

(19)



(11)

EP 3 786 986 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
03.03.2021 Patentblatt 2021/09

(51) Int Cl.:
H01F 27/42^(2006.01) H01F 27/38^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19194173.1**

(22) Anmeldetag: **28.08.2019**

(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

(71) Anmelder: **Siemens Energy Global GmbH & Co.
KG**
81739 München (DE)

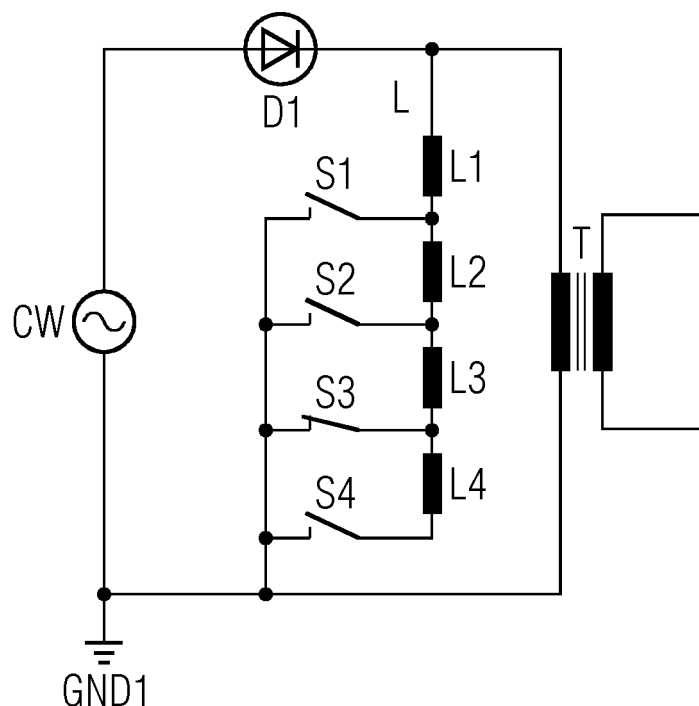
(72) Erfinder: **Hamberger, Peter**
4202 Kirchschlag bei Linz (AT)

(74) Vertreter: **Maier, Daniel Oliver**
Siemens AG
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(54) **SCHALTUNGSANORDNUNG ZUR VERRINGERUNG EINES GLEICHFLUSS-ANTEILS IM WEICHMAGNETISCHEN KERN EINES TRANSFORMATORS**

(57) Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Verringerung eines Gleichfluss-Anteils im weichmagnetischen Kern eines Transformators, mit einer Kompensationswicklung (CW), die mit dem Kern des Transformators magnetisch gekoppelt ist, einem Strom-

zweig mit einer Diode (D1) und einer in Serie dazu geschalteten Strombegrenzungs-drossel (L), wobei die Strombegrenzungs-drossel (L) eine mittels Schalter (S1, S2, S3, ... SN) einstellbare Induktivität aufweist.

FIG 1**EP 3 786 986 A1**

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Verringerung eines Gleichfluss-Anteils im weichmagnetischen Kern eines Transformators.

Stand der Technik

[0002] 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, auch als DC-Anteil bezeichnet, kann beispielsweise von elektronischen Baukomponenten herrühren, wie sie heutzutage bei der Ansteuerung von elektrischen Antrieben oder auch bei der Blindleistungskompensation verwendet werden. Eine andere Ursache können sogenannte geomagnetisch induzierte Ströme (englisch "Geomagnetically Induced Currents", GIC) sein.

[0003] Aufgrund von Sonnenwinden wird das Erdmagnetfeld verändert und damit werden an Leiterschleifen an der Erdoberfläche sehr niederfrequente Spannungen induziert. Bei langen elektrischen Energieübertragungsleitungen kann die induzierte Spannung relativ große niederfrequente Ströme (Quasi-Gleichströme) bewirken. Geomagnetisch induzierte Ströme treten ungefähr in Zehnjahreszyklen auf. Sie verteilen sich gleichmäßig auf alle (drei) Phasen, können pro Phase bis zu 30 A erreichen und fließen über den Sternpunkt eines Transformators ab. Dies führt zu einer starken Sättigung des Kerns des Transformators in einem Halbzyklus und daher zu einem starken Erregerstrom in einem Halbzyklus. Diese zusätzliche Erregung hat einen starken Oberwellenanteil und dadurch werden durch das Streufeld mit Oberwellenanteil Wirbelstromverluste in Wicklungen und Eisen teilen des Transformators verursacht. Dies kann zu lokaler Überhitzung im Transformator führen. Weiters kommt es durch den starken Erregungsbedarf zu einem hohen Blindleistungsverbrauch und Spannungsabfall. Gemeinsam kann dies zur Instabilität des Energieübertragungsnetzes führen. Stark vereinfacht gesprochen verhält sich der Transformator in einer Halbwelle wie eine Drossel.

