



(11)

EP 2 897 141 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
12.06.2019 Patentblatt 2019/24

(51) Int Cl.:
H01F 27/28 ^(2006.01) **H01F 27/32** ^(2006.01)
H01F 27/34 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14195813.2**

(22) Anmeldetag: **02.12.2014**

(54) Induktiver Spannungswandler

Inductive voltage transformer

Convertisseur de tension inductif

(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

(30) Priorität: **11.12.2013 DE 102013225655**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.07.2015 Patentblatt 2015/30

(73) Patentinhaber:
• **RITZ Instrument Transformers GmbH**
22041 Hamburg (DE)
• **Technische Universität Dresden**
01069 Dresden (DE)
• **Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover**
30167 Hannover (DE)

(72) Erfinder:
• **Schegner Peter**
01259 Dresden (DE)
• **Däumling Holger**
22885 Barsbüttel (DE)
• **Hofmann Lutz**
30659 Hannover (DE)
• **Buchhagen Christoph**
30159 Hannover (DE)

- **Grambow Ingmar**
22927 Großhansdorf (DE)
- **Heuck Klaus**
22149 Hamburg (DE)
- **Reiß Matthias**
01689 Weinböhla (DE)
- **Elst Michael**
01920 Elstra (DE)
- **Karsten Ihde**
01108 Dresden (DE)
- **Henze Christian**
01217 Dresden (DE)
- **Meiners Christian**
28211 Bremen (DE)
- **Schulze Roberto**
02979 Spreetal (DE)

(74) Vertreter: **Glawe, Delfs, Moll**
Partnerschaft mbB von
Patent- und Rechtsanwälten
Postfach 13 03 91
20103 Hamburg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1-102012 205 784 GB-A- 553 596

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 897 141 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft induktive Spannungswandler zur Übertragung von Oberschwingungen aus Nieder- und Mittelspannungsnetzen.

[0002] In den elektrischen Energieversorgungsnetzen, insbesondere in Nieder- und Mittelspannungsnetzen (bis 1 kV bzw. zwischen 1 kV und 75 kV) treten vermehrt Oberschwingungen auf. Diese Oberschwingungen werden vorwiegend von regenerativen Erzeugungsanlagen und Abnehmern mit Frequenzumrichtern verursacht und beeinträchtigen die sog. "Power Quality" bzw. Spannungsqualität eines Energieversorgungsnetzes negativ. Um eine gewünschte Spannungsqualität in einem Energieversorgungsnetz zu gewährleisten, ist es zunächst erforderlich, die tatsächlich vorhandene Spannungsqualität zu ermitteln.

[0003] Oberschwingungen können durch einen THD-Wert ("Total harmonic distortion" bzw. "gesamte harmonische Verzerrung") quantifiziert werden. Der THD ist definiert als das Verhältnis des Effektivwertes der Summe aller Oberschwingungsanteile zum Effektivwert der Grundschwingung und lässt sich wie folgt berechnen:

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots + U_n^2}}{U_1}$$

[0004] In dieser Berechnung bedeutet U_n die Effektivwert-Spannung U_{eff} der harmonischen Oberschwingungen n mit $n > 1$ bzw. der Grundschwingung $n=1$.

[0005] Der Anteil an Oberschwingungen bzw. der THD-Wert muss für eine akzeptable Spannungsqualität gemäß den geltenden VDE- und IEC-Bestimmungen in Nieder- und Mittelspannungsnetzen im Frequenzbereich bis 2,5 kHz unter 0,08 liegen. Darüber hinaus wird empfohlen, dass der THD-Wert im Frequenzbereich zwischen 2,5 kHz und 9 kHz die Grenze von 0,002 nicht überschreitet. Es gelten für die einzelnen Oberschwingungen ebenfalls individuelle Werte, die eingehalten werden müssen. Um die Einhaltung dieser Grenzen zu überprüfen, sollen vorzugsweise Spannungswandler mit nachgeschalteten Messeinrichtungen zum Einsatz kommen.

[0006] Mit Spannungswandlern soll die Nieder- und Mittelspannung aus dem Energieversorgungsnetz derart herabgesetzt werden, dass für niedrige Spannungen ausgelegte und damit kostengünstige Messeinrichtungen zum Einsatz kommen können, um Spannung oder Spannungsverläufe in einem Nieder- oder Mittelspannungsnetz zu messen. Aus den Ergebnissen der Messeinrichtungen, die hinter einem Spannungswandler angeordnet sind, lassen sich Rückschlüsse auf die Verhältnisse im jeweiligen Nieder- oder Mittelspannungsnetz ziehen, insbesondere auch hinsichtlich der Spannungsqualität.

[0007] Grundsätzlich sind als Spannungswandler induktive Spannungswandler bekannt. Diese funktionieren nach dem Prinzip des Transformators. Entsprechende Spannungswandler besitzen jedoch grundsätzlich Eigenschwingungen im für die Oberschwingungen in Nieder- und Mittelspannungsnetzen relevanten Frequenzbereich, welche die Übertragung im Spannungswandler stören. So kann beispielsweise ein induktiver 20-kV-Spannungswandler gemäß dem Stand der Technik Eigenschwingungen im Frequenzbereich von 2 kHz bis 15 kHz aufweisen, wobei das Übersetzungsverhältnis des Spannungswandlers bereits ab 1,5 kHz so stark beeinflusst sein kann, dass eine Messung der Oberschwingungen mithilfe eines entsprechenden Spannungswandlers nicht möglich ist. Es kommt also im Prinzip zu einer Begrenzung des Frequenzbands, wodurch nur Frequenzen unter 1,5 kHz akzeptabel übertragen werden können. Eine Bestimmung von Oberschwingungen in einem Nieder- oder Mittelspannungsnetz über 1,5 kHz ist mit einem induktiven Spannungswandler gemäß dem Stand der Technik daher nicht oder nur eingeschränkt möglich. Für die Überprüfung der THD-Werte in Nieder- und Mittelspannungsnetzen gilt das Gleiche.

[0008] Um Oberschwingungen in Nieder- oder Mittelspannungsnetzen ausreichend genau messen zu können, wird grundsätzlich gefordert, dass dafür vorgesehene Spannungswandler zumindest bis 2,5 kHz ein konstantes Übertragungsverhalten aufweisen. Weiterhin wird empfohlen, dass die Spannungswandler auch bis zu 9 kHz ein konstantes Übertragungsverhalten aufweisen. Dabei werden maximale Fehler kleiner als 5% erwünscht.

[0009] Um ein entsprechendes Übertragungsverhalten zu erreichen wurde im Stand der Technik versucht, ohmsch-kapazitive Teiler oder elektronische Messsysteme, die z.B. auf dem Faraday-Effekt beruhen, einzusetzen. Auch wurde erforscht, ob die störenden Eigenschwingungen eines induktiven Spannungswandlers durch parallel geschaltete Kondensatoren an der Stirnseite der Primärspule in Höhe der Mitte der Spule reduziert werden können. Infolge aktiver Elemente und/oder schnell alternender Kondensatoren sind diese Varianten jedoch alle sehr wartungsintensiv, benötigen teilweise Laborbedingungen und stellen hohe Anforderungen an die Spannungsfestigkeit. