



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) EP 0 951 025 A1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
20.10.1999 Patentblatt 1999/42

(51) Int. Cl.⁶: H01F 30/10

(21) Anmeldenummer: 99106743.0

(22) Anmeldetag: 03.04.1999

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:
• Heinemann, Lothar, Dr.-Ing.
69493 Hirschberg-Leutershausen (DE)
• Scheible, Guntram, Dr.-Ing.
69117 Heidelberg (DE)

(30) Priorität: 16.04.1998 DE 19816748

(74) Vertreter: Miller, Toivo et al
ABB Patent GmbH
Postfach 10 03 51
68128 Mannheim (DE)

(71) Anmelder: ABB Research Ltd.
8050 Zürich (CH)

(54) **Schaltnetzteiltransformator für hohe Isolationsanforderungen bei kleinen zu übertragenden Leistungen**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf einen Transformator, der insbesondere zur Verwendung in hochfrequent betriebenen Schaltnetzteilen zur Trennung hoher Potentialunterschiede und bei Leistungen von einigen Watt einsetzbar ist. Der Transformator weist zwei Eisenkernhälften (11) mit je einer Wicklung (12) auf. Jeder Schenkel (10) der Kernhälften (11) ist im Bereich seiner Stirnfläche (16) mit einem Isolierkörper (15) umgeben oder abgedeckt, wobei die Isolierkörper (15) halbleitendes Material enthalten oder damit beschichtet sind und ein Abstand (a) zwischen den Eisenkernhälften (11) besteht.

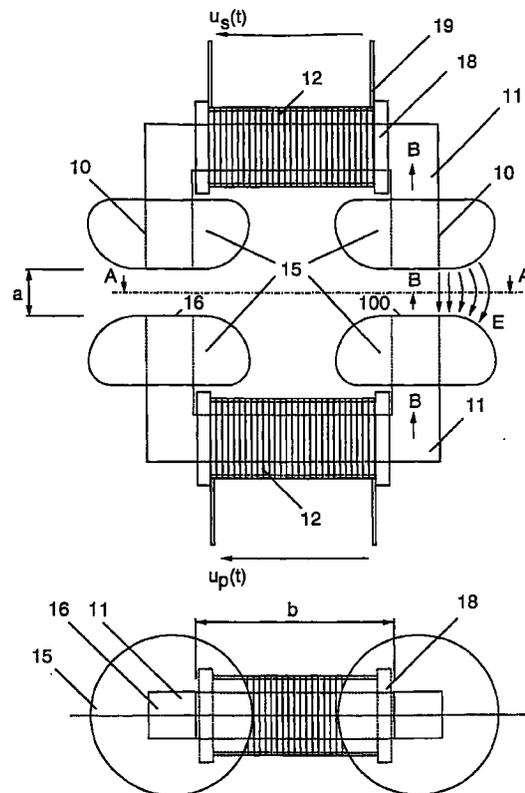


Fig. 1

EP 0 951 025 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen Transformator, der vorzugsweise in einem hochfrequent betriebenen Schaltnetzteil zur Potentialtrennung und Spannungsanpassung eingesetzt werden kann. 5

[0002] Bei vielen neuartigen elektronischen Sensoren (z.B. elektronische Strom- und Spannungssensoren in Mittelspannungsnetzen) wird eine kostengünstige, kleinvolumige und sehr zuverlässige Spannungsversorgung benötigt. Derartige Spannungsversorgungen müssen gewöhnlich nur eine Dauerleistung von ein bis zwei Watt liefern, was schaltungstechnisch selbst bei hoher geforderter Stabilität der Versorgungsspannung mühelos zu realisieren ist. Problematisch ist vielmehr die Einhaltung der teilweise sehr hohen Isolationsanforderungen, wenn das Netzteil primärseitig mit einer geerdeten Spannungsquelle und sekundärseitig direkt mit dem Sensor auf dem Potential (z.B. 20 kV) der zu messenden Größe verbunden ist. Will man demzufolge den vorstehend postulierten Forderungen Rechnung tragen, sind bei solchen Netzteilen besondere konstruktive Maßnahmen bezüglich des potentialtrennenden Bauteils, dem Transformator, erforderlich. 10 15 20

[0003] Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, einen Transformator mit sehr guter elektrischer Isolationsfähigkeit zwischen Primär- und Sekundäranschluß anzugeben, der ein geringes Volumen aufweist und kostengünstig herzustellen ist. 25

[0004] Diese Aufgabe wird durch einen Transformator gemäß einem der unabhängigen Ansprüche gelöst. Bei einem solchen Transformator sind Primärwicklung und Sekundärwicklung je einer Kernhälfte zugeordnet. Ein Spalt zwischen beiden Kernhälften stellt in erster Linie die Isolation sicher. Das elektrische Feld wird durch spezielle Isolierkörper gesteuert. Die Isolierkörper sind jeweils im Bereich der Stirnflächen der Kernhälften angeordnet, können mit der Ebene der Stirnflächen abschließen oder die Stirnflächen überdecken. Die Isolierkörper können beispielsweise aus einem Kunststoff bestehen, der mit halbleitendem Material versetzt ist, oder mit einem halbleitenden Material beschichtet sein. 30 35 40

[0005] Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in abhängigen Ansprüchen angegeben. 45

[0006] Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile bestehen insbesondere darin, daß der vorgeschlagene Transformator sehr hohe Isolationsanforderungen von beispielsweise 20 kV mit festem Isolierstoff erfüllt. Die hohe Leistungsdichte führt zu einem kostengünstigen, leichten und nur geringen Raumbedarf erfordernden Netzteil. 50

[0007] Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele weiter erläutert. Es zeigen: 55

Fig. 1 Eine erste Variante eines Transformators mit zwei U-Kernhälften, auf denen je eine Wick-

lung angeordnet ist. Jede Stirnseite des U-Kernes weist je eine aus Isolationsmaterial bestehende Kugelfunkenstrecke auf, auf deren Oberfläche ein halbleitendes Material aufgebracht wurde.

Fig. 2 Eine zweite Variante des Transformators mit zwei U-Kernhälften, auf denen je eine Wicklung angeordnet ist. Jede Stirnseite des U-Kernes weist nur eine, beide Schenkel verbindende, aus Isolationsmaterial bestehende Kugelfunkenstrecke auf, auf deren Oberfläche ein halbleitendes Material aufgebracht wurde.

Fig. 3 Eine dritte Variante des Transformators, der zwei E-Kernhälften aufweist, auf denen je eine Wicklung angeordnet ist. Jede Stirnseite des E-Kernes weist eine aus Isolationsmaterial bestehende Kugelfunkenstrecke auf, auf deren Oberfläche ein halbleitendes Material aufgebracht wurde.

Fig. 4 Eine vierte Variante des Transformators mit zwei U-Kernhälften, auf denen je eine Platinenwicklung angeordnet ist.

Fig. 5 Eine mögliche einfache Schaltung, mit der unter Einsatz einer der Transformatorvarianten ein Schaltnetzteil für hohe Isolationsanforderungen bei kleinen Ausgangsleistungen realisiert ist.

[0008] In Fig. 1 ist eine erste Variante des Transformators dargestellt. Es sind zwei U-Kernhälften 11 aus z. B. Ferritmaterial zu erkennen, auf denen je eine Wicklung 12 aufgebracht ist. Eine der Wicklungen 12 ist als Primärwicklung, die andere als Sekundärwicklung ausgestaltet. Die beiden U-Kernhälften 11 weisen einen definierten Abstand a voneinander auf. Der für die Übertragung von Leistung „parasitäre“ Spalt fungiert in erster Linie als Isolationsstrecke zwischen Primär- und Sekundärseite. D.h., zwischen Primär- und Sekundärseite des Transformators existiert keinerlei leitende Verbindung, wodurch ein Transformator mit hoher Isolationsfestigkeit geschaffen ist. Der Abstand a ist einerseits so klein wie möglich zu wählen, damit eine Leistungsübertragung bzw. eine beide Wicklungen durchsetzende magnetische Induktion B erreicht werden kann. Andererseits muß der Abstand a gerade so groß gewählt werden, daß hohe elektrische Feldstärken E vermieden sind

[0009] Damit auch hohe Potentialunterschiede von z.B. 20 kV mit dem Transformator sicher beherrscht werden, sind an den Stirnseiten der U-Kernhälften aus Kunststoff bestehende Isolierkörper 15 als Kugelfunkenstrecken aufgebracht, die zwecks Potentialsteuerung mit einem halbleitenden Material durchsetzt oder

beschichtet und elektrisch mit der jeweiligen Kernhälfte verbunden sind. Eine solche Kugelfunkenstrecke kann z.B. aus einem Kunststoff bestehen, der mit Kohlenstaub versetzt ist. Auf diese Weise nehmen sowohl die Kernhälfte als auch die Kugelfunkenstrecke immer das gleiche Potential an. Die jeweilige Kernhälfte kann deshalb ohne Probleme jeweils mit ihrer Stirnfläche 16 mit der Oberfläche der Kugelfunkenstrecke abschließen, wie in Fig. 1 dargestellt ist. Eine für die Potentialsteuerung kritische Spitze-Platte Anordnung mit örtlich hohen elektrischen Feldstärken tritt nicht auf.