[0004] Manche Energieübertragungsunternehmen verlangen daher in der Spezifikation von Transformatoren bereits 100 A Gleichstrom für den Sternpunkt des Transformators.

[0005] Gemäß der WO 2012/041368 A1 wird eine in einer Kompensationswicklung induzierte elektrische Spannung genutzt und für die Kompensation des störenden magnetischen Gleichfluss-Anteils herangezogen, indem ein Thyristorschalter in Serie mit einer Strombegrenzungs-drossel geschaltet wird, um den Kompensationsstrom in die Kompensationswicklung einzubringen. Diese Lösung funktioniert gut für auszugleichende

Gleichströme in einem Bereich, die um eine Größenordnung kleiner sind als geomagnetisch induzierte Ströme, also etwa im Bereich unter 10 A. Für geomagnetisch induzierte Ströme müsste man auf die Mittelspannungsebene gehen, also in den Bereich von etwa 5 oder 8 kV, und leistungsstarke Thyristoren einsetzen. Aufgrund der hohen Verlustleistung derartiger Thyristoren wäre eine eigene Kühlung für die Thyristoren vorzusehen, sodass diese Lösung dann nicht wirtschaftlich wäre.

[0006] Eine andere Lösung für geomagnetisch induzierte Ströme stellt der sogenannte DC Blocker dar, bei dem im Prinzip ein Kondensator in den Sternpunkt des Transformators geschaltet wird. Diese Lösung ist problematisch, weil durch das Aufladen des Kondensators eine Verlagerungsspannung entsteht. Darüber hinaus ist die Verlagerungsspannung am Kondensator begrenzt, sodass in der Regel nicht der gesamte Gleichstrom geblockt werden kann. Problematisch ist diese Lösung auch, wenn es zu einem Kurzschluss im Übertragungsnetz und daher zu Nullströmen kommt.

Darstellung der Erfindung

[0007] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, den Stand der Technik weiterzuentwickeln.

[0008] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhaft Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Kurzbeschreibung der Figur

[0009] Die Erfindung wird anhand von Figuren näher erläutert.

[0010] Es zeigen beispielhaft:

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Lösung mit Transraktor und

Fig.2 ein Ausführungsbeispiel mit steuerbarem Widerstand.

[0011] Bei der sogenannten Gleichstrom-Kompensation wird gezielt Gleichstrom in eine Kompensationswicklung CW eingebracht, um die Gleichstrommagnetisierung des Transformator-kerns aufzuheben. Zum Einbringen der notwendigen magnetischen Durchflutung (der sogenannten Gleichstrom-Amperewindungen) in die Kompensationswicklung CW macht man sich die in der Kompensationswicklung CW induzierte Wechselspannung zunutze, die Kompensationswicklung 1 wirkt wie eine ideale Wechselspannungsquelle.

[0012] An die Kompensationswicklung CW ist eine Diode D1 in Serie mit einer Strombegrenzungs-drossel L geschaltet, mittels welchen die in der Kompensationswicklung CW induzierte Spannung gleichgerichtet wird.

[0013] Der so gewonnene Gleichstrom ist indirekt proportional zur wirksamen Induktivität $I_{DC} \sim 1/L$ der Strombegrenzungs-drossel. Diese ist erfindungsgemäß aus

mittels Halbleiterschaltern $S_1, S_2, \dots, S_n$ schaltbaren Teilinduktivitäten L_1, L_2, L_3, L_4 aufgebaut und weist daher eine einstellbare Induktivität auf. Durch Zu- und Wegschalten von beispielsweise N Teilinduktivitäten kann daher der Gleichstrom in N gleichen Teilschritten (Inkrementen) verändert werden.

[0014] Durch einen zur Strombegrenzungs-drossel L parallel geschalteten Transraktor T , wie er beispielsweise aus der AT 519 338 A1 bekannt ist, kann eine stufenlose Gleichstromstellung erfolgen.

