

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift :
02.05.84

(51) Int. Cl.³ : **H 01 F 27/28**

(21) Anmeldenummer : **81107243.8**

(22) Anmeldetag : **14.09.81**

(54) Wicklungsanordnung für Transformatoren mit quadratischem Kernquerschnitt.

(30) Priorität : **25.09.80 DE 3036230**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung :
14.04.82 Patentblatt 82/15

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung : **02.05.84 Patentblatt 84/18**

(84) Benannte Vertragsstaaten :
AT BE CH DE FR GB IT LI NL SE

(56) Entgegenhaltungen :
CH-A- 258 419
CH-A- 422 145
DD-A- 139 196
DE-A- 2 425 899
US-A- 3 386 058
US-A- 3 431 524
US-A- 3 447 112
US-A- 3 748 616

(73) Patentinhaber : **TRANSFORMATOREN UNION**
AKTIENGESELLSCHAFT
Deckerstrasse 1
D-7000 Stuttgart 50 (DE)

(72) Erfinder : **Dolezal, Peter**
Wellerweg 6
D-7315 Weißenhaim (DE)
Erfinder : **Ludwig, Bernhard**
Eichendorfsstrasse 36/2
D-7312 Kirchheim (DE)
Erfinder : **Pfeiffer, Richard, Dr.**
Jagdweg 43b
D-8504 Stein (DE)
Erfinder : **Seeliger, Klaus-Peter**
Bürleweg 5
D-7315 Weißenhaim (DE)
Erfinder : **Weber, Walter**
Ginsterweg 47
D-7312 Kirchheim (DE)

(74) Vertreter : **Mehl, Ernst, Dipl.-Ing. et al**
Postfach 22 01 76
D-8000 München 22 (DE)

EP 0 049 382 B1

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

Wicklungsanordnung für Transformatoren mit quadratischem Kernquerschnitt

Die Erfindung betrifft eine Wicklungsanordnung für Transformatoren mit quadratischem Kernquerschnitt mit einer den Kern unter Bildung von Kühlkanälen umfassenden an den Kernquerschnittsecken eng anliegenden im Querschnitt ungerunden inneren Wicklung und mit im Querschnitt kreisrunden äußeren Wicklung.

Bei der Fertigung, insbesondere der Serienfertigung, von Transformatoren ist man bestrebt durch die Gestaltung des Eisenkerns und der diesen umgebenden Wicklungen gleichzeitig eine gute Kurzschlußfestigkeit und ein sehr hohes Maß an Wirtschaftlichkeit zu erzielen.

Bei dem üblichen Aufbau von Transformatoren mit im Querschnitt kreisrunden Eisenkernen und Wicklungen wird eine sehr gute Kurzschlußfestigkeit erreicht. Hierbei ist jedoch ein erheblicher Aufwand für den aus Blechlammellen geschichteten Eisenkern erforderlich, weil Lammellen der verschiedensten Breite in unterschiedlichen Stückzahlen zusammengesetzt werden müssen. Bei Anordnungen mit innen liegender Bandwicklung ergibt sich ein darüber hinausgehender Mehraufwand für die Wicklungsausleitungen, da in diesen Fällen wegen der radialen Kurzschlußkräfte ein Tragzylinder erforderlich ist.

Durch die DE-A-24 25 899 ist auch schon eine Wicklungsanordnung mit annähernd rechteckigem Kern- und Wicklungsquerschnitt bekannt. Zur Aufnahme der radialen Kurzschlußkräfte ist bei dieser Anordnung eine verhältnismäßig kostenaufwendige radiale Wicklungseinspannung erforderlich. Trotzdem ist bei dieser Anordnung ein Rest von Kurzschlußspannungsänderung im Kurzschlußfall nicht ganz ausgeschlossen.