[0010] Will man mit dem in Fig. 1 dargestellten Transformator beispielsweise ein Potential von 20 kV dauerhaft und ohne Glimmen isolieren, sollte der Abstand a einen Betrag von 6-7 mm aufweisen. Damit resultiert dann eine maximale Feldstärke zwischen den beiden gegenüberliegenden Kugelfunkenstrecken von 2-3 kV/mm, was als ständige Feldstärkebelastung von Feststoffisolationsmaterial gängig ist. Um bei einer derart großen Luftspalteinlage die eigentliche Transformatorfunktion noch gewährleisten zu können, sollte der Abstand b zwischen den beiden Schenkeln 10 der jeweiligen U-Kernhälften 11 möglichst groß gegenüber dem Abstand a gewählt werden. Damit ist nämlich gewährleistet, daß der magnetische Widerstand zwischen den beiden gegenüberliegenden Kernhälften immer deutlich kleiner ist als der magnetische Widerstand zwischen den beiden Schenkeln der eigenen Kernhälfte. Ein Großteil der magnetischen Feldlinien wird sich dann immer noch durch das Kernmaterial beider Kernhälften schließen, als gemeinsamer Nutzfluß, und nicht nur als Streufluß über die Schenke der eigenen Kernhälfte. Auf diese Weise kann auch noch bei größerem Abstand b eine Transformatorwirkung erzielt werden. Eine Leistungsübertragung von einigen Watt ist demzufolge ohne weiteres möglich.

[0011] Die Wicklungen 12 sind jeweils auf einem elektrisch isolierenden Wicklungskörper 18 aufgebracht. An Wicklungsanschlüssen 19 ist eine Primärspannung $u_p(t)$ anlegbar, bzw. eine Sekundärspannung $u_s(t)$ abgreifbar.

[0012] In den Fig. 1 bis 4 sind jeweils Schnittebenen A-A eingetragen. Eine Draufsicht auf eine Transformatorhälfte in dieser Schnittebene A-A ist jeweils im unteren Teil der Zeichnungsfigur zur weiteren Verdeutlichung dargestellt.

[0013] In Fig. 2 ist eine zweite Variante des Transformators dargestellt. Anstelle von zwei Isolierkörpern bzw. Kugelfunkenstrecken ist jede U-förmige Kernhälfte 21 mit einer einzigen länglichen Funkenstrecke 25 ausgestattet, die beide Schenkel 20 umschließt. Entgegen der in Fig. 1 dargestellten Variante schließen die Enden der Kernschenkel 20 auch nicht direkt mit der Oberfläche der Funkenstrecken ab, sondern die Kernschenkel 20 enden kurz unter der Oberfläche der Funkenstrecke 25. Auf diese Weise kann eine einfachere Montage von Kern 21 und Funkenstrecke 25 erzielt werden, z.B. durch Einkleben des Kernes mittels Silikon oder Silikon-

Gel. Eine Beschichtung der Kugelfunkenstrecke mit halbleitendem Material kann ohne Probleme vor dem Zusammenbau erfolgen. Diese Art der Verbindung von Kern und Funkenstrecke ist natürlich auch bei der in Fig. 1 dargestellten Variante möglich. Die Wicklungen 22 des Transformators sind wiederum auf Wickelkörpern 28 aufgebracht und weisen Anschlüsse 29 auf.

[0014] Fig. 3 zeigt eine dritte Variante des Transformators auf Basis von zwei E-Kernhälften 31. Die Wicklungen 32 sind auf den Mittelschenkeln 30 der jeweiligen Kernhälften 31 aufgebracht. Zur Steuerung des elektrischen Feldes dienen Kugelfunkenstrecken 35, die den in Fig. 1 gezeigten Isolierkörpern 15 gleichen. Alternativ können aber auch die in Fig. 2 dargestellten einstückigen Funkenstrecken mit drei Einfassungen für die Kernschenkel 30, 33 verwendet werden.

