

(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
18. Juni 2015 (18.06.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/086047 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01F 27/38 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/076095

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. Dezember 2013 (10.12.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: **HAMBERGER, Peter**; Bergweg 5, A-4202
Kirchschlag bei Linz (AT).

(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, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,

KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, SM, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, 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).

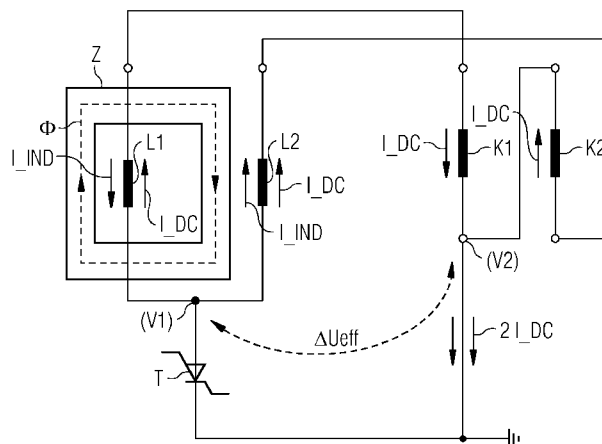
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR REDUCING A MAGNETIC UNIDIRECTIONAL FLUX COMPONENT IN THE
CORE OF A THREE-PHASE TRANSFORMER

(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR VERRINGERUNG EINES MAGNETISCHEN GLEICHFLUSS-
ANTEILS IM KERN EINES DREIPHASENTRANSFORMATORS

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to a device for reducing a magnetic unidirectional flux component in the core of a three-phase transformer, comprising - at least one compensation winding (K1, K2), which is magnetically coupled to the core of the three-phase transformer, - a switching unit (T), which is arranged electrically in a current path in series with the compensation winding (K1, K2) in order to feed a current (I_{DC}) into the compensation winding, the effect of said current being directed opposite the unidirectional flux component, and - an apparatus for limiting current (L1, L2), which is arranged electrically in a current path in series with the compensation winding (K1, K2). The invention is characterized in that two compensation windings (K1, K2) are provided on different legs of the core of the three-phase transformer so that a greater reduction of the magnetic unidirectional flux component is achieved.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2015/086047 A1



Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Verringerung eines magnetischen Gleichfluss-Anteils im Kern eines Dreiphasentransformators, umfassend - zumindest eine Kompensationswicklung (K1, K2), welche magnetisch mit dem Kern des Dreiphasentransformators gekoppelt ist, - eine Schalteinheit (T), welche elektrisch in einem Strompfad in Reihe mit der Kompensationswicklung (K1, K2) angeordnet ist, um in die Kompensationswicklung einen Strom (I_{DC}) einzuspeisen, dessen Wirkung dem Gleichfluss-Anteil entgegengerichtet ist, und - eine Einrichtung zur Strombegrenzung (L1, L2), welche elektrisch in einem Strompfad in Reihe mit der Kompensationswicklung (K1, K2) angeordnet ist. Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass zwei Kompensationswicklungen (K1, K2) an jeweils unterschiedlichen Schenkeln des Kerns des Dreiphasentransformators vorgesehen sind, damit eine größere Verringerung des magnetischen Gleichfluss-Anteils erzielt wird.

Beschreibung

Vorrichtung und Verfahren zur Verringerung eines magnetischen Gleichfluss-Anteils im Kern eines Dreiphasentransformators

5

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Verringerung eines magnetischen Gleichfluss-Anteils im Kern eines Dreiphasentransformators, umfassend

10

- zumindest eine Kompensationswicklung, welche magnetisch mit dem Kern des Dreiphasentransformators gekoppelt ist,

15

- eine Schalteinheit, welche elektrisch in einem Strompfad in Reihe mit der Kompensationswicklung angeordnet ist, um in die Kompensationswicklung einen Strom einzuspeisen, dessen Wirkung dem Gleichfluss-Anteil entgegengerichtet ist, und

20

- eine Einrichtung zur Strombegrenzung, welche elektrisch in einem Strompfad in Reihe mit der Kompensationswicklung angeordnet ist,

sowie ein Verfahren zum Betrieb einer solchen Anlage.

Stand der Technik

25

Bei elektrischen Transformatoren, wie sie in Energieverteilungsnetzen eingesetzt werden, kann es zu einer unerwünschten Einspeisung eines Gleichstroms in die Primärwicklung oder Sekundärwicklung kommen. Eine solche Gleichstromeinspeisung, im Folgenden auch als DC-Anteil bezeichnet, kann beispielsweise von elektronischen Bauelementen herrühren, wie sie heutzutage bei der Ansteuerung von elektrischen Antrieben oder auch bei der Blindleistungskompensation verwendet werden. Eine andere Ursache können so genannte "Geomagnetically Induced Currents" (GIC) sein.

30

35

Ein DC-Anteil hat im Kern des Transformators einen Gleichfluss-Anteil zur Folge, der sich dem Wechselfluss

überlagert. Dies führt zu einer unsymmetrischen Aussteuerung des magnetischen Werkstoffs im Kern und bringt eine Reihe von Nachteilen mit sich. Bereits ein Gleichstrom von wenigen Ampere kann eine lokale Erwärmung im Transformator

verursachen, was die Lebensdauer der Wicklungsisolation beeinträchtigen kann. Ein weiterer unerwünschter Effekt ist eine erhöhte Geräuschemission bei Betrieb des Transformators, weil moderne Transformatorenkerne eine sehr hohe magnetische Leitfähigkeit haben, somit bereits geringe elektrische Gleichströme ausreichen, um den Transformatorkern in einer Halbperiode des Wechselstroms in Sättigung zu bringen.

Zur Verringerung des Betriebsgeräusches eines Transformators sind verschiedene aktiv und passiv wirkende Einrichtungen bekannt. Gemäß der WO 2012/041368 A1 wird eine in der Kompensationswicklung induzierte elektrische Spannung genutzt und für die Kompensation des störenden magnetischen Gleichfluss-Anteils herangezogen. Dabei wird mittels einer elektronischen Schalteinheit ein Kompensationsstrom erzeugt, wobei das Einschalten der Schalteinheit einer vorgegebenen Schaltstrategie folgt, etwa mittels einer Phasenanschnittsteuerung. Hier wird ein Thyristorschalter in Serie mit einer Strombegrenzungs-drossel geschaltet, um den Kompensationsstrom in die Kompensationswicklung einzubringen.

Aufgrund der genannten Maßnahmen sind die thermische Belastung der Wicklung des Transformators sowie die Verluste und Geräusche geringer. Die Vorrichtung zur Verringerung eines magnetischen Gleichfluss-Anteils lässt sich dabei mit vergleichsweise einfachen Mitteln unter Verwendung von diskreten und/oder programmierbaren Bausteinen realisieren. Für die Erzeugung des Kompensationsstroms ist kein Energiespeicher, wie beispielsweise eine Batterie oder ein Kondensator, erforderlich, die Energie zur Erzeugung des Kompensationsstroms wird direkt der Kompensationswicklung entnommen. Aufgrund ihrer Einfachheit ist die Zuverlässigkeit der Schaltungsanordnung hoch und für den wartungsarmen Langzeitbetrieb eines Transformators in einem Energieverteilungsnetz gut geeignet. Der Einsatzbereich

umfasst sowohl Transformatoren im Nieder- oder Mittelspannungsbereich, wie auch Transformatoren sehr hoher Leistung (Leistungstransformatoren, HGÜ(Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungs)-Transformatoren). Weder die
5 Baugröße noch sicherheitsrelevante Einrichtungen oder andere Auslegungskriterien des Transformators werden durch den Einsatz der Anlage ungünstig beeinflusst.

10 Damit die Vorrichtung zur Verringerung eines magnetischen Gleichfluss-Anteils mit kostengünstigen Standardbauteilen hergestellt werden kann und um mit dieser Vorrichtung innerhalb von behördlich vorgegebenen Spannungsgrenzwerten zu bleiben, etwa innerhalb der von der Niederspannungsrichtlinie (Richtlinie 2006/95/EG) festgelegten Spannungsgrenzen, ist
15 die erlaubte induzierte Spannung in der Kompensationswicklung in der Praxis auf einen bestimmten Wert, im Fall der Niederspannungsrichtlinie auf 690 V, begrenzt.

Da die Windungsspannung einer bestehenden
20 Kompensationswicklung mit der Nennleistung des Dreiphasentransformators steigt, muss daher die Windungszahl der Kompensationswicklung sehr klein gehalten werden. Dies kann bedeuten, dass mit diesen wenigen Windungen nur ein relativ schwaches Magnetfeld erzeugt werden kann, welches
25 nicht zur nennenswerten Verringerung des magnetischen Gleichfluss-Anteils ausreicht. Würde man die Windungszahl der Kompensationswicklung erhöhen, würde man in manchen Anwendungsfällen die vorgegebene maximale Spannung überschreiten, die Vorrichtung zur Verringerung eines
30 magnetischen Gleichfluss-Anteils dürfte dann nicht eingesetzt werden.

Darstellung der Erfindung

35

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung zur Verringerung eines magnetischen Gleichfluss-Anteils im Kern eines Dreiphasentransformators zur Verfügung zu stellen, welche für eine gegebene Kompensationswicklung

eine größere Verringerung eines magnetischen Gleichfluss-Anteils erlaubt.

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den jeweiligen abhängigen Ansprüchen definiert.

Gemäß Anspruch 1 ist vorgesehen,

- 10 - dass zwei Kompensationswicklungen an jeweils unterschiedlichen Schenkeln des Kerns des Dreiphasentransformators vorgesehen sind,
- dass die beiden Kompensationswicklungen zueinander in Reihe geschaltet sind,
- 15 - dass der Eingang der ersten sowie der Ausgang der zweiten Kompensationswicklung jeweils mit dem Eingang einer der beiden Wicklungen eines Einphasenstransformators verbunden ist,
- dass die Ausgänge der Wicklungen des
- 20 Einphasenstransformators kurzgeschlossen sind und über die Schalteinheit mit der Verbindung zwischen Ausgang der ersten Kompensationswicklung und Eingang der zweiten Kompensationswicklung verbunden sind.
- 25 Dabei werden die beiden Wicklungen des Einphasenstransformators im Leerlauf (wenn die Schalteinheit den Strompfad zu den Kompensationswicklungen sperrt) als induktiver Spannungsteiler betrieben, während bei geschlossener Schalteinheit die beiden Wicklungen für die
- 30 dann fließenden Kompensationsströme als Drossel fungieren.

Im Vergleich zu einer einschlägigen Vorrichtung mit nur einer Kompensationswicklung können die beiden erfindungsgemäßen Kompensationswicklungen dann

- 35 - entweder gleich ausgeführt sein, wobei beiden Kompensationswicklungen dann die gleiche frühere Windungszahl haben, sodass insgesamt der Kern des Dreiphasentransformators mit einem größeren Kompensationsstrom versorgt wird als bei nur einer Kompensationswicklung,

- oder die beiden Kompensationswicklungen können eine geringere Windungsanzahl aufweisen, um dennoch den gleichen Kompensationsstrom zu erzielen, der mit einer einzigen Kompensationswicklung nach dem Stand der Technik erzielt wird.

Die beiden Kompensationswicklungen werden in der Regel gleich ausgebildet sein. Auch die beiden Wicklungen des Einphasentransformators werden in der Regel gleich ausgebildet sein, sie müssen jedenfalls die selbe Windungszahl aufweisen.

Die Schalteinheit kann zumindest einen Halbleiterschalter, bevorzugt einen Thyristor, enthalten. Der Vorteil der Verwendung eines Thyristors liegt darin, dass ein Thyristor mit einem Stromimpuls "gezündet", das heisst in den leitenden Zustand gebracht werden kann. Während der positiven Halbschwingung der Netzspannung hat der Thyristor bis zum nächsten Stromnulldurchgang die Eigenschaft einer Diode. Das Ende der Stromflussdauer wird vom Thyristor selbst bewirkt, indem der Haltestrom unterschritten wird und der Thyristor automatisch "löscht", das heißt in den nicht leitenden Zustand übergeht. Selbstverständlich sind auch andere Halbleiterschalter, wie GTO, IGBT Transistoren oder andere Schaltelemente denkbar.

Die Schalteinheit kann in vorteilhafter Weise mit einer Steuereinheit verbunden sein, welche mit einer Messeinrichtung zum Erfassen des magnetischen Gleichfluss-Anteils verbunden ist.

Eine Messeinrichtung zum Erfassen des magnetischen Gleichfluss-Anteils ist etwa aus der WO 2012/041368 A1 bekannt, welche dort einen magnetischen Nebenschluss-Teil mit einer Sensorspule umfasst. Der Nebenschluss-Teil ist am Kern des Transformators z.B. an einem Schenkel oder am Joch anliegend angeordnet, um einen Teil des magnetischen Flusses in einem Bypass zu führen. Aus diesem, im Nebenschluss geführten magnetischen Fluss, lässt sich mittels einer

Sensorspule sehr leicht ein langzeitstabiles Sensorsignal gewinnen, welches ggf. nach einer Signalaufbereitung den Gleichfluss-Anteil (DC-Anteil) sehr gut abbildet. Das Messergebnis ist weitgehend frei von Drift und

5 langzeitstabil. Da dieser Detektor im Wesentlichen aus dem Nebenschlussteil und der darauf angeordneten Sensorspule besteht, besitzt er eine hohe Zuverlässigkeit.

Das Sensorsignal von der Messeinrichtung zum Erfassen des magnetischen Gleichfluss-Anteils wird der Steuereinrichtung zugeführt. Dabei wird die Schalteinheit zum Beispiel mit einer Stellgröße gesteuert, welche von einem in der Steuereinrichtung vorhandenem Zeitglied vorgegeben wird, wobei das Zeitglied von einem Phasendetektor, welcher die

10 Phase der in der Kompensationswicklung induzierten Spannung detektiert, getriggert wird. Das Zeitglied kann ein diskreter Bauteil oder Teil einer digitalen Schaltung sein. Es kann von Vorteil sein, wenn die Stellgröße das Ergebnis einer Rechenoperation eines Mikroprozessors ist. Der Mikroprozessor

15 kann dabei gleichzeitig auch zur Signalaufbereitung des Sensorsignals verwendet werden. Die Schalteinheit kann etwa so angesteuert werden, dass in der Kompensationswicklung ein pulsierender Gleichstrom eingespeist wird. Dies hat den Vorteil, dass der arithmetische Mittelwert dieses

20 pulsierenden Gleichstroms sehr einfach nach Maßgabe des zu kompensierenden DC-Anteils vorgegeben werden kann. Die elektronische Schalteinheit bleibt zwecks Reduktion der in der Induktivität gespeicherten magnetischen Energie sinnvoller Weise solange eingeschaltet, bis der pulsierende

25 Gleichstrom abgeklungen ist. Somit hat ein Überspannungsschutz nach dem Ausschalten der elektrischen Schalteinheit faktisch keine in der Spule gespeicherte magnetische Restenergie zu absorbieren.

35 Es kann günstig sein, wenn die Schalteinheit und die Steuereinrichtung außerhalb des Kessels eines Transformators angeordnet wird. Die gesamte elektronische Schaltung ist dadurch von außen für Kontrolle und Wartung zugänglich.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Betrieb einer Anlage sieht vor, dass die Steuereinheit ein Zeitglied umfasst, welches von einem Phasendetektor getriggert wird, welcher die Phase der in den Kompensationswicklungen induzierten Spannung detektiert und die Schalteinheit so ansteuert, dass in die Kompensationswicklungen ein pulsierender Gleichstrom eingespeist wird, was dem Verfahren nach der WO 2012/041368 A1 entspricht.

10

Kurzbeschreibung der Figuren

15

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird im nachfolgenden Teil der Beschreibung auf die Figuren Bezug genommen, aus der weitere vorteilhafte Ausgestaltungen, Einzelheiten und Weiterbildungen der Erfindung zu entnehmen sind. Es zeigen:

20

Figur 1 eine schematisch dargestellte erfindungsgemäße Vorrichtung,
Figur 2 ein Vektordiagramm mit den in der Vorrichtung nach Fig. 1 auftretenden Spannungen.

25

Ausführung der Erfindung

30

Die erfindungsgemäße Vorrichtung besteht gemäß Fig. 1 im Wesentlichen aus zwei Kompensationswicklungen K1 und K2, wobei jede um einen anderen Schenkel eines Dreiphasentransformators gewickelt ist. So kann z.B. eine Kompensationswicklung um einen äußeren Schenkel, die andere um den mittleren Schenkel gewickelt sein. Die Kompensationswicklungen K1, K2 sind somit im Transformatorkessel untergebracht und mit dem Kern des Transformators magnetisch gekoppelt. K1 und K2 weisen jeweils nur wenige, in der Regel weniger als zehn, Windungen auf.

35

Der Einphasentransformator mit seinen beiden Wicklungen L1, L2 wird ebenfalls im Transformatorkessel des Dreiphasentransformators angeordnet.

Bei Betrieb des Transformators wird in den
Kompensationswicklungen K1, K2 eine elektrische Spannung
induziert, die gemäß der Erfindung dazu genutzt wird, den
5 störenden Gleichanteil des magnetischen Flusses im Kern zu
bekämpfen. Dies erfolgt durch netzgeführtes Schalten einer
Schalteinheit T, die hier als Thyristor ausgebildet ist. Die
Schalteinheit T ist elektrisch in Reihe mit den
Kompensationswicklungen K1, K2 angeordnet, um in die
10 Kompensationswicklungen K1, K2 einen Kompensationsstrom I_{DC}
einzuspeisen, dessen Wirkung dem Gleichfluss-Anteil
entgegengerichtet ist.

