(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 410 450 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
05.12.2018 Patentblatt 2018/49

(51) Int Cl.:
H01F 27/28 *(2006.01)* ***H01F 27/36*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **18161356.3**

(22) Anmeldetag: **13.03.2018**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(30) Priorität: **29.05.2017 DE 102017208950**

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder:
- **Breitfelder, Dieter**
  90455 Nürnberg (DE)
- **Lang, Steffen**
  91352 Hallerndorf (DE)
- **Möhl, Andreas**
  90478 Nürnberg (DE)
- **Ritberg, Igor**
  90762 Fürth (DE)

(54) **SCHIRMRING UND/ODER STEIGUNGSAUSGLEICH FÜR EINE TRANSFORMATORSPULE**

(57) Die Erfindung betrifft einen Schirmring und/oder einen Steigungsausgleich, wie sie für Wicklungen von Transformatoren diverser Spannungen und verschiedener Leistung eingesetzt werden, beispielsweise für HGÜ-Transformatorspulen oder HGÜ-Drosselspulen zur Reduzierung der elektrischen Belastung an den Kanten der Leiter. Durch die vorliegende Erfindung werden erstmals ein Schirmring und/oder ein Steigungsausgleich für einen Transformator offenbart, die neben einer elektrisch leitfähigen ersten Schicht eine zweite isolierende Schicht zur Feldhomogenisierung umfassen.

EP 3 410 450 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Schirmring und/oder einen Steigungsausgleich, wie sie für Wicklungen von Transformatoren diverser Spannungen und verschiedener Leistung eingesetzt werden, beispielsweise für HGÜ-Transformatorspulen oder HGÜ-Drosselspulen zur Reduzierung der elektrischen Belastung an den Kanten der Leiter.

[0002] Wicklungen für Transformatoren sowohl höherer Spannung und Leistung als auch normaler oder niedriger Spannung und/oder Leistung werden in der Regel aus Runddraht, Flachdraht und/oder Drilleiter hergestellt. Bedingt durch die kleinen Rundungsradien der Drähte ist die Inhomogenität des elektrischen Feldes am Wicklungsanfang, Wicklungsende und bei größeren Abständen zwischen 2 Windungen - auch einfach "Löcher genannt - sehr hoch. Um die Kühlung der Wicklungen sicherzustellen, kann die Isolation an diesen Stellen nicht beliebig gestaltet werden; eine Vergrößerung der Abstände kommt aus wirtschaftlichen Gründen nicht in Frage.

[0003] Ein üblicher Lösungsansatz ist es, die Inhomogenität des elektrischen Feldes zu reduzieren. Dies geschieht in der Regel durch eine Vergrößerung des Rundungsradius. Dort wo sich Rundungsradien nicht oder nur schwer verändern lassen, kann die gleiche Wirkung durch den Einbau eines oder mehrerer Schirmringe zur Steuerung des elektrischen Feldes erreicht werden.

[0004] Ein derartiger Schirmring ist beispielsweise aus der DE 10 2011 008 462.2 und der DE 10 2016 205 195.4 bekannt. Die Technik zur Herstellung der Schirmringe ist selbstverständlich auch auf sonstige Teile, wie Steigungsausgleichselemente im Hochspannungstransformator anwendbar.

[0005] So weist ein Schirmring einen ringförmigen, elektrisch und magnetisch nicht leitfähigen Kern aus beispielsweise Blockspan, KP-Holz und/oder Kunststoff auf, der nach der DE 10 2016 205 195 mit einer elektrisch leitfähigen Schicht bedeckt ist und bis jetzt in der Praxis mit einem metallischen Lahnband umwickelt ist, das zur Steuerung des elektrischen Feldes dient. Diese elektrisch leitfähige Schicht wird elektrisch mit der zugehörigen Wicklung verbunden, damit beide das gleiche oder ein ähnliches Potential haben, und wird möglichst dünn ausgeführt, um Wirbelstromverluste zu reduzieren.

[0006] Diese leitfähige Schicht wird dann zur Verbesserung der gesamten Isolation nochmals mit einer weiteren Isolation, z.B. mit Papier umwickelt. Dabei werden herkömmlich um die 20 Lagen Papierband auf die elektrisch leitfähige Schicht gewickelt. Der Grund hierfür ist, dass das herkömmlich als elektrisch leitfähige Schicht eingesetzte Lahnband aus metallischen Folien besteht, die wiederum scharfe Kanten besitzen. Diese Kanten führen zu Feldüberhöhungen, die wiederum zu elektrischen Überschlägen führen können. Die 20 Lagen Papier tränken sich später im Transformator mit Transformatoröl. Dieser Verbundwerkstoff homogenisiert dann das elektrische Feld vergleichsweise wie eine refraktive Feldsteuerung. Diese Aufbringung von 20 Lagen Papier dauert lange und kostet daher viel.

