus einem Leichtmaterial gefertigt ist und zwei eng an den Wicklungsanordnungen anliegende Röhren 6 und 7 ausgebildet, wird weniger Isolierfluid benötigt, um den Kessel vollständig zu befüllen. Durch das reduzierte Volumen an Isolierfluid erreicht dieses beim Betrieb und gleich
20 bleibender Kühlung schneller kritische Temperaturbereiche. Aus diesem Grunde wurde im Rahmen der Erfindung die Kühlung der Wicklungen verbessert.

Figur 3 zeigt den Kessel gemäß Figur 2, wobei jedoch die
25 Mittel für die verbesserte Kühlung angedeutet sind. So erstreckt sich zwischen jedem Isolierfluideingang 10 und einer Verteileinheit 18 eine Isolierfluidleitung 19. Mit Hilfe der Isolierfluidleitung 19, die rohrförmig ausgestaltet ist, wird das in den Isolierfluideingang 10 eingeleitete
30 abgekühlte Isolierfluid direkt zu der Verteileinheit 18 geführt, so dass es sich nicht mehr mit dem in der inneren Endhaube 4 angeordneten warmen Isolierfluid vermischt. Dabei ist die Verteileinheit 18 an der Stirnseite der Wicklungsanordnung angeordnet, die dem Isolierfluideingang 10 jeweils
35 zugewandt ist. Dabei ist die Verteileinheit in der Draufsicht kranzförmig ausgebildet, so dass diese die gesamte Stirnseite der Wicklungsanordnung überdeckt.

Die Verteileinheit 18 verfügt über eine Aufnahmeeinheit 20, die in Figur 4 von vorne, sowie in Figur 5 von hinten gezeigt ist. Es ist erkennbar, dass die Vorderseite eben ausgebildet ist, wobei eine Durchgangsbohrung 21 erkennbar ist, die zur Aufnahme der Ausgangsmündung der Verbindungsleitung 19 dient. Auf diese Weise gelangt das einströmende gekühlte Isolierfluid durch die Durchgangsbohrung 21 auf die Rückseite der Aufnahmeeinheit 20, die mit einer inneren 23 sowie äußeren 22 ringförmigen Nut ausgerüstet ist. Beide Nuten 22 und 23 münden in der Aufnahmeöffnung 21, so dass das einströmende Isolierfluid durch die Nuten 22 und 23 geführt ist.

Die in Figur 5 gezeigte Rückseite der Aufnahmeeinheit 20 liegt an der Vorderseite einer Lochscheibe 24 an, die in Figur 6 von hinten gezeigt ist. Die Lochscheibe 24 ist mit Durchgangsbohrungen 25 ausgerüstet, die den Durchtritt von Isolierfluid aus den Nuten 22, 23 der Aufnahmeeinheit 20 in Verteilholräume 26 ermöglichen, die in axialer Richtung einmal von der Lochscheibe 24 sowie von der Stirnseite der nicht gezeigten Wicklungsanordnung begrenzt ist. Die seitliche Begrenzung der Verteilhohlräume 26 erfolgt durch Abstandshalter 27, die radial oder strahlenförmig ausgerichtet sind und tortenstückähnliche Verteilholräume 26 ausbilden. Ein figürlich nicht dargestellter äußerer Begrenzungsring sowie ein innerer ebenfalls figürlich nicht dargestellter Begrenzungsring sorgen dafür, dass ein Austritt von Isolierfluid in radialer Richtung nach innen oder außen aus den Verteilholräumen 26 vermieden ist.

Figur 7 zeigt die Stirnseite einer Wicklungsanordnung 31 in einer Draufsicht, wobei die gezeigte Stirnseite von der Verteileinheit 18 abgewandt ist. Die Wicklungsanordnung 31 weist eine innere Niederspannungswicklung 29, die in axialer Richtung von einer Hilfsbetriebwicklung verlängert wird, und eine äußere konzentrisch zur Unterspannungswicklung angeordnete Oberspannungswicklung 30 auf. Es ist erkennbar, dass die Lagen der jeweiligen Wicklung 29 bzw. 30 nicht

direkt aufeinander gewickel, sondern voneinander beabstandet sind. Dies erfolgt durch Einwickeln so genanter Wicklungsleisten, die in der Figur nicht dargestellt sind. Die Leisten sorgen für den dort notwendigen radialen Abstand der Wicklungslagen, so dass zwischen den Wicklungslagen und den Leisten Kühlkanäle 28 gebildet sind. Aufgrund der Kühlkanäle 28 ist die an der anderen Stirnseite der Wicklungsanordnung 31 angeordnete Rückseite der Lochscheibe 24 einschließlich ihrer Abstandshalter 27 sowie ihrer Durchgangsbohrung 25 erkennbar. Somit kann nachvollzogen werden, dass in die Verteilholräume 26 eindringendes abgekühltes Isolierfluid durch die Kühlkanäle 28 der Wicklungen strömt und so für eine verbesserte Kühlung der Wicklungen 29 und 30 sorgt.

Figur 8 zeigt das der Verteileinheit 18 zugewandte Ende der Wicklungsanordnung 31 sowie die Verteileinheit 18 selbst. Dabei ist die Verteileinheit 18 teilweise geschnitten dargestellt. Zunächst ist die Aufnahmeeinheit 20 erkennbar, die auf ihrer Rückseite eine innere Nut 23 sowie eine äußere Nut 22 aufweist, die - wie bereits ausgeführt wurde - beide mit der Aufnahmeöffnung verbunden sind, die in Figur 8 nicht dargesellt ist. Darüber hinaus ist die Lochscheibe 24 erkennbar, welche die Nuten 22 und 23 begrenzt. Die Lochscheibe 24 ist mit figürlich nicht dargesellten Durchgangsöffnungen ausgerüstet, welche den Durchtritt des Isolierfluids von den Nuten 22, 23 in den Verteilerholraum 26 ermöglichen, die einerseits durch die Lochscheibe 24 und andererseits durch die Stirnseite der Wicklungsanordnung begrenzt sind. Um einen Austritt von Isolierfluid aus den Verteilerholräumen 26 zu vermeiden, sind ein äußerer Dichtring 32 sowie ein innerer Dichtring 33 erkennbar, die sicherstellen, dass das gekühlte Isolierfluid aus den Verteilerholräumen 26 in die Kühlkanäle 28 der Wicklungen gelangt.

Patentansprüche

1. Elektrisches Gerät (1) zum Anschluss an eine Hochspannung mit

- 5 - einem Aktivteil, das über einen magnetisierbaren Kern und wenigstens eine Wicklungsanordnung (31) verfügt, die jeweils einen Kernabschnitt des Kerns umschließt und induktiv miteinander gekoppelte Wicklungen (29, 30) aufweist, wobei in den Wicklungen Kühlkanäle (28) (19) ausgebildet sind,
- 10 - einem mit einem Isolierfluid befüllten Kessel (2), in dem das Aktivteil vollständig angeordnet ist, wobei
- der Kessel (2) wenigstens einen Isolierflüssigkeits-
eingang (10) und wenigstens einen Isolierflüssigkeitsausgang
(11) aufweist, die über ein außerhalb des Kessels (2)
- 15 angeordnetes Umwälzsystem (12) miteinander verbunden sind, das eine Kühleinheit (14) und eine Pumpe (13) zum Umwälzen des Isolierfluids umfasst,
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
- jeder Isolierflüssigkeitssteingang (10) über eine sich im
- 20 Kessel (2) erstreckende Isolierfluidleitung (19) mit einer an einer der Stirnseiten der Wicklungsanordnung (31) angeordnete Verteileinheit (18) verbunden ist, die gekühltes Isolierfluid auf die Kühlkanäle (28) verteilt.

- 25 2. Elektrisches Gerät (1) nach Anspruch 1,
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
- die Isolierfluidleitung eine Rohrleitung (19) ist.

3. Elektrisches Gerät (1) nach Anspruch 1 oder 2,
- 30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
- die Verteileinheit (18) eine Aufnahmeeinheit (20) aufweist, deren Vorderseite dem oder einem der Isolierfluideingänge (10) zugewandt ist und die eine Durchgangsöffnung (21) aufweist, die zur Aufnahme der Ausgangsmündung der
- 35 Isolierfluidleitung (19) eingerichtet ist, wobei die Rückseite der Aufnahmeeinheit (20) mit inneren Nuten (22, 23) versehen ist.

4. Elektrisches Gerät (1) nach Anspruch 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
die Nuten (22, 23) ringförmig ausgebildet sind und mit der
Durchgangsöffnung (21) verbunden sind

5

5. Elektrisches Gerät (1) nach Anspruch 3 oder 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
die Verteileinheit (18) über eine an der Rückseite der
Aufnahmeeinheit (20) anliegende Lochplatte (24) verfügt, die
10 Durchgangsbohrungen (25) aufweist und die an ihrer von der
Aufnahmeeinheit (20) abgewandten Seite mit Abstandhaltern
(27) bestückt ist.

6. Elektrisches Gerät (1) nach Anspruch 5,
15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
die Lochplatte (24) die Abstandhalter (27) und ein äußerer
Dichtring (33) Verteilhohlräume (26) begrenzen, die jeweils
mit wenigstens einem Kühlkanal (28) verbunden sind.

20 7. Elektrisches Gerät (1) nach Anspruch 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
die Aufnahmeeinheit (20) und Lochplatte (24) scheibenförmig
ausgestaltet sind.

25 8. Elektrisches Gerät (1) nach einem der vorhergehenden An-
sprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
Verteileinheit (18) in einer Draufsicht eine kreisförmige
Außenkontur aufweist.

30

9. Elektrisches Gerät (1) nach einem der vorhergehenden An-
sprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
Verteileinheit (18) aus einem elektrisch nicht leitenden
35 Material hergestellt ist.

10. Elektrisches Gerät (1) nach einem der vorhergehenden An-
sprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der Kessel (2) und zwei metallische Endhauben (4, 5)
aufweist, zwischen denen sich ein Mittelteil (3) aus einem
elektrisch nicht leitenden Material erstreckt.

FIG 1

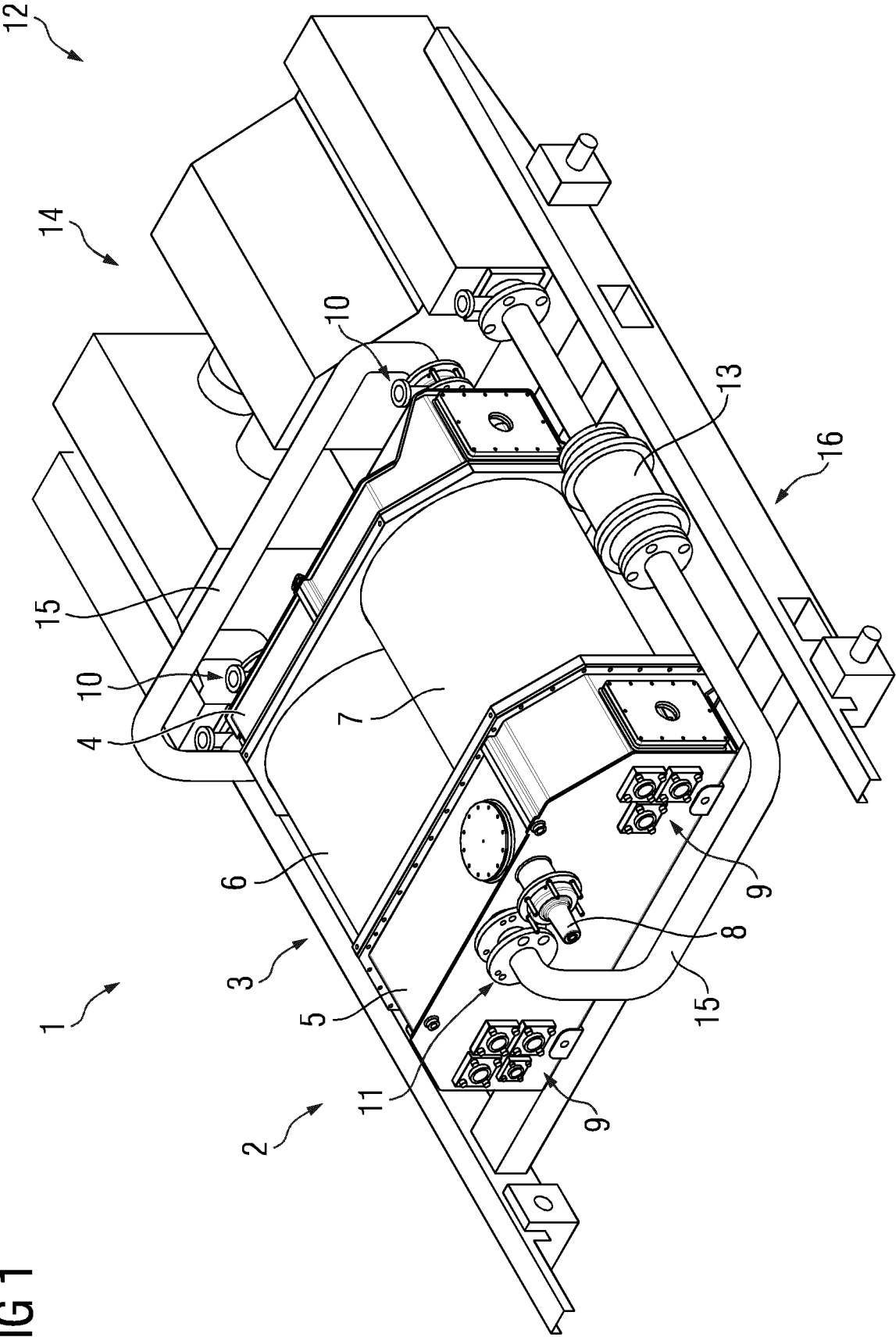


FIG 2

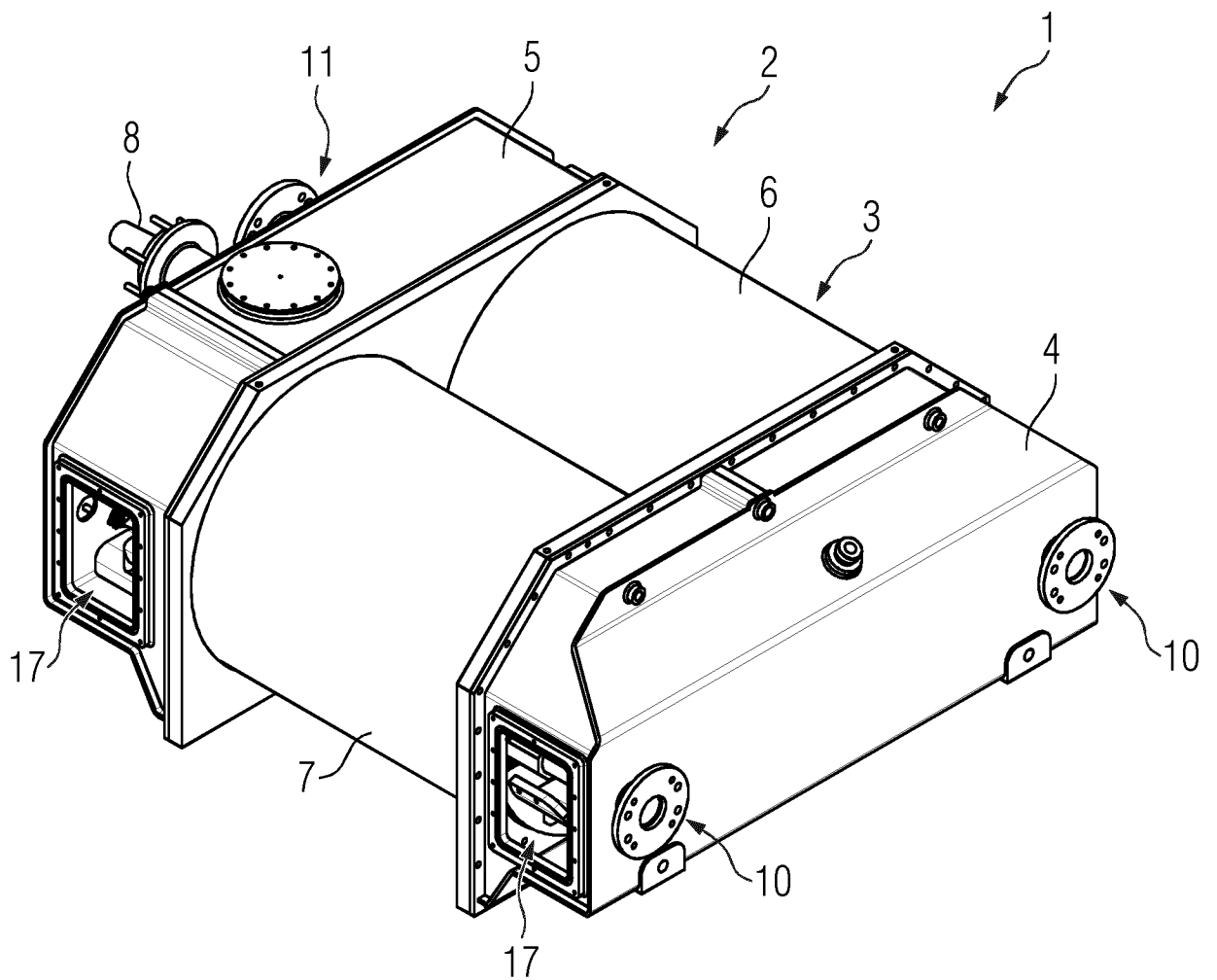


FIG 3

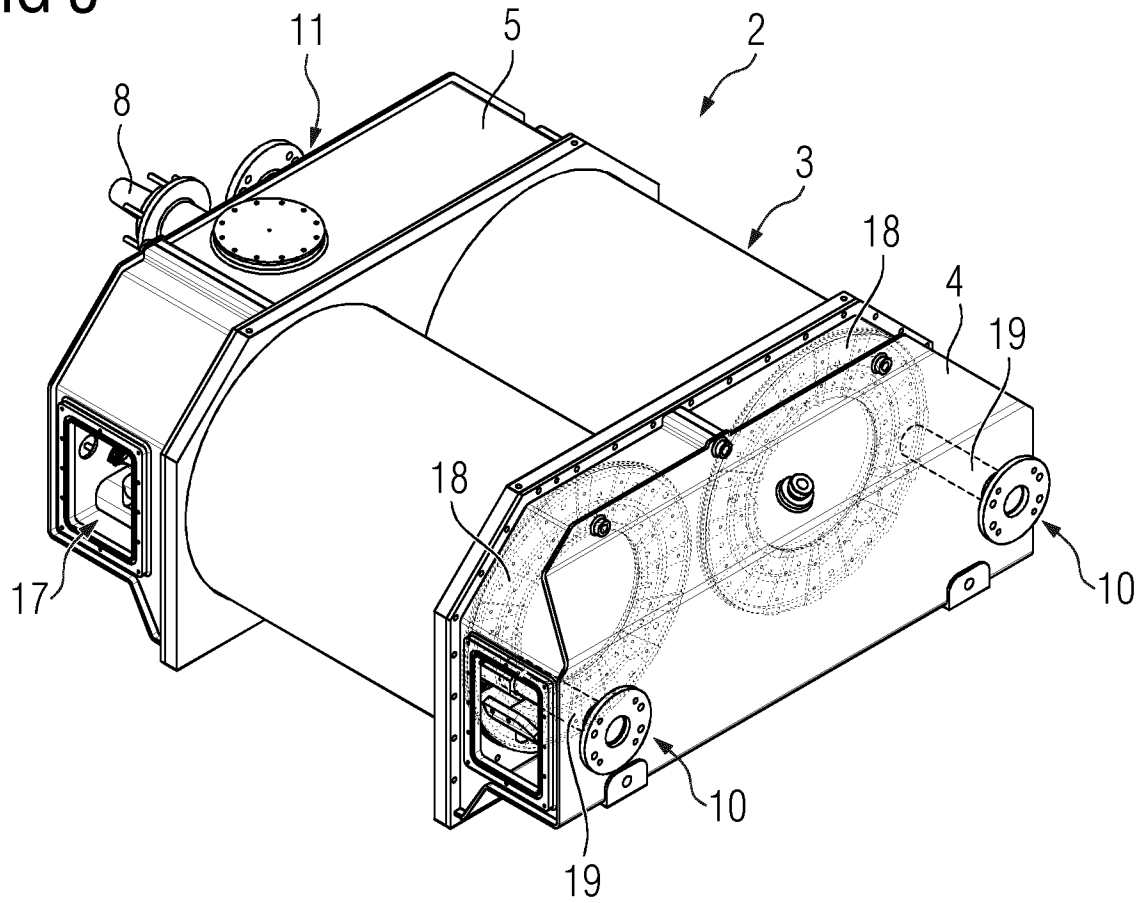


FIG 4

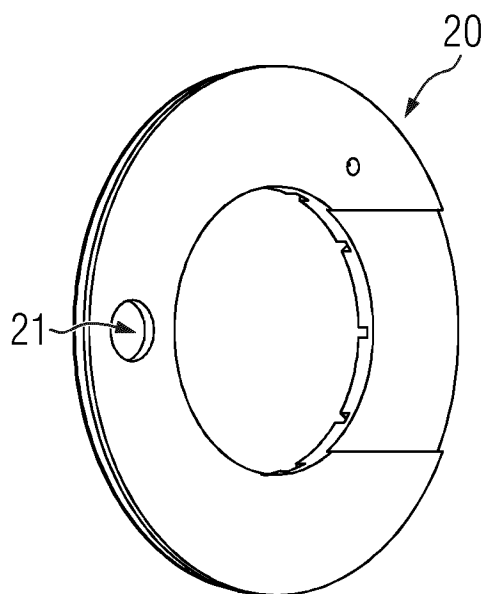


FIG 5

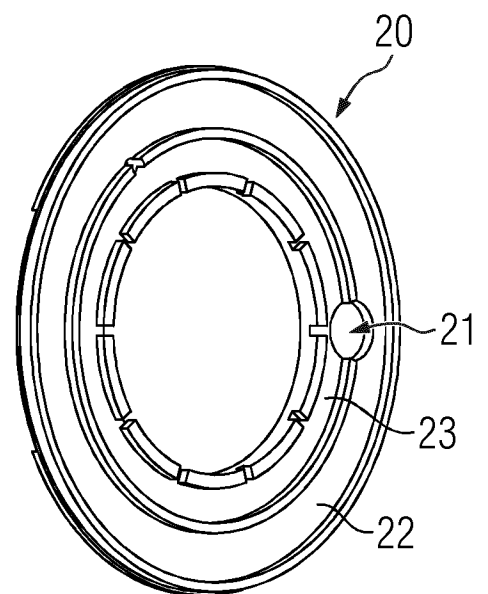


FIG 6

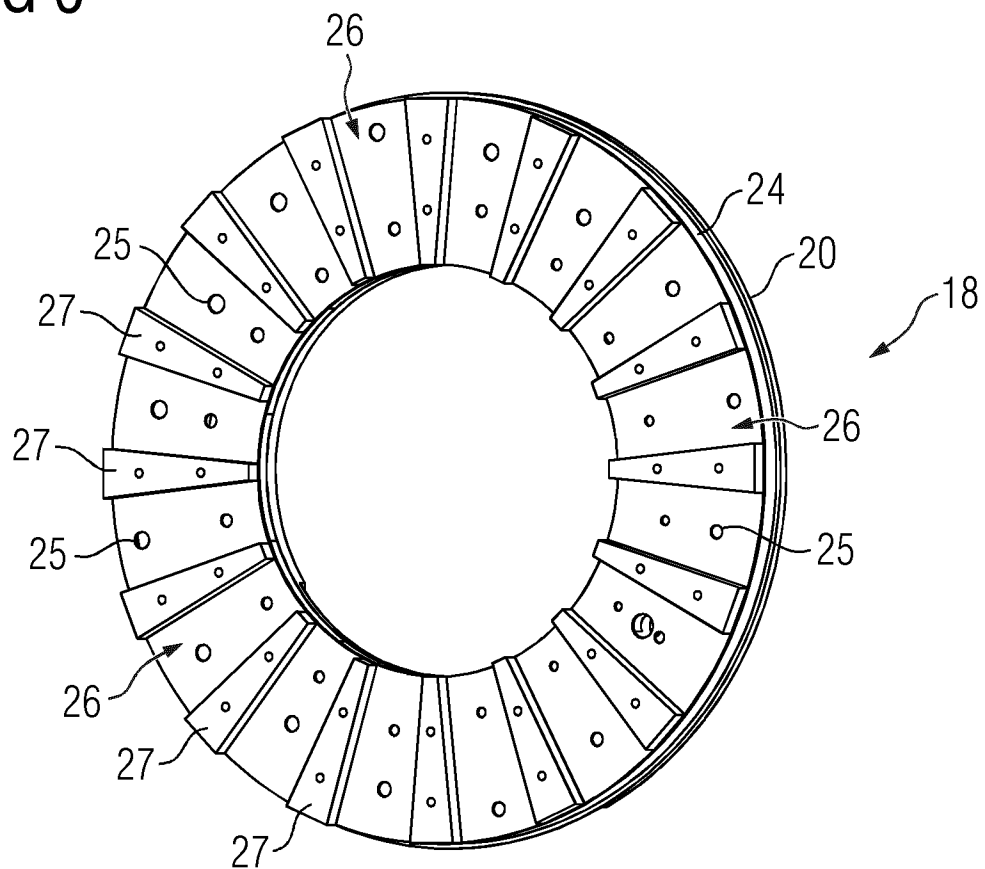


FIG 7

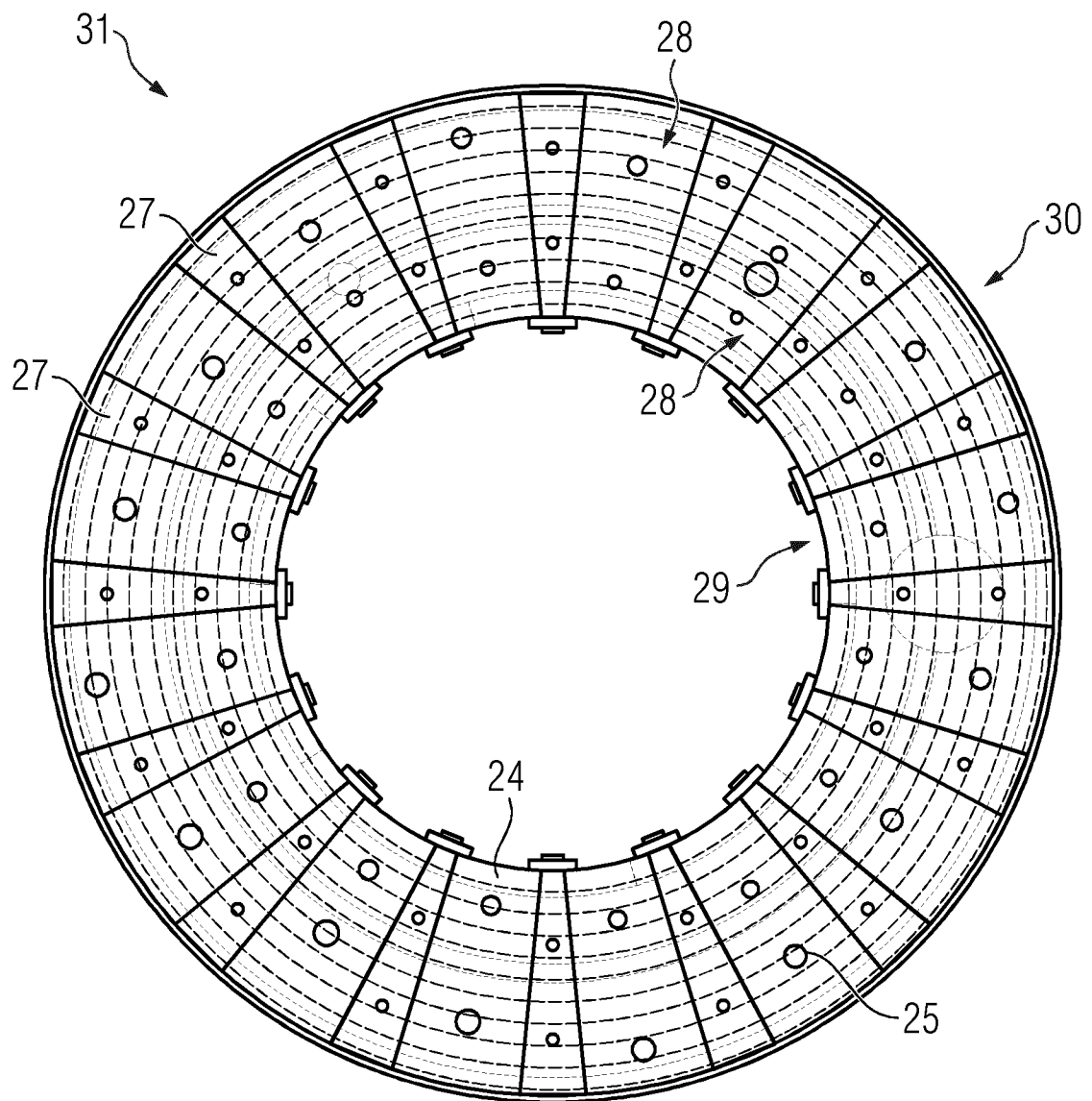
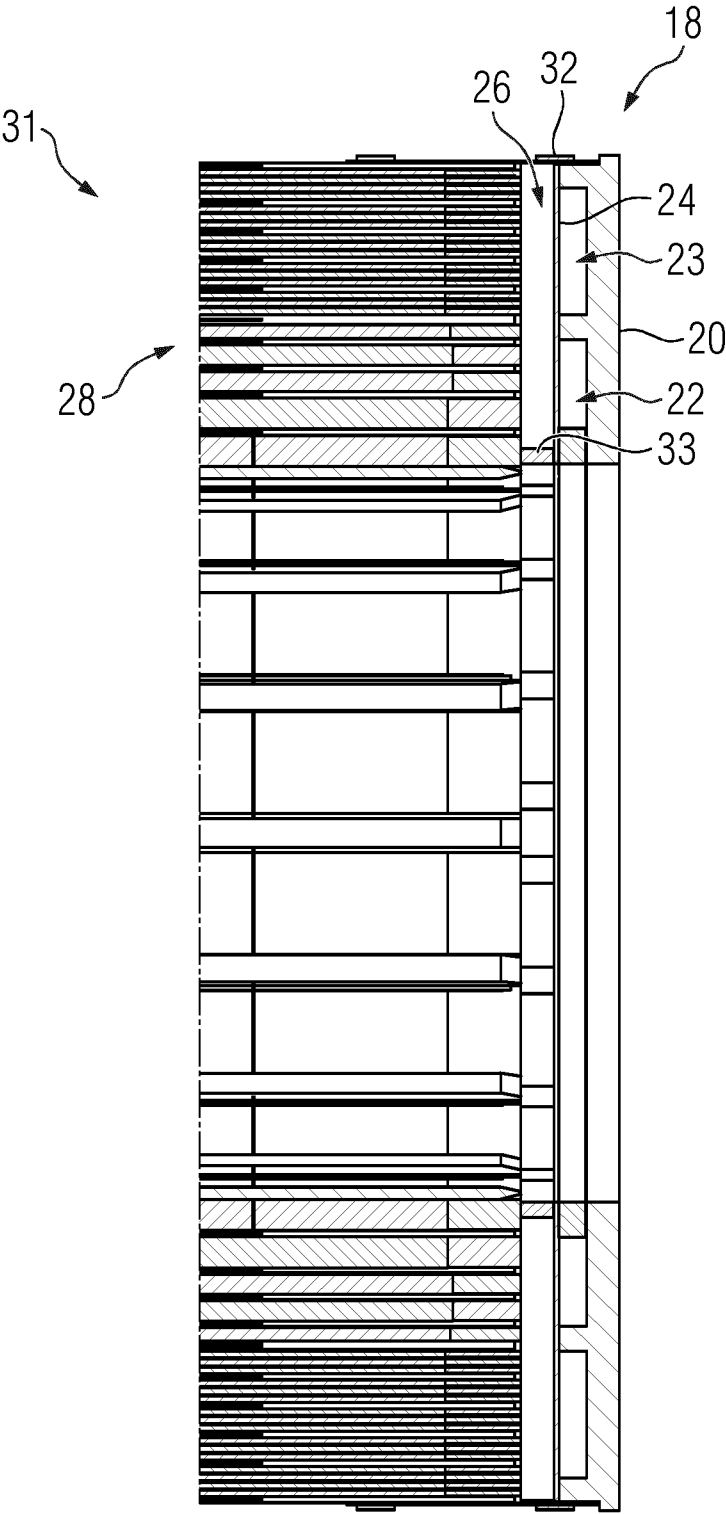