Die beiden Kompensationswicklungen K1, K2 sind zueinander in
15 Reihe geschaltet, wobei der Ausgang der ersten K1 mit dem
Eingang der zweiten Kompensationswicklung K2 verbunden ist.
Der Eingang der ersten K1 sowie der Ausgang der zweiten
Kompensationswicklung K2 sind jeweils mit dem Eingang einer
der beiden Wicklungen L1, L2 des Einphasenstransformators
20 verbunden. Die Ausgänge der Wicklungen L1, L2 des
Einphasenstransformators sind im Knotenpunkt X1
kurzgeschlossen und über die Schalteinheit T mit dem
Knotenpunkt X2, also der der Verbindung zwischen Ausgang der
ersten Kompensationswicklung K1 und Eingang der zweiten
25 Kompensationswicklung K2, verbunden. Das Potential des
Knotenpunkts X2 wird auf Erde gelegt.

Die beiden Wicklungen L1, L2 des Einphasenstransformators
haben einen gemeinsamen Kern, der hier als Zweischenkelkern Z
30 ausgeführt ist, mit je einer der Wicklungen L1, L2 auf einem
Schenkel.

Die induzierte Spannung zwischen dem Eingang der ersten
Kompensationswicklung K1 und dem Ausgang der zweiten
35 Kompensationswicklung K2 entspricht der Summe der in den
beiden Wicklungen K1, K2 induzierten Spannungen ΔU_{K1} , ΔU_{K2} ,
siehe Fig. 2. Die beiden Wicklungen L1, L2 arbeiten - wenn
die Schalteinheit T sperrt - als Einphasentransformator im
Leerlauf, in welchem gemäß der angelegten Spannung ein

Wechselstrom fließt und ein entsprechender induzierter Strom I_{IND} fließt. An den Verbindungen der beiden Wicklungen L1, L2, also im Knotenpunkt X1, stellt sich die halbe Spannung ein. Damit ergibt sich ein zwischen dem Potential V1 am Knotenpunkt X1 und dem Potential V2 am Knotenpunkt X2 effektiver Potentialunterschied ΔU_{eff} von 0,886 der induzierten Spannung ΔU_{K1} bzw. ΔU_{K2} . Diese Spannung liegt auch an der Schalteinheit T an und ist die dimensionierende Spannung für die Anzahl der Windungen in den Kompensationswicklungen K1, K2, die etwa für Anwendungen in der EU maximal 690V betragen darf.

Öffnet nur die Schalteinrichtung T, zündet also in diesem Fall der Thyristor, so beginnt der Kompensationsstrom I_{DC} zu fließen. Dieser hat keine zusätzliche magnetisierende Wirkung auf den Kern des Einphasentransformators, wodurch die beiden Wicklungen L1, L2 als Drossel wirken und daher als Strombegrenzungsdrossel fungieren. Wegen der Serienschaltung der Kompensationswicklungen K1, K2 addieren sich bezüglich des Kerns des Dreiphasentransformators die eingebrachten sogenannten „Amperewindungen“, also die magnetische Durchflutung des Kerns. Der Kompensationsstrom I_{DC} wirkt also nicht nur in einer Kompensationswicklung auf den Kern, wie bei vielen herkömmlichen Anlagen, sondern in zwei Kompensationswicklungen K1, K2.

Wird also zu einer bestehenden Kompensationswicklung K1 eine zweite identische Kompensationswicklung K2 zusätzlich verbaut, so liegt an der Schalteinheit T nur eine effektive Spannung von 0,886 jener induzierten Spannung an, die bei der Ausführung mit nur einer Kompensationswicklung anliegen würde. Es könnten diese beiden erfindungsgemäßen Kompensationswicklungen K1, K2 somit entweder bei Dreiphasentransformatoren mit einer dimensionierenden Windungsspannung größer 690V, nämlich bis 800V, verwendet werden. Oder es könnte die Windungszahl der Kompensationswicklungen K1, K2 bis um den Faktor 2,31 erhöht werden, ohne die maximale Windungsspannung zu überschreiten.