[0015] In Fig. 4 ist eine vierte Variante des Transformators dargestellt. Zur Feldsteuerung dienen in diesem Fall keine Funkenstrecken sondern die Wicklungen selbst, die als sogenannte Platinenwicklung 42 mit geringer Leiterhöhe ausgeführt sind. Durch die flächenhafte Anordnung der Wicklungen 42 wirken diese quasi wie eine Äquipotentialfläche auf die gegenüberliegende Wicklung, so daß auch bei dieser Wicklungsanordnung keine Bereiche mit örtlich hohen elektrischen Feldstärken (Spitze-Platte Anordnung) zu erwarten sind. Die Ränder der Platinenwicklungen 42 können zur verbesserten Feldsteuerung wie bei den in den Fig. 1 bis 3 dargestellten Funkenstrecken abgerundet werden. Die Platinenwicklungen 42 sind als z.B. keramische Isolierplatte 47 mit darauf z.B. mittels eines Direktverbindungsverfahrens aufgebracht, zu Leiterbahnen 45 und Flachwicklungen 50 strukturierten Metallschichten oder Metallfolien 48, z.B. Kupferfolien, ausgeführt. Eine Kontaktierung der Wicklungen kann - um gefährliche Spitzen durch Lot zu vermeiden - in einfacher Weise von der Rückseite der Platinenwicklung 42 erfolgen. Zu diesem Zweck weisen die Wicklungen Durchkontaktierungen 44 auf. Eine Verbindung von Zuleitung 49 und Leiterbahn 48 kann auf der Rückseite der Platinenwicklung 42 erfolgen. Die Kernhälften des Transformators sind mit 41, deren Schenkel mit 40 und die Stirnflächen mit 46 bezeichnet.

[0016] Fig. 5 zeigt eine mögliche einfache Schaltung, mit der ein Schaltnetzteil unter Einsatz eines der in den Figuren 1 bis 4 gezeigten Transformatoren T kostengünstig realisiert werden kann. Primärseitig handelt es sich dabei um einen nullspannungsgeschalteten Klasse-E Konverter (wie z.B. bekannt aus N. Mohan, T. Undeland, W. Robbins; Power Electronics, Converters, Applications and Design, John Wiley & Sons, Inc., Second Edition 1995, Seite 271), der nahe der Resonanz des Filternetzwerkes, bestehend aus Kondensator C1 und der primärseitigen Streuinduktivität des Transformators T betrieben wird. Die Schaltung erzwingt eine hochfrequente sinusförmige Spannung $u_p(t)$ mit durch den Resonanzkreis und die Schaltfrequenz einstellbaren Amplitude an der Primärseite des Transformators.

Sekundärseitig wird die sinusförmige Spannung $u_s(t)$ mittels eines einfachen Brückengleichrichters G gleichgerichtet und durch einen Kondensator C_a geglättet. Die Induktivität L_1 und der Kondensator C_2 sind Resonanzelemente und stellen das Nullspannungsschalten sicher. Vorteilhaft, da sehr kleinvolumig, kann eine solche Schaltung bei sehr hohen Schaltfrequenzen von z.B. 500 kHz betrieben werden. Mit T1 ist der Schalter des Konverters bezeichnet, mit $u_i(t)$ die Eingangsspannung, mit $u_a(t)$ die Ausgangsspannung des Schaltnetz-

Patentansprüche

1. Transformator mit:

- a) zwei U-förmigen Eisenkern-Hälften (11)
- b) je einer Wicklung (12) auf jeder Eisenkern-Hälfte (11),
- c) jeden Schenkel (10) der Eisenkern-Hälften (11) im Bereich seiner Stirnflächen (16) etwa ring- oder halbkugelförmig umgebenden, aus elektrisch isolierendem Material bestehenden Isolierkörpern (15), die als Kugelfunkenstrecken wirken, wobei die Isolierkörper (15) zur Steuerung des elektrischen Feldes ein halbleitendes Material enthalten oder damit beschichtet sind, und wobei
- d) die Eisenkern-Hälften (11) so angeordnet sind, daß ihre mit Isolierkörpern (15) versehenen Stirnflächen (16) zueinander weisen, und daß ein Abstand (a) zwischen sich gegenüberliegenden Isolierkörpern (15) besteht, wobei die Isolierkörper (15) entweder die Stirnflächen (16) überdecken oder bündig mit diesen abschließen. (Fig. 1)

2. Transformator mit

- a) zwei U-förmigen Eisenkern-Hälften (21),
- b) je einer Wicklung (22) auf jeder Eisenkern-Hälfte (21),
- c) zwei stabförmigen, aus elektrisch isolierendem Material bestehenden und als Kugelfunkenstrecken wirkenden Isolierkörpern (25), die jeweils einstückig über beide Stirnflächen (26) einer der Eisenkern-Hälften (21) reichen und die an ihren Enden (23) abgerundet sind, wobei die Isolierkörper (25) zur Steuerung des elektrischen Feldes ein halbleitendes Material enthalten oder damit beschichtet sind, und wobei

d) die Eisenkern-Hälften (21) so angeordnet sind, daß ihre mit Isolierkörpern (25) versehenen Stirnflächen (26) zueinander weisen, und daß ein Abstand (a) zwischen sich gegenüberliegenden Isolierkörpern (25) besteht, wobei die Isolierkörper (25) entweder die Stirnflächen (26) überdecken oder bündig mit diesen abschließen. (Fig. 2)