Die US-A-3 447 112 zeigt für Transformatoren eine Wicklungsanordnung mit rein quadratischem Kernquerschnitt und mit im Querschnitt kreisrunder äußerer Wicklung. Eine innere Wicklung stützt sich unmittelbar auf den Ecken des Kernschenkels ab und ist zwischen diesen Ecken durch Stützleisten ausgestellt, so daß sie im Querschnitt ein der Kreisform recht nahekommendes Vieleck darstellt. Ein zwischen der inneren und der äußeren Wicklung vorgesehener sogenannter Hauptstreukanal ist bei dieser bekannten Anordnung über den gesamten Umfang infolge seiner verhältnismäßig großen radialen Ausdehnung gleichzeitig auch Kühlkanal. Hierdurch und durch die annähernd kreisrunde Querschnittsform der inneren Wicklung ist die mittlere Wicklungslänge bei dieser bekannten Anordnung unwirtschaftlich groß. Die Funktionstüchtigkeit dieser Anordnung ist demzufolge durch den Einsatz einer unverhältnismäßig großen Werkstoffmenge erkauft.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, für Transformatoren eine Form für den Kern und die Wicklungen zu finden, bei der ein Optimum an Kurzschlußfestigkeit erreicht und gleichzeitig ein hohes Maß an Wirtschaftlichkeit

gegeben ist.

Erfindungsgemäß wird dies durch eine Wicklungsanordnung erreicht, die dadurch gekennzeichnet ist, daß die im Querschnitt ungerunde innere Wicklung nach außen hin im Querschnitt ein Quadrat mit verhältnismäßig stark abgerundeten Ecken bildet und daß der die Stärke eines Hauptstreukanals darstellende Abstand der äußeren Wicklung von der inneren Wicklung im Bereich radial über den Kernquerschnittsecken wesentlich kleiner ist als im übrigen Umfangsbereich, daß im Hauptstreukanal im Bereich radial über den Kernquerschnittsecken die festen Isoliermittel allein zur elektrischen Isolation der Wicklungen voneinander ausgelegt sind, daß der im übrigen Umfangsbereich gleichzeitig als Kühlkanal dienende Hauptstreukanal im Bereich radial über den Kernquerschnittsecken als Kühlkanal wirkungslos ist und daß Preßklötze zur Einleitung der Einspannkräfte zur axialen Fixierung der Wicklungen in dem Bereich radial über den Kernquerschnittsecken auf den Stirnseiten der Wicklungen liegen.

Nach vorteilhaften Weiterbildungen der Erfindung ist die innere Wicklung von axialen Kühlkanälen durchsetzt, die in Richtung auf den Bereich radial über den Kernquerschnittsecken verjüngt und unmittelbar in diesem Bereich vollständig geschlossen sind und wobei die innere Wicklung aus Band gewickelt ist, dessen Breite gleich der Wicklungslänge ist.

Nach zweckmäßigen Ausgestaltungen der Erfindung ist vorgesehen, daß die Ausleitungen der inneren Wicklung in Kühlkanälen in der Mitte zwischen zwei Eckbereichen auf derselben Seite des Kernquerschnitts liegen und daß die innere Wicklung auf der ihren Ausleitungen gegenüberliegenden Seite gegen den Eisenkern verkeilt ist. Dabei trägt die innere Wicklung zwischen den Eckbereichen achsparallel den Hauptstreukanal offenhaltende Leisten, die durch eine Bandage aus einer Verlängerung eines als Windungsisolierung dienenden Streifens aus Isolierwerkstoff in ihrer Einbaulage gehalten sind.

Nach einer anderen Ausgestaltung sind zur Erleichterung der Wärmeabfuhr aus dem Hauptstreukanal die dort angeordneten Leisten mindestens teilweise aus achsparallel gewellten metallischen Streifen.

Die erfindungsgemäße Wicklungsanordnung ist sehr vorteilhaft, denn sie ermöglicht eine sehr gute Raumausnutzung und eine damit verbundene sehr gute Auslastung des eingesetzten Werkstoffes bei gleichzeitig sehr guter Kurzschlußfestigkeit.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert.