[0015] Gemäß dieser Schrift wird unter einem Transraktor die Kombination von Transduktor und Drossel verstanden.

[0016] Dabei muss der Transraktor nur den N -ten Teil des Gleichstromes stellen und kann wesentlich kompakter gestaltet werden, als dies bei der Lösung nach der AT 519 338 A1 der Fall ist.

[0017] Ein weiterer wesentlicher Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung besteht darin, dass die mittels Strombegrenzungs-drossel L und Diode $D1$ erzeugten Strompulse nur die Grundharmonische und einen Gleichstrommittelwert aufweisen.

[0018] Es entstehen keine weiteren Oberwellen, welche die Wirbelstromverluste beträchtlich erhöhen könnten. Nur der kleine Resttransraktor-Strom zur stufenlosen Steuerung des Gleichstrom-Werts weist höhere harmonische Anteile auf, welche aber wegen der vergleichsweise geringen Stromstärke keine wesentliche Rolle spielen.

[0019] Die Teilinduktivitäten L_1, L_2, L_3, L_4 können z.B. durch Anzapfungen in der Wicklung einer Drossel oder durch getrennte Teildrosseln realisiert werden.

[0020] Da die Bauleistung des Transraktors vergleichsweise gering ist, kann dieser mit günstigen Standardbauteilen realisiert werden. Überdies ist auch die Baugröße des Umrichters zur Beaufschlagung der Sekundärseite des Transraktors reduzierbar. Daher ist es auch möglich, ohne Steuertrafo für Spannungskompensation an der Sekundärseite auszukommen, wodurch der Platzbedarf der erfindungsgemäßen Lösung weiter reduziert wird.

[0021] Wie in Fig.2 dargestellt, umfasst eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung einen steuerbaren Widerstand ES , der anstelle eines Transraktors parallel zur Strombegrenzungs-drossel L zur stufenlosen Einstellung des Gleichstroms geschaltet ist.

[0022] Der Vorteil dieser Lösung liegt in der einfachen Realisierungsmöglichkeit, beispielsweise mittels Feldefektttransistor (FET) sowie in dem vergleichsweise geringen Platzbedarf.

[0023] Die an dem steuerbaren Widerstand ES auftretende Verlustleistung kann vernachlässigt werden, da ja nur der den N -te Teil des Gleichstromes gestellt werden muß.

Bezugszeichenliste

[0024]

CW	Kompensationswicklung
L	Strombegrenzungs-drossel
D1	Diode
T	Transraktor
5 S1, S2, S3, S4	Halbleiterschalter
L1, L2, L3, L4	Teilinduktivitäten
ES	Steuerbarer Widerstand

10 Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur Verringerung eines Gleichfluss-Anteils im weichmagnetischen Kern eines Transformators, mit einer Kompensationswicklung (CW), die mit dem Kern des Transformators magnetisch gekoppelt ist, einem Stromzweig mit einer Diode (D1) und einer in Serie dazu geschalteten Strombegrenzungs-drossel(L), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strombegrenzungs-drossel (L) schaltbar ausgeführt ist und eine mittels Schalter ($S_1, S_2, S_3, \dots, S_N$) einstellbare Induktivität aufweist.
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Transraktor (T) parallel zur Strombegrenzungs-drossel(L)geschaltet ist.
3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein steuerbarer Widerstand (ES) parallel zur Strombegrenzungs-drossel(L)geschaltet ist
4. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wicklung der Strombegrenzungs-drossel (L) mit mehreren Anzapfungen versehen ist, die mit Hilfe von synchronisierten Stufenschaltern (S_1, S_2, S_3, S_4) angesteuert werden.