3. Transformator mit

- a) zwei E-förmigen Eisenkern-Hälften (31),
- b) jeweils einer Wicklung (32) auf dem Mittelschenkel (30) der Eisenkern-Hälften (31),
- c) auf jeder der drei Stirnflächen (36) der Eisenkern-Hälften (31) angeordneten, etwa halbkugelförmigen, aus elektrisch isolierendem Material bestehenden Isolierkörpern (35), die als Kugelfunkenstrecken wirken, wobei die Isolierkörper (35) zur Steuerung des elektrischen Feldes ein halbleitendes Material enthalten oder damit beschichtet sind, und wobei
- d) die Eisenkern-Hälften (31) so angeordnet sind, daß ihre mit Isolierkörpern (35) versehenen Stirnflächen (36) zueinander weisen, und daß ein Abstand (a) zwischen sich gegenüberliegenden Isolierkörpern (35) besteht, wobei die Isolierkörper (35) entweder die Stirnflächen (36) überdecken oder bündig mit diesen abschließen. (Fig. 3)

4. Transformator mit

- a) zwei U-förmigen oder E-förmigen Eisenkern-Hälften (41), die so angeordnet sind, daß ihre Stirnflächen (46) zueinander weisen,
- b) zwei Platinenwicklungen (42), von denen je eine einer der Eisenkern-Hälften (41) zugeordnet ist, und wobei die Platinenwicklungen (42) jeweils eine Isolierplatte (47) mit darauf angeordneter flacher Wicklung (50) aufweisen,
- c) die Platinenwicklungen (42) jeweils mit ihrer elektrisch isolierenden Isolierplatte (47) die Stirnflächen (46) einer der Eisenkern-Hälften (41) abdecken, so daß sich die Wicklung (50) jeweils auf der den Stirnflächen (46) abgewandten Seite befindet, und wobei ein Abstand (a) zwischen den Platinenwicklungen (42) besteht.

5. Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Isolierkörper (15,25,35) an den sich in einem Abstand (a) gegen-

überliegenden Stellen Abflachungen (100,200,300) aufweisen.

6. Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Schenkel (10,20,30) der Eisenkern-Hälften (11,21,31) einen im Vergleich zum Abstand (a) der Isolierkörper (15,25,35) oder dem Abstand (a) der Platinenwicklungen (42) großen Abstand (b) voneinander haben. 5 10
7. Transformator nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand (a) zwischen den Isolierkörpern (15,25,35), bzw. den Platinenwicklungen (42) mehrere Millimeter, bei einer Spannung von 20 kV etwa 6 bis 7 mm, beträgt. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