Die Steuerung der Schalteinheit T kann wie in der WO 2012/041368 A1 erfolgen: die Steuereinheit besteht im Wesentlichen aus einem Phasendetektor und einem Zeitglied. Der Phasendetektor, z.B. ein Nulldurchgang-Detektor, leitet aus der induzierten Spannung ein Triggersignal ab, welches einem Zeitglied zugeführt wird. Zusammen mit einem ebenfalls der Steuereinheit zugeführten Steuersignal stellt die Schalteinheit T ausgangsseitig eine Stellgrösse bereit, welche der elektronischen Schalteinheit T zugeleitet wird. Die Induktivitäten der Wicklungen L1, L2 sind dabei so bemessen, dass bei einem Durchschalten der Schalteinheit T ein in eine Stromrichtung fließender, pulsierender Stromverlauf in die Kompensationswicklungen K1, K2 eingespeist wird.

Dieser pulsierende Gleichstrom besteht aus der Überlagerung von zwei Halbwellen aus den induzierten Spannungen sowie einer dazwischen liegenden Stromlücke. Dabei wird die Schalteinheit T am Ende des Gleichstrompulses in den stromlosen Zustand geschaltet, etwa, indem der Haltestrom des Thyristors unterschritten wird.

Bezugszeichenliste:

25	I_DC	Kompensationsstrom
	I_IND	induzierter Strom
	K1	erste Kompensationswicklung
	K2	zweite Kompensationswicklung
	L1	erste Wicklung des Einphasenstransformators
30	L2	zweite Wicklung des Einphasenstransformators
	T	Schalteinheit (Thyristor)
	V1	Spannung (Potential) am Knotenpunkt zwischen erster und zweiter Wicklung des Einphasentransformators
	V2	Spannung (Potential) am Knotenpunkt zwischen erster und zweiter Kompensationswicklung
35	X1	Knotenpunkt zwischen erster und zweiter Wicklung des Einphasentransformators
	X2	Knotenpunkt zwischen erster und zweiter Kompensationswicklung

ΔU_{eff}	Potentialdifferenz zwischen X1 und X2
ΔU_{K1}	in K1 induzierte Spannung
ΔU_{K2}	in K2 induzierte Spannung
Z	Zweischenkelkern des Einphasentransformators

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Verringerung eines magnetischen

5 Gleichfluss-Anteils im Kern eines

Dreiphasentransformators, umfassend

- zumindest eine Kompensationswicklung (K1, K2), welche magnetisch mit dem Kern des Dreiphasentransformators gekoppelt ist,

10 - eine Schalteinheit (T), welche elektrisch in einem Strompfad in Reihe mit der Kompensationswicklung (K1, K2) angeordnet ist, um in die Kompensationswicklung einen Strom (I_DC) einzuspeisen, dessen Wirkung dem Gleichfluss-Anteil entgegengerichtet ist, und

15 - eine Einrichtung zur Strombegrenzung (L1, L2), welche elektrisch in einem Strompfad in Reihe mit der Kompensationswicklung (K1, K2) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet,**

20 - dass zwei Kompensationswicklungen (K1, K2) an jeweils unterschiedlichen Schenkeln des Kerns des Dreiphasentransformators vorgesehen sind,

- dass die beiden Kompensationswicklungen (K1, K2) zueinander in Reihe geschaltet sind,

25 - dass der Eingang der ersten (K1) sowie der Ausgang der zweiten (K2) Kompensationswicklung jeweils mit dem Eingang einer der beiden Wicklungen (L1, L2) eines Einphasenstransformators verbunden ist,

- dass die Ausgänge der Wicklungen des Einphasenstransformators (L1, L2) kurzgeschlossen sind und über die Schalteinheit (T) mit der Verbindung (X2) zwischen Ausgang der ersten Kompensationswicklung (K1) und Eingang der zweiten Kompensationswicklung (K2) verbunden sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schalteinheit (T) zumindest einen Halbleiterschalter, bevorzugt einen Thyristor, enthält.

10 3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schalteinheit (T) mit einer Steuereinheit verbunden ist, welche mit einer Messeinrichtung zum Erfassen des magnetischen Gleichfluss-Anteils verbunden ist.

15 4. Verfahren zum Betrieb einer Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit ein Zeitglied umfasst, welches von einem Phasendetektor getriggert wird, welcher die Phase der in den Kompensationswicklungen (K1, K2) induzierten Spannung
20 detektiert und die Schalteinheit (T) so ansteuert, dass in die Kompensationswicklungen (K1, K2) ein pulsierender Gleichstrom eingespeist wird.