[0007] Der Schirmring gemäß der DE 10 2016 205 195.4 bildet die neue Generation an Schirmringen. Bei einem derartigen Schirmring ist die Problematik der scharfen metallischen Kanten des Lahnbandes von vorneherein deutlich reduziert, da das elektrische Feld um einen lackierten Schirmring von Grund auf homogener ist. Trotzdem ist die Oberfläche der lackierten elektrisch leitfähigen Schicht nicht ideal, da einzelne leitfähige Füllstoffpartikel mit ihren spitzen Oberflächen aus der Schicht herausragen können und dort wie eine Art Feldemitter wirken.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden und insbesondere eine technische Lösung anzugeben, wie ein Schirmring gemäß der DE 10 2016 205 195.4 mit einer Zusatzisolation zur Vermeidung von Inhomogenitäten realisierbar ist.

[0009] Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand der vorliegenden Anmeldung, wie er in der Beschreibung und den Ansprüchen offenbart ist, gelöst.

[0010] Entsprechend ist Gegenstand der vorliegenden Erfindung ein Schirmring und/oder Steigungsausgleich für einen Transformator, einen Kern mit einer ersten, elektrisch leitfähigen, Schicht, die den Kern umschließt, umfassend, wobei diese erste, elektrisch leitfähige Schicht als Komposit ausgeführt ist, das zumindest eine isolierende polymere Matrix mit zumindest einer Fraktion elektrisch leitfähiger Partikel umfasst, wobei die elektrisch leitfähigen Füllstoffpartikel in einer Menge oberhalb der Perkolationsschwelle enthalten sind und zumindest eine Fraktion Füllstoffpartikel enthalten, die eine mittlere Partikelgröße im Bereich von 500nm bis 100μm hat, wobei das Material der Füllstoffpartikel ausgewählt ist aus der Gruppe folgender Verbindungen: Metall, Kohlenstoff, Metalloxid, Glimmer, alle vorgenannten Verbindungen dabei als beschichtete oder unbeschichtete Partikel und dotiert, teilweise dotiert oder undotiert vorliegend und/oder in beliebigen Gemischen der vorgenannten Verbindungen,
dadurch gekennzeichnet, dass
auf der ersten elektrisch leitfähigen Schicht zumindest eine zweite isolierende Schicht zur Feldhomogenisierung vorgesehen ist.

[0011] Wird auf die erste elektrisch leitfähige Schicht, die aus der DE 10 2016 205 195.4 bekannt ist, eine weitere, isolierende Lackschicht aufgebracht, kann diese zweite Schicht als eine Art refraktive Feldsteuerung wirken und elektrische Feldüberhöhungen, beispielsweise durch oberflächlich wirkende Füllstoffpartikel erzeugt, werden dadurch homogenisiert. Der Grad der Feldhomogenisierung ist von der Schichtdicke der zweiten Schicht und deren Permittivität, also der Durchlässigkeit des Materials für elektrische Felder, abhängig.

[0012] Deshalb ist es vorteilhaft, wenn das Material für die zweite Schicht, also beispielsweise der Lack, eine

hohe Permittivität zeigt.

[0013] Dabei kann zum einen ein Material auf Basis eines Kunststoffes, der selbst eine hohe Permittivität zeigt, als Basisharz oder Matrixmaterial eingesetzt werden. Zum Vergleich dienen die Werte der Dielektrischen Konstante ε. Beispielsweise hat ein Polyvinylalkohol eine dielektrische Konstante von 9, wohingegen Epoxidharz eine dielektrische Konstante von nur 4 zeigt.

[0014] Beispielhaft umfasst das Material für die isolierende, zweite Schicht zumindest ein Polyesterimid, Polyamid-imid, Polyetherimid, Polyvinylalkohol und/oder Glycerin, sowie beliebigen Mischungen der vorgenannten Verbindungsklassen als Basispolymer.

[0015] Nach einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind die Basispolymere zweier aufeinanderfolgender Schichten, der elektrisch leitfähigen ersten Komposit-Schicht und zumindest einer zweiten isolierenden Komposit-Schicht ineinander löslich, insbesondere vorteilhaft ist, wenn sie auf der gleichen chemischen Stoffklasse basieren oder sogar der gleichen chemischen Stoffklasse angehören. Dadurch wird beispielsweise die Haftung der beiden Beschichtungen aufeinander optimiert und Grenzflächenausbildung minimiert, das dient der weiteren Homogenisierung.