FIG 1

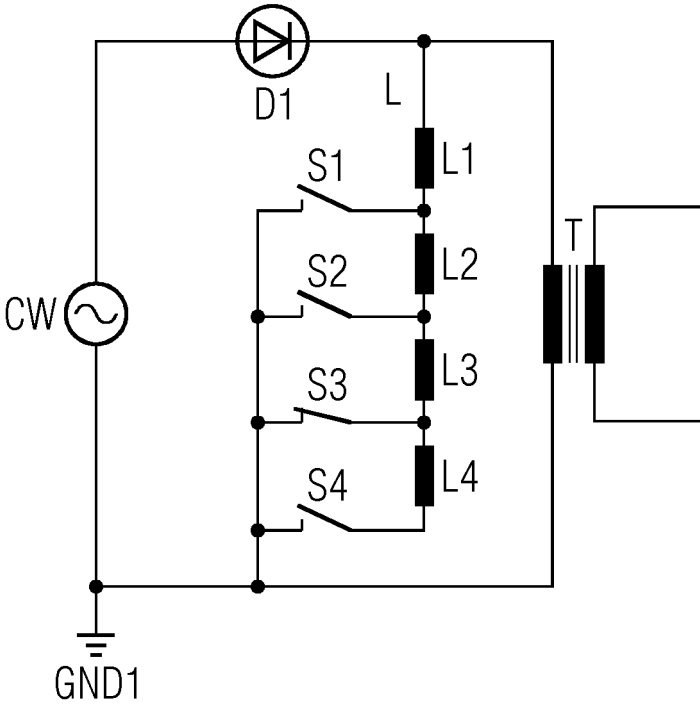
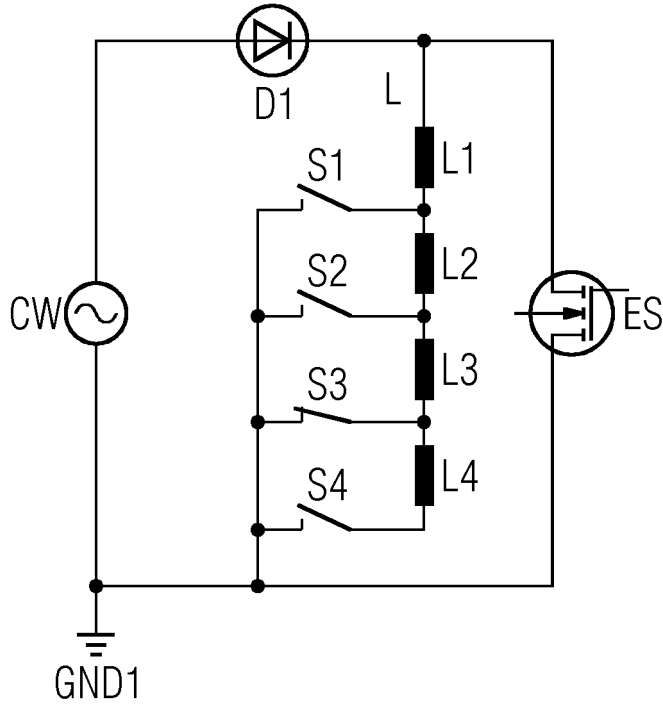


FIG 2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 19 19 4173

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 3 080 821 A1 (SIEMENS AG [DE]) 19. Oktober 2016 (2016-10-19)	1,4	INV. H01F27/42 H01F27/38
A	* Seite 2, Absatz 4 - Seite 5, Absatz 28 * * Seite 6, Absatz 41-43 * * Abbildungen 1-9 * * Ansprüche 1-9 *	2,3	
A	----- EP 3 196 902 A1 (SIEMENS AG [DE]) 26. Juli 2017 (2017-07-26) * Zusammenfassung * * Seite 4, Absatz 20 - Seite 7, Absatz 50; Abbildungen 1-3 *	1-4	
A	----- DE 40 21 860 A1 (SIEMENS AG [DE]) 16. Januar 1992 (1992-01-16) * Spalte 2, Zeilen 17-68; Abbildungen 1,2 *	1-4	
A	----- DE 27 23 767 A1 (MESSER GRIESHEIM GMBH) 30. November 1978 (1978-11-30) * Seite 2, Absatz 2 - Seite 6, letzter Absatz; Abbildungen 1-4 *	1-4	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) H01F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 20. Februar 2020	Prüfer Kardinal, Ingrid
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 : mündliche 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 19 19 4173

5 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.

20-02-2020

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
15	EP 3080821	A1	19-10-2016	CA	2930845 A1	18-06-2015
				CN	105793935 A	20-07-2016
				EP	3080821 A1	19-10-2016
				US	2016300662 A1	13-10-2016
				WO	2015086048 A1	18-06-2015
20	EP 3196902	A1	26-07-2017	CA	2953743 A1	25-07-2017
				CN	106997805 A	01-08-2017
				EP	3196902 A1	26-07-2017
				US	2017213641 A1	27-07-2017
25	DE 4021860	A1	16-01-1992	KEINE		
	DE 2723767	A1	30-11-1978	KEINE		

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

- WO 2012041368 A1 [0005]
- AT 519338 A1 [0014] [0016]