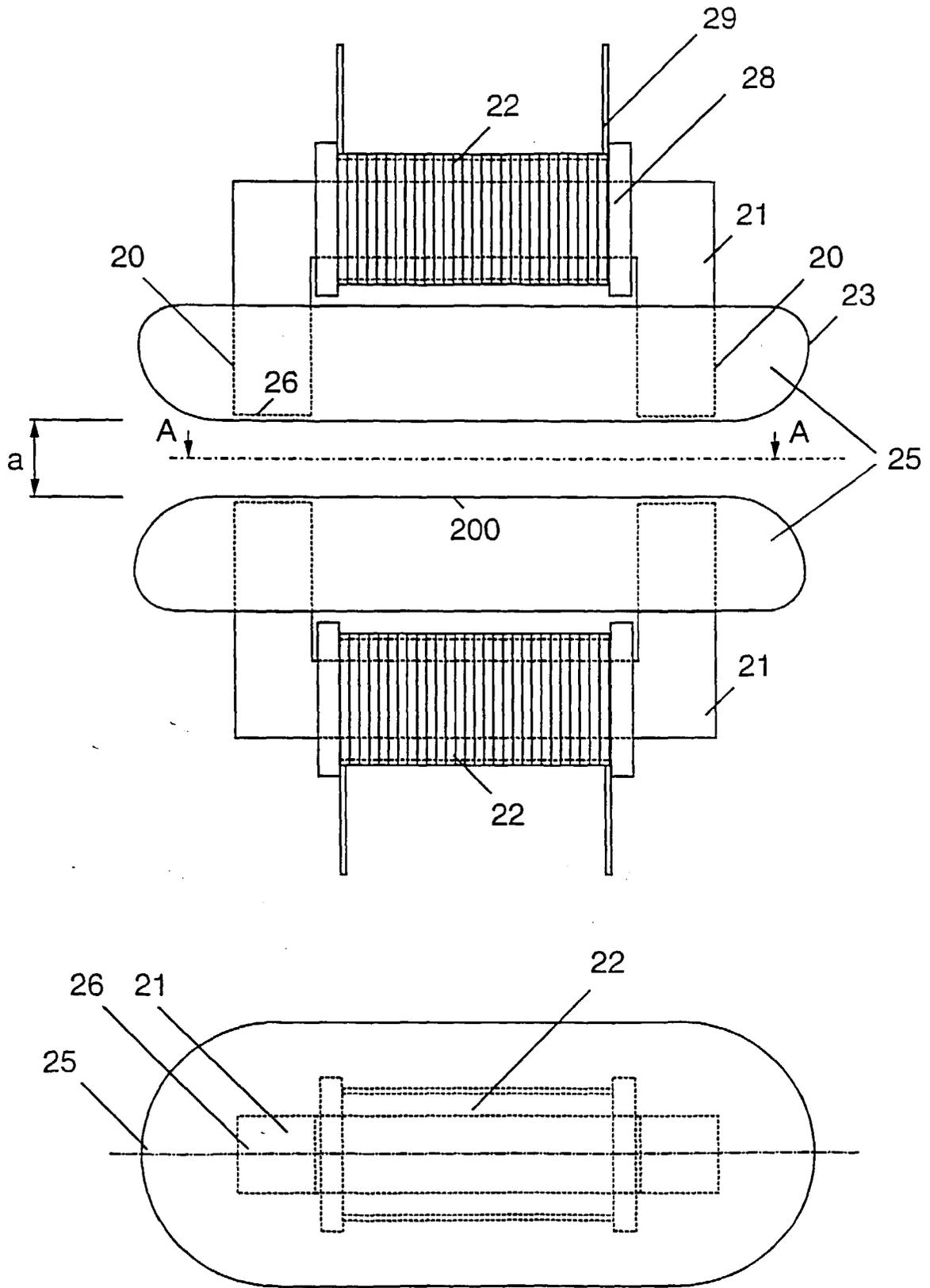


Fig. 2

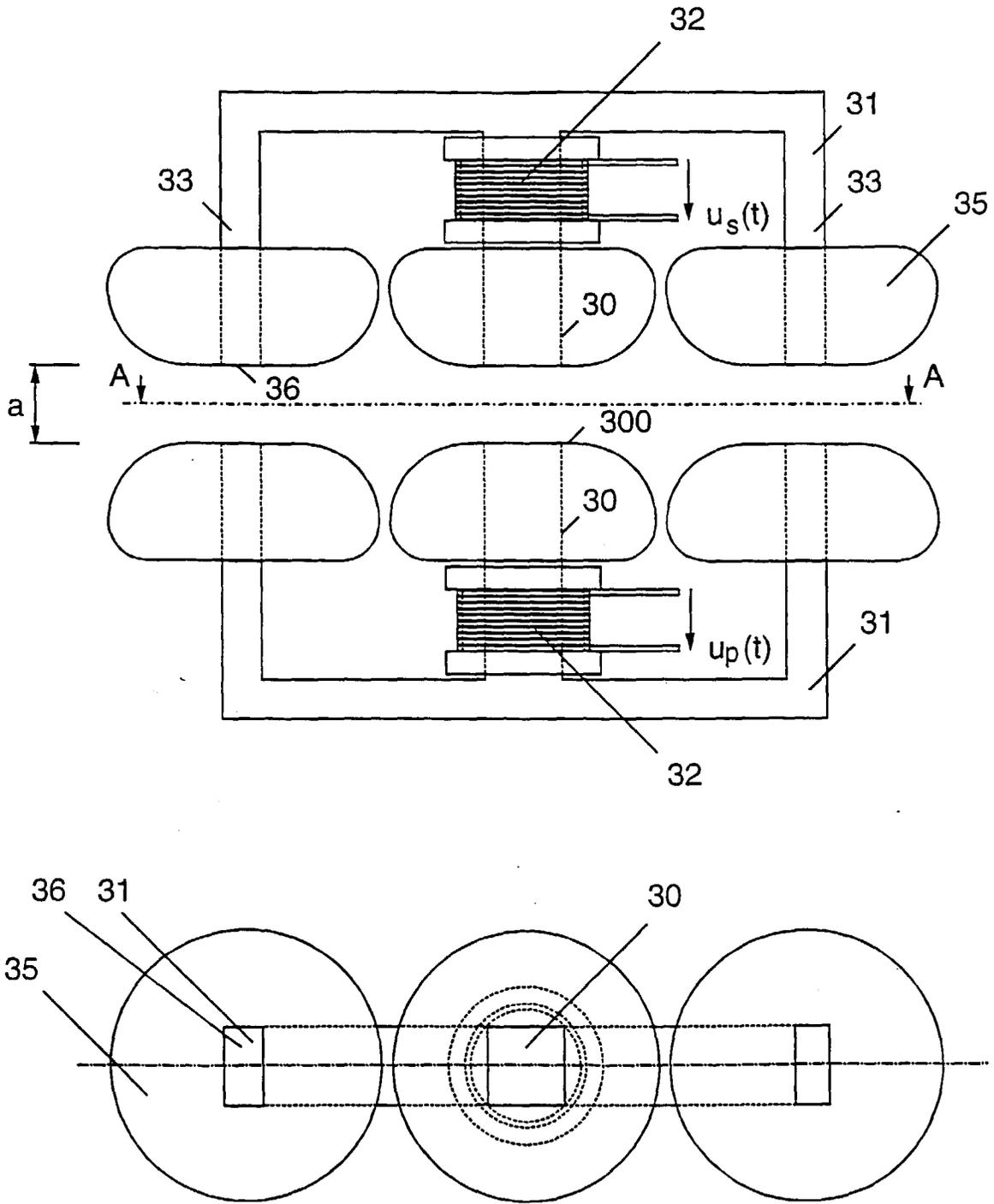


Fig. 3

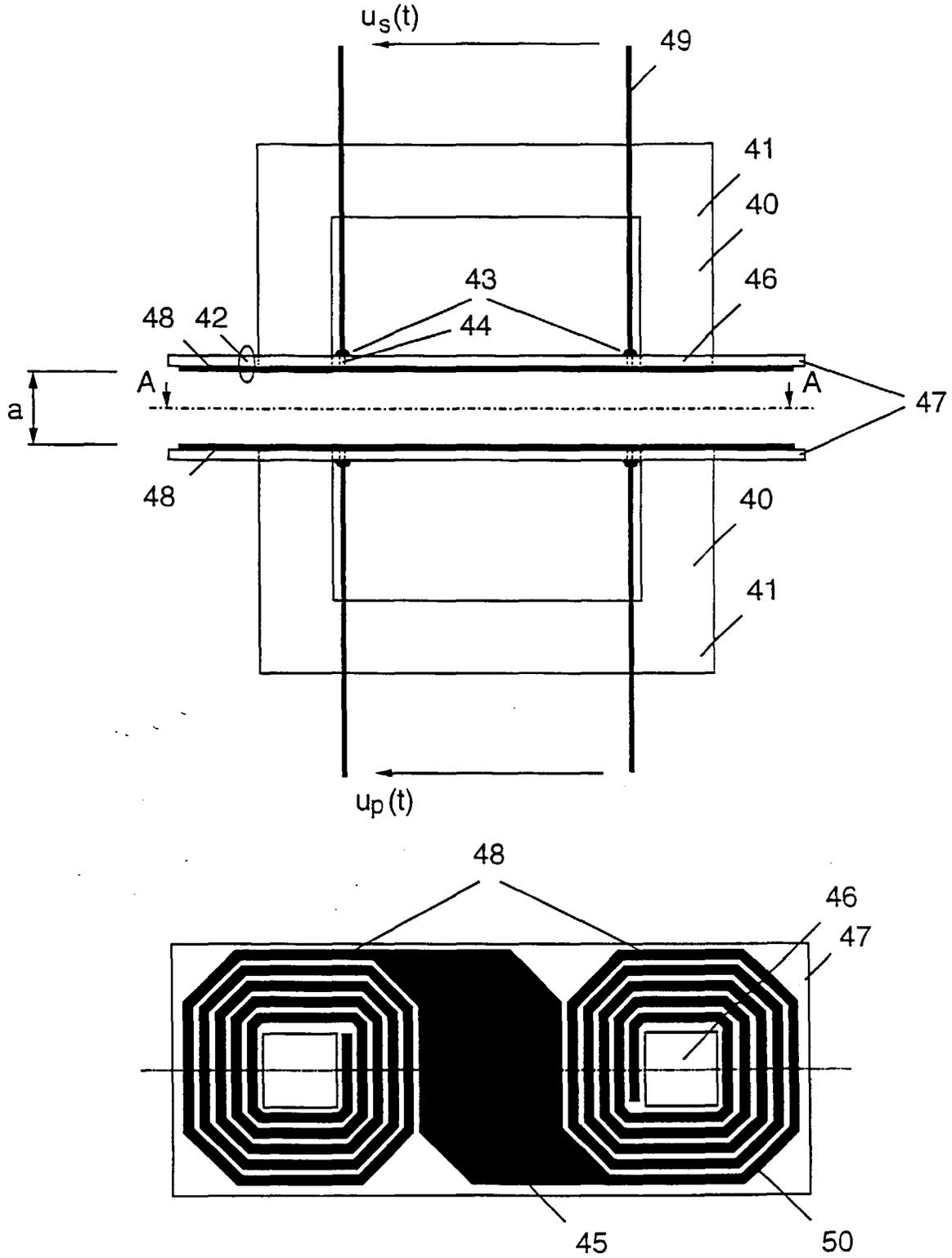


Fig. 4

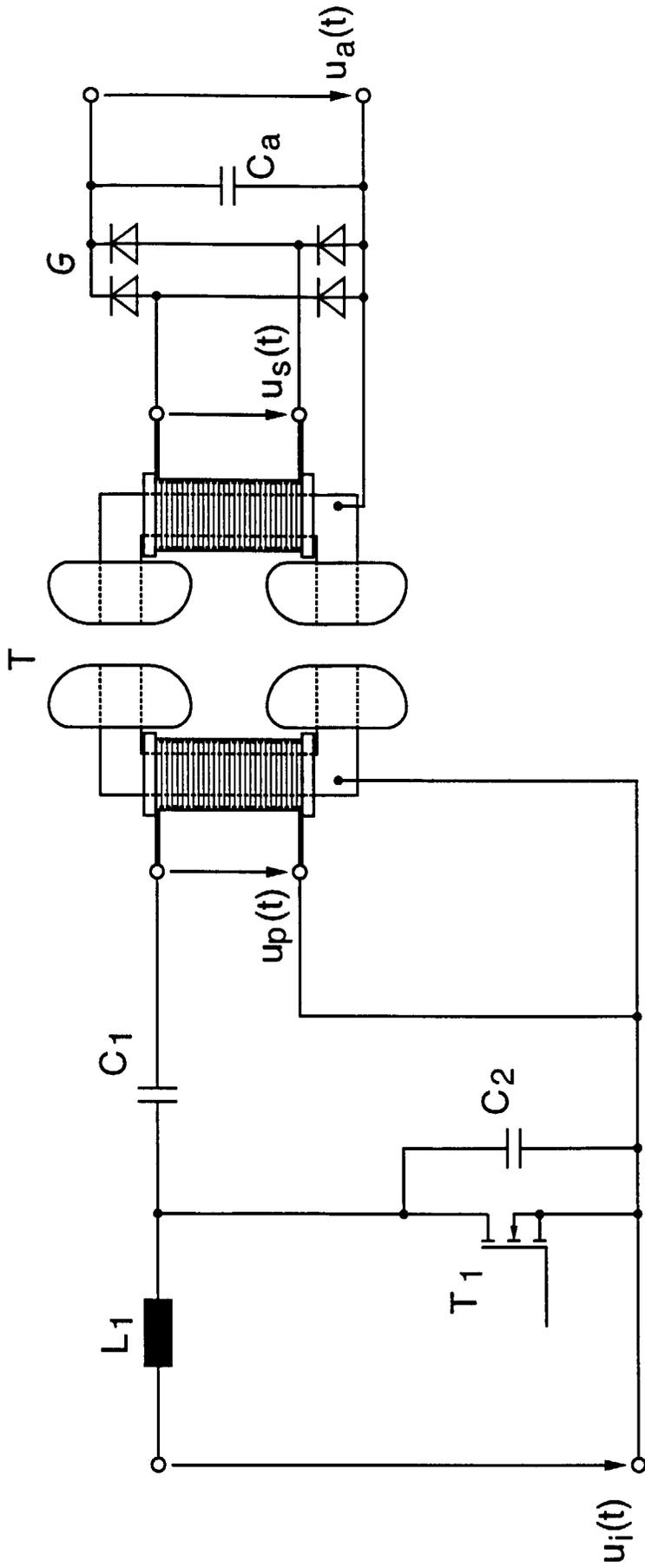


Fig. 5



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 99 10 6743

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	DE 280 418 C (RICCARDO ARNO) * Abbildungen 1-10 * ----	1	H01F30/10
A	FR 321 042 A (ROPIQUET) ----		
A	EP 0 154 052 A (NEDAP NV) 11. September 1985 (1985-09-11) -----		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			H01F
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	21. Juli 1999	Vanhulle, R	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03/82 (P04/C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 99 10 6743

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

21-07-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 280418	C	KEINE	
FR 321042	A	KEINE	
EP 0154052	A	11-09-1985	
		NL 8304414 A	16-07-1985
		AT 35193 T	15-07-1988
		CA 1222294 A	26-05-1987
		DE 3472181 A	21-07-1988
		JP 60154604 A	14-08-1985
		US 4587506 A	06-05-1986

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82