FIG 1

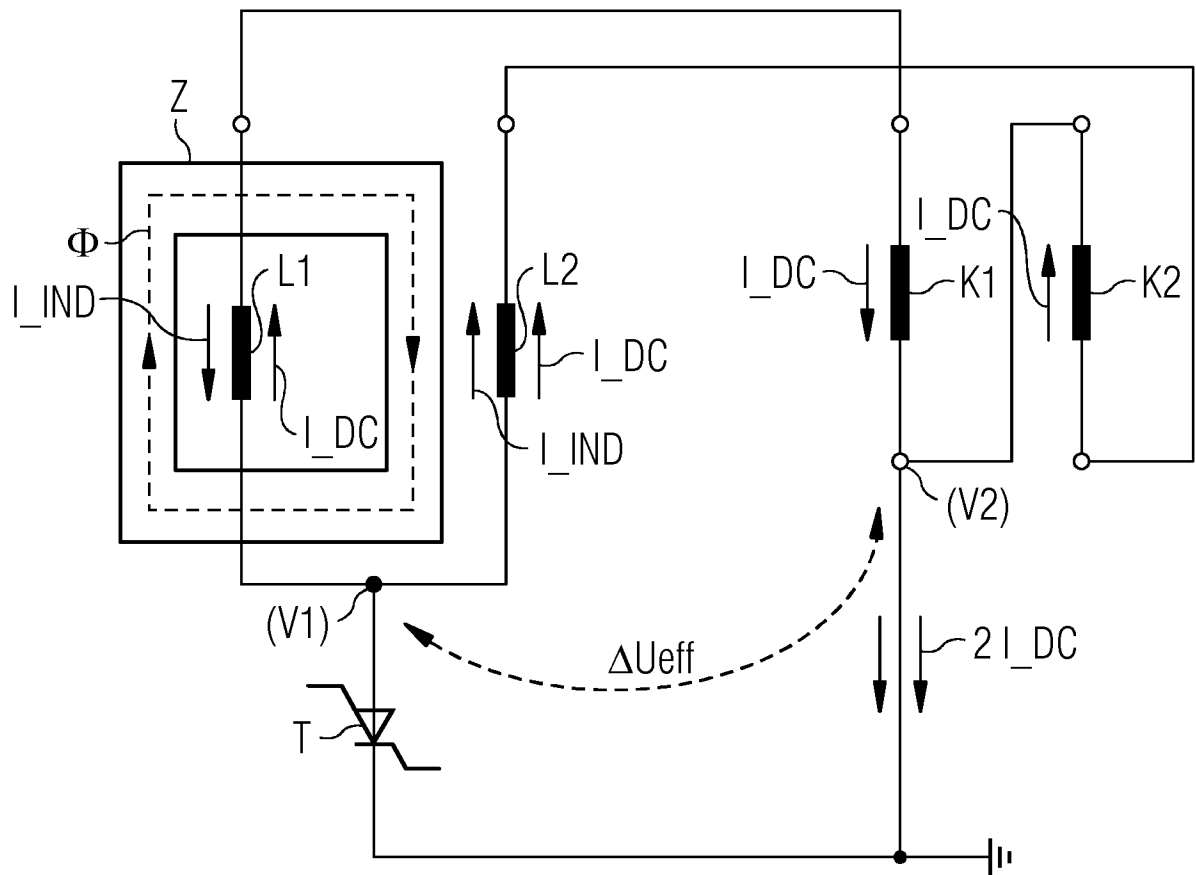
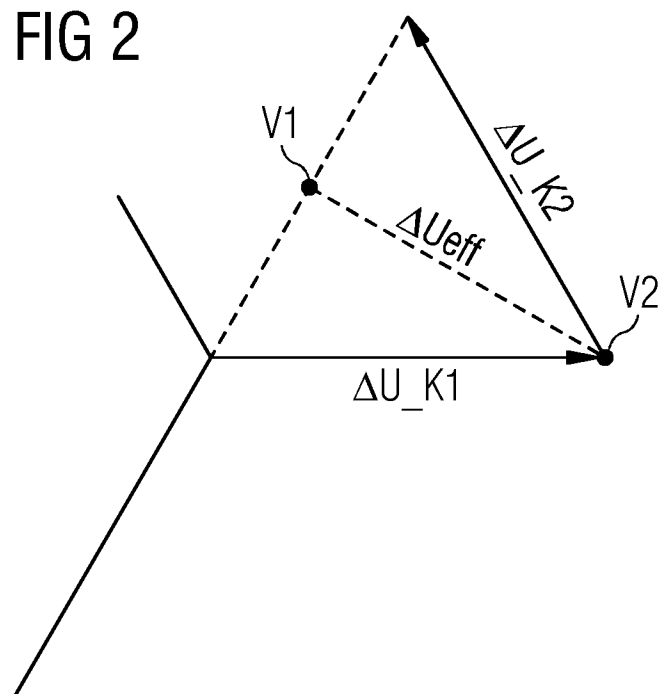


FIG 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/076095

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01F27/38
ADD.