[0016] Die elektrische Permittivität der isolierenden zweiten Schicht kann alternativ oder ergänzend auch maßgeblich durch die Wahl eines oder mehrerer Füllstoffe(s) beeinflusst werden.

[0017] Beispielsweise zeigen einige keramische Materialien als Füllstoffe eine hohe Permittivität, insbesondere manche Verbindungen aus der Gruppe der Titanate, wie beispielsweise Calcium-Kupfer-Titanat -$CaCu_3Ti_4O_{12}$-, Barium- und/oder Strontiumtitanat -$Ba/SrTiO_3$-, die dementsprechend hier auch beispielhaft allein, als Mischungen und/oder in Kombination als Füllstoff in der isolierenden Beschichtung eingesetzt werden.

[0018] Nach einer vorteilhaften Ausführungsform umfasst die zweite Schicht außer einem Füllstoff zur Erhöhung der Permittivität auch noch zumindest einen weiteren Füllstoff, beispielsweise zur Farbgebung.

[0019] Nach einer vorteilhaften Ausführungsform ist in der hier erstmals offenbarten zweiten isolierenden Schicht ein Farbstoff eingearbeitet.

[0020] Die Dicke der zweiten Schicht liegt im Bereich von 1μm bis 300pm, insbesondere bei 100μm bis 300pm.

[0021] Die zweite isolierende Schicht wird, wie die erste leitfähige Schicht, beispielsweise durch Besprühen, Eintauchen, Aufpinseln, und/oder sonstige Beschichtungsmethoden, aufgebracht.

[0022] Der Schirmring und/oder der Steigungsausgleich gemäß der vorliegenden Erfindung kann neben der zweiten isolierenden Schicht auch noch zusätzlich ein oder mehrere Papierlage(n), vergleichbar zu den bekannten Papierlagen eines Schirmrings und/oder eines Steigungsausgleichs zur Feld-Homogenisierung, umfassen.

[0023] Derartige, herkömmlich bereits bekannte Papierlage(n) sind aus Krepppapier Cellulose und/oder Blockspan und werden in Papierform durch Umwickeln aufgebracht.

[0024] Durch die vorliegende Erfindung werden erstmals ein Schirmring und/oder ein Steigungsausgleich für einen Transformator offenbart, die neben einer elektrisch leitfähigen ersten Schicht eine zweite isolierende Schicht zur Feldhomogenisierung umfassen.

Patentansprüche

1. Schirmring und/oder Steigungsausgleich für einen Transformator, einen Kern mit einer ersten, elektrisch leitfähigen, Schicht, die den Kern umschließt, umfassend, wobei diese erste, elektrisch leitfähige Schicht als Komposit ausgeführt ist, das zumindest eine isolierende polymere Matrix mit zumindest einer Fraktion elektrisch leitfähiger Partikel umfasst, wobei die elektrisch leitfähigen Füllstoffpartikel in einer Menge oberhalb der Perkolationsschwelle enthalten sind und zumindest eine Fraktion Füllstoffpartikel enthalten, die eine mittlere Partikelgröße im Bereich von 500nm bis 100μm hat, wobei das Material der Füllstoffpartikel ausgewählt ist aus der Gruppe folgender Verbindungen: Metall, Kohlenstoff, Metalloxid, Glimmer, alle vorgenannten Verbindungen dabei als beschichtete oder unbeschichtete Partikel und dotiert, teilweise dotiert oder undotiert vorliegend und/oder in beliebigen Gemischen der vorgenannten Verbindungen,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   auf der ersten elektrisch leitfähigen Schicht zumindest eine zweite isolierende Schicht zur Feldhomogenisierung vorgesehen ist.

2. Schirmring und/oder Steigungsausgleich nach Anspruch 1,
   dadurch gekennzeichnet, dass die zweite isolierende Schicht zur Feldhomogenisierung hinsichtlich einer hohen Permittivität ausgewählt ist.

3. Schirmring und/oder Steigungsausgleich nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Material für die isolierende, zweite Schicht zumindest ein Polyesterimid, Polyamid-imid, Polyetherimid, Polyvinylalkohol und/oder Glycerin, sowie beliebigen Mischungen der vorgenannten Verbindungsklassen als Basispolymer umfasst.

4. Schirmring und/oder Steigungsausgleich nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet dadurch, dass** die Basispolymere zweier aufeinanderfolgender Schichten ineinander sehr gut löslich sind.

5. Schirmring und/oder Steigungsausgleich nach ei-

nem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet dadurch, dass** die Basispolymere der ersten und zweiten Schicht gleich sind.

6. Schirmring und/oder Steigungsausgleich nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet dadurch, dass** in der zweiten Schicht zumindest ein Füllstoff vorliegt.