Die Zeichnung stellt die Draufsicht auf einen Eisenkernschenkel 1 mit darum angeordneter innerer Wicklung 2 und äußerer Wicklung 3 bei noch nicht eingeschachteltem oberem Eisenjoch dar. Der Eisenkernschenkel 1 ist aus Blechla-

mellen geschichtet und hat einen quadratischen Querschnitt mit lediglich leicht abgesetzten Ecken.

Die innere Wicklung 2 ist in zwei etwa gleich große Abschnitte aufgeteilt, zwischen denen über den Seitenflächen des Eisenkernschenkels 1 Kühlkanäle 4 vorgesehen sind, die im Bereich über den Kernquerschnittsecken auslaufen. Dadurch liegen in diesem Bereich die beiden Abschnitte der inneren Wicklung 2 unmittelbar aufeinander und die innere Wicklung 2 bildet nach außen hin im Querschnitt ein Quadrat mit verhältnismäßig stark abgerundeten Ecken.

Die äußere Wicklung 3 ist im Querschnitt kreisrund und liegt mit ihrem Innenmantel unmittelbar über den abgerundeten Querschnittsecken der inneren Wicklung 2. Auf diese Weise ist der Hauptstreukanal zwischen der inneren Wicklung 2 und der äußeren Wicklung 3 im Bereich über den Kernquerschnittsecken praktisch vollständig entfallen. Durch den geringen radialen Abstand zwischen den beiden Wicklungen 2 und 3 ist in diesem Bereich der Hauptstreukanal 5 nicht gleichzeitig als Kühlkanal wirksam. Infolge der guten Wärmeleiteigenschaften des Wicklungswerkstoffes treten jedoch trotzdem über den Umfang gemessen keine wesentlichen Temperaturdifferenzen auf. Dagegen ist durch diese Anordnung der mittlere Windungsdurchmesser wirksam verkleinert.

Zur Verbesserung der Wärmeabfuhr aus der Wicklungsanordnung sind in besonderen Fällen anstelle von üblichen nicht dargestellten Abstandsleisten achsparallel gewellte Wärmeleitbleche 6 in den Kühlkanälen 4 und in dem Hauptstreukanal 5 vorgesehen.

Die insbesondere bei Hochstromwicklungen häufig problematische Unterbringung von Ausleitungen ist beim dargestellten Ausführungsbeispiel auf einfache Art dadurch gelöst, daß auf derselben Seite des Eisenkernschenkels 1 an der inneren Wicklung 2 entlang deren Innenmantel und Außenmantel je eine Ausleitung 7 angeordnet ist.

Die innere Wicklung 2 ist über ihre innen liegende Ausleitung 7 sowie zusätzliche Stützleisten 8 gegen den Eisenkernschenkel 1 verkeilt. Zur Beherrschung auch außergewöhnlicher Belastungen sind nicht dargestellte weitere Stützleisten an der dritten und vierten Seite des Eisenkernschenkels 1 einsetzbar.

Ansprüche

1. Wicklungsanordnung für Transformatoren mit quadratischem Kernquerschnitt mit einer den Kern (1) unter Bildung von Kühlkanälen (4) umfassenden, an den Kernquerschnittsecken eng anliegenden, im Querschnitt unrunder inneren Wicklung (2) und mit einer im Querschnitt kreisrunden äußeren Wicklung (3), dadurch gekennzeichnet,

— daß die im Querschnitt unrunde innere Wicklung (2) nach außen hin im Querschnitt ein

Quadrat mit verhältnismäßig stark abgerundeten Ecken bildet,

— daß der die Stärke eines Hauptstreukanals (5) darstellende Abstand der äußeren Wicklung (3) von der inneren Wicklung (2) im Bereich radial über den Kernquerschnittsecken wesentlich kleiner ist als im übrigen Umfangsbereich,