FIG 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/070850

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01F 27/02**(2006.01)i; **H01F 27/10**(2006.01)i; **H01F 27/32**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP S5296313 A (HITACHI LTD) 12 August 1977 (1977-08-12) the whole document	1-10
X	US 2011309902 A1 (BONIN MASSIMO [IT] ET AL) 22 December 2011 (2011-12-22) abstract; figures 1, 3, 4 paragraph [0035] - paragraph [0041]	1,2,8
X	US 2013307654 A1 (HYDE RODERICK A [US] ET AL) 21 November 2013 (2013-11-21) abstract; figures 2, 5 paragraph [0033] - paragraph [0035] paragraphs [0042], [0046]	1,2
X	US 3137829 A (DILLOW NOEL E ET AL) 16 June 1964 (1964-06-16) figures 1, 3,4 column 7, line 20 - column 9, line 20	1,2



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

09 April 2021

Date of mailing of the international search report

22 April 2021

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Tano, Valeria

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/070850

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	S5296313	A	12 August 1977	NONE			
US	2011309902	A1	22 December 2011	BR	PI0924023	A2	20 March 2018
				CN	102349121	A	08 February 2012
				EP	2406798	A1	18 January 2012
				PL	2406798	T3	31 August 2016
				US	2011309902	A1	22 December 2011
				WO	2010102669	A1	16 September 2010
US	2013307654	A1	21 November 2013	CN	104303399	A	21 January 2015
				EP	2850724	A1	25 March 2015
				US	2013307654	A1	21 November 2013
				US	2015123756	A1	07 May 2015
				WO	2013173105	A1	21 November 2013
US	3137829	A	16 June 1964	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H01F27/02 H01F27/10 H01F27/32 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) H01F		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP S52 96313 A (HITACHI LTD) 12. August 1977 (1977-08-12) das ganze Dokument -----	1-10
X	US 2011/309902 A1 (BONIN MASSIMO [IT] ET AL) 22. Dezember 2011 (2011-12-22) Zusammenfassung; Abbildungen 1, 3, 4 Absatz [0035] - Absatz [0041] -----	1,2,8
X	US 2013/307654 A1 (HYDE RODERICK A [US] ET AL) 21. November 2013 (2013-11-21) Zusammenfassung; Abbildungen 2, 5 Absatz [0033] - Absatz [0035] Absätze [0042], [0046] -----	1,2
X	US 3 137 829 A (DILLOW NOEL E ET AL) 16. Juni 1964 (1964-06-16) Abbildungen 1, 3,4 Spalte 7, Zeile 20 - Spalte 9, Zeile 20 -----	1,2
☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
9. April 2021		22/04/2021
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Tano, Valeria

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/070850

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP S5296313	A	12-08-1977	KEINE
US 2011309902	A1	22-12-2011	BR PI0924023 A2 20-03-2018 CN 102349121 A 08-02-2012 EP 2406798 A1 18-01-2012 PL 2406798 T3 31-08-2016 US 2011309902 A1 22-12-2011 WO 2010102669 A1 16-09-2010
US 2013307654	A1	21-11-2013	CN 104303399 A 21-01-2015 EP 2850724 A1 25-03-2015 US 2013307654 A1 21-11-2013 US 2015123756 A1 07-05-2015 WO 2013173105 A1 21-11-2013
US 3137829	A	16-06-1964	KEINE