7. Schirmring und/oder Steigungsausgleich nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet dadurch, dass** in der zweiten Schicht ein Füllstoff mit hoher Permittivität vorliegt.

8. Schirmring und/oder Steigungsausgleich nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet dadurch, dass** in der zweiten Schicht zumindest eine Füllstofffraktion, die Bariumtitanat enthält, vorliegt.

9. Schirmring und/oder Steigungsausgleich nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet dadurch, dass** die Dicke der zweiten Schicht kleiner/gleich 300μm ist.

10. Schirmring und/oder Steigungsausgleich nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet dadurch, dass** auf der zweiten Schicht noch zumindest eine Papierlage zur Feldhomogeniesierung vorgesehen ist.

11. Schirmring und/oder Steigungsausgleich nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet dadurch, dass** die zweite Schicht durch Besprühen herstellbar ist.

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 18 16 1356

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	WO 2012/093052 A1 (SIEMENS AG [DE]; BAKIJA BERIZ [DE]; BREITFELDER DIETER [DE]; HAMMER TH) 12. Juli 2012 (2012-07-12)	1-3,9-11	INV. H01F27/28 H01F27/36
A	* Seite 16, Zeile 4 - Zeile 23; Abbildungen 2,3 * * Seite 18, Zeile 6 - Zeile 14 *	4-8	
Y	WO 2016/188831 A1 (SIEMENS AG [DE]) 1. Dezember 2016 (2016-12-01)	1-3,9-11	
A	* Zusammenfassung; Anspruch 1 *	4-8	
Y	WO 2008/026992 A1 (ABB TECHNOLOGY LTD [CH]; FORSBERG ERIK [SE]; POLANDER TONY [SE]; SVENS) 6. März 2008 (2008-03-06) * Anspruch 1; Abbildung 3 *	1,2,9,10	
Y	WO 2012/093053 A1 (SIEMENS AG [DE]; BAKIJA BERIZ [DE]; BREITFELDER DIETER [DE]; HAMMER TH) 12. Juli 2012 (2012-07-12) * Zusammenfassung; Abbildung 2 * * Seite 16, Zeile 1 - Zeile 2 *	1,2,9,10	
A	EP 2 362 399 A1 (SIEMENS AG [DE]) 31. August 2011 (2011-08-31) * Zusammenfassung *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) H01F
A	DE 10 2014 211122 A1 (SIEMENS AG [DE]) 17. Dezember 2015 (2015-12-17) * Zusammenfassung *	1	
A	WO 2012/093055 A1 (SIEMENS AG [DE]; BAKIJA BERIZ [DE]; BREITFELDER DIETER [DE]; HAMMER TH) 12. Juli 2012 (2012-07-12) * Zusammenfassung; Anspruch 1 *	1	

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München	23. Oktober 2018	Rouzier, Brice

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

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

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

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 18 16 1356

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

23-10-2018

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2012093052 A1	12-07-2012	BR 112013017401 A2	04-10-2016
		CN 103415901 A	27-11-2013
		DE 102011008462 A1	12-07-2012
		EP 2661760 A1	13-11-2013
		WO 2012093052 A1	12-07-2012
WO 2016188831 A1	01-12-2016	CN 107646163 A	30-01-2018
		DE 102015209594 A1	01-12-2016
		EP 3278423 A1	07-02-2018
		US 2018145554 A1	24-05-2018
		WO 2016188831 A1	01-12-2016
WO 2008026992 A1	06-03-2008	BR PI0716390 A2	15-10-2013
		CN 101136281 A	05-03-2008
		CN 201134338 Y	15-10-2008
		EP 2064715 A1	03-06-2009
		RU 2009109840 A	10-10-2010
		US 2010007452 A1	14-01-2010
		WO 2008026992 A1	06-03-2008
		ZA 200901090 B	30-12-2009
WO 2012093053 A1	12-07-2012	BR 112013017448 A2	04-10-2016
		CN 103415894 A	27-11-2013
		DE 102011008454 A1	26-07-2012
		EP 2661755 A1	13-11-2013
		WO 2012093053 A1	12-07-2012
EP 2362399 A1	31-08-2011	DE 102010009462 A1	01-09-2011
		EP 2362399 A1	31-08-2011
DE 102014211122 A1	17-12-2015	KEINE	
WO 2012093055 A1	12-07-2012	BR 112013017494 A2	27-09-2016
		CN 103403818 A	20-11-2013
		DE 102011008456 A1	12-07-2012
		EP 2661761 A1	13-11-2013
		WO 2012093055 A1	12-07-2012

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102011008462 **[0004]**
- DE 102016205195 **[0004] [0005] [0007] [0008] [0011]**