— daß im Hauptstreukanal (5) im Bereich radial über den Kernquerschnittsecken die festen Isoliermittel allein zur elektrischen Isolation der Wicklungen (2, 3) voneinander ausgelegt sind,

— daß der im übrigen Umfangsbereich gleichzeitig als Kühlkanal dienende Hauptstreukanal (5) im Bereich radial über den Kernquerschnittsecken als Kühlkanal wirkungslos ist und

— daß Preßklötze zur Einleitung der Einspannkraft zur axialen Fixierung der Wicklungen (2, 3) in dem Bereich radial über den Kernquerschnittsecken auf den Stirnseiten der Wicklungen (2, 3) liegen.

2. Wicklungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die innere Wicklung (2) von axialen Kühlkanälen (4) durchsetzt ist, die in Richtung auf den Bereich radial über den Kernquerschnittsecken verjüngt und in diesem Bereich vollständig geschlossen sind.

3. Wicklungsanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die innere Wicklung (2) aus Band gewickelt ist, dessen Breite gleich der Wicklungslänge ist.

4. Wicklungsanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß Ausleitungen (7) der inneren Wicklung (2) in Kühlkanälen in der Mitte zwischen zwei Eckbereichen auf derselben Seite des Kernquerschnitts liegen und daß die innere Wicklung (2) auf der ihren Ausleitungen (7) gegenüberliegenden Seite gegen den Eisenkern verkeilt (8) ist.

5. Wicklungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die innere Wicklung (2) zwischen den Eckbereichen achsparallele den Hauptstreukanal (5) offenhaltende Leisten trägt, die durch eine Bandage aus einer Verlängerung eines als Windungsisolierung dienenden Streifens aus Isolierwerkstoff in ihrer Einbaulage gehalten sind.

6. Wicklungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Leisten im Hauptstreukanal (5) mindestens teilweise von achsparallel gewellten metallischen Streifen als Wärmeleitbleche (6) dargestellt sind.

7. Wicklungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Hauptstreukanal (5) im Bereich über den Kernquerschnittsecken vollständig durch festen Isolierwerkstoff ausgefüllt ist.

Claims

1. Winding arrangement for transformers with a square core cross-section, having an inner winding (2) which encircles the core (1) while forming cooling channels (4) and which fits closely against the core cross-section corners and is

non-circular in cross-section, and having an outer winding (3) which is circular in cross-section, characterised in

— that the inner winding (2), which is non-circular in cross-section, forms a square in cross-section having relatively strongly rounded corners towards the outside,

— that the spacing of the outer winding (3), which constitutes the thickness of the main leakage channel, from the inner winding (2) is substantially smaller in the region radially across the core cross-section corners than in the remaining peripheral region,

— that in the main leakage channel (5) in the region radially across the core cross-section corners, the solid insulating means are spread out only for the electrical insulation of the windings (2, 3) from one another,

— that the main leakage channel (5), which simultaneously serves as a cooling channel in the remaining peripheral region, is ineffective as a cooling channel in the region radially across the core cross-section corners and

— that pressing blocks, which serve to introduce the clamping forces in order to axially fix the windings (2, 3) in the region radially across the core cross-section corners, are arranged at the front ends of the windings (2, 3).

2. Winding arrangement as claimed in claim 1, characterised in that the inner winding (2) is penetrated by axial cooling channels (4) which taper in the direction towards the region axially across the core cross-section corners and are completely closed in this region.

3. Winding arrangement as claimed in claim 2, characterised in that the inner winding (2) is wound from tape whose width equals the winding length.

4. Winding arrangement as claimed in claim 3, characterised in that output lines (7) of the inner winding (2) are arranged in cooling channels in the centre between two corner regions on the same side of the core cross-section, and that the inner winding (2) is wedged against the iron core (8) on the side opposite its output lines (7).

5. Winding arrangement as claimed in one of claims 1 to 4, characterised in that between the corner regions, the inner winding (2) carries axially parallel strips which keep the main leakage channel (5) open and which are held in their installation position by a bandage made of an extension of a strip which serves as a winding insulation and which consists of an insulating material.

6. Winding arrangement as claimed in one of claims 1 to 5, characterised in that in the main leakage channel (5) the strips are at least partially constituted by metallic strips, which are corrugated in an axially parallel fashion, as heat conducting foils (6).

7. Winding arrangement as claimed in one of claims 1 to 6, characterised in that the main leakage channel (5) is completely filled with solid insulating material in the region across the core cross-section corners.

Revendications

1. Agencement d'enroulement pour des transformateurs à section transversale carrée du noyau, comprenant un enroulement intérieur (2) de section transversale qui n'est pas ronde, appliqué étroitement sur les sommets de la section transversale du noyau et entourant le noyau (1) en formant des canaux de refroidissement (4), et un enroulement extérieur (3) de section droite circulaire, caractérisé par le fait :

— que l'enroulement intérieur (2), dont la section transversale n'est pas ronde, forme avec l'extérieur, en section transversale, un carré à sommets relativement très arrondis,

— que la distance entre l'enroulement extérieur (3) et l'enroulement intérieur (2) et qui représente l'épaisseur d'un canal principal de fuite (5), est nettement plus petite dans la région située radialement au-dessus des sommets de la section transversale du noyau que dans la région de pourtour restante,

— que dans le canal principal de fuite (5) dans la région située radialement au-dessus des sommets de la section transversale du noyau, les moyens d'isolation solides sont prévus seulement pour l'isolation électrique des enroulements (2, 3) entre eux,

— que le canal principal de fuite (5), qui sert dans la région restante de pourtour en même temps de canal de refroidissement, est sans effet en tant que canal de refroidissement dans la région située radialement au-dessus des sommets de la section transversale du noyau,

— et que des cales de pression destinées à induire des forces de blocage pour la fixation axiale des enroulements (2, 3) portent contre les parties frontales des enroulements (2, 3) dans la région située radialement au-dessus des sommets de la section transversale du noyau.

2. Agencement d'enroulement suivant la revendication 1, caractérisé en ce que l'enroulement intérieur (2) est traversé par des canaux de refroidissement (4) axiaux qui sont rétrécis dans la direction de la région située radialement au-dessus des sommets de la section transversale du noyau, et qui sont entièrement fermés dans cette région.

3. Agencement d'enroulement suivant la revendication 2, caractérisé en ce que l'enroulement intérieur (2) est réalisé à partir d'un ruban dont la largeur est égale à la longueur de l'enroulement.

4. Agencement d'enroulement suivant la revendication 3, caractérisé en ce que des conducteurs de sortie (7) de l'enroulement intérieur (2) se trouvent dans des canaux de refroidissement, au milieu entre deux régions sommitales du même côté de la section transversale du noyau, et en ce que l'enroulement intérieur (2) est calé contre le noyau de fer, du côté opposé à ses conducteurs de sortie (7).

5. Agencement d'enroulement suivant l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'enroulement intérieur (2) porte, entre les régions

sommitales, des baguettes parallèles à l'axe, qui maintiennent ouvert le canal principal de fuite (5) et qui sont maintenues en leur position de montage par un bandage constitué d'un prolongement d'une bande en matériau isolant, servant d'isolation en spires.

6. Agencement d'enroulement suivant l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les baguettes, dans le canal principal de fuite (5),

sont constituées au moins en partie de bandes métalliques ondulées parallèlement à l'axe, servant de tôles conductrices de la chaleur (6).

7. Agencement d'enroulement suivant l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le canal principal de fuite (5) est rempli entièrement de matériau isolant solide dans la région située au-dessus des sommets de la section transversale du noyau.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

5