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 H02P G05F

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.
A	WO 2012/041368 A1 (SIEMENS TRANSFORMERS AUSTRIA GMBH & CO KG [AT]; HAMBERGER PETER [AT];) 5 April 2012 (2012-04-05) cited in the application abstract	1-4
A	WO 2005/109593 A1 (FORSKARPATENT I SYD AB [SE]; AF KLERCKER ALAKUELA MATS [SE]; LINDAHL S) 17 November 2005 (2005-11-17) page 1, lines 6 - 10, 30 - 35 page 5, line 32 - page 6, line 14 figure 2	1-4
	----- -/-	



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

16 May 2014

Date of mailing of the international search report

27/05/2014

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Van den Berg, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2013/076095

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2005/001857 A1 (FORSKARPATENT I SYD AB [SE]; AF KLERCKER ALAKUELA MATS [SE]) 6 January 2005 (2005-01-06) page 1, lines 7 - 11, 31 - 36 page 2, lines 2 - 31 claim 1 figures 1 - 4 -----	1-4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/076095

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2012041368 A1	05-04-2012	AU 2010361382 A1	11-04-2013
		CA 2813057 A1	05-04-2012
		CN 103270561 A	28-08-2013
		EP 2622614 A1	07-08-2013
		KR 20130099982 A	06-09-2013
		US 2013201592 A1	08-08-2013
		WO 2012041368 A1	05-04-2012

WO 2005109593 A1	17-11-2005	CA 2567519 A1	17-11-2005
		EP 1766746 A1	28-03-2007
		SE 0401193 A	11-11-2005
		US 2007217103 A1	20-09-2007
		WO 2005109593 A1	17-11-2005

WO 2005001857 A1	06-01-2005	EP 1644946 A1	12-04-2006
		SE 0301893 A	28-12-2004
		US 2006197511 A1	07-09-2006
		WO 2005001857 A1	06-01-2005

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01F27/38
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H01F H02P G05F

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.
A	WO 2012/041368 A1 (SIEMENS TRANSFORMERS AUSTRIA GMBH & CO KG [AT]; HAMBERGER PETER [AT];) 5. April 2012 (2012-04-05) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung -----	1-4
A	WO 2005/109593 A1 (FORSKARPATENT I SYD AB [SE]; AF KLERCKER ALAKUELA MATS [SE]; LINDAHL S) 17. November 2005 (2005-11-17) Seite 1, Zeilen 6 - 10, 30 - 35 Seite 5, Zeile 32 - Seite 6, Zeile 14 Abbildung 2 ----- -/-	1-4



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

16. Mai 2014

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

27/05/2014

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

Van den Berg, G

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2005/001857 A1 (FORSKARPATENT I SYD AB [SE]; AF KLERCKER ALAKUELA MATS [SE]) 6. Januar 2005 (2005-01-06) Seite 1, Zeilen 7 - 11, 31 - 36 Seite 2, Zeilen 2 - 31 Anspruch 1 Abbildungen 1 - 4 -----	1-4

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/076095

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument			Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
WO 2012041368	A1	05-04-2012	AU	2010361382	A1		11-04-2013	
			CA	2813057	A1		05-04-2012	
			CN	103270561	A		28-08-2013	
			EP	2622614	A1		07-08-2013	
			KR	20130099982	A		06-09-2013	
			US	2013201592	A1		08-08-2013	
			WO	2012041368	A1		05-04-2012	

WO 2005109593	A1	17-11-2005	CA	2567519	A1		17-11-2005	
			EP	1766746	A1		28-03-2007	
			SE	0401193	A		11-11-2005	
			US	2007217103	A1		20-09-2007	
			WO	2005109593	A1		17-11-2005	

WO 2005001857	A1	06-01-2005	EP	1644946	A1		12-04-2006	
			SE	0301893	A		28-12-2004	
			US	2006197511	A1		07-09-2006	
			WO	2005001857	A1		06-01-2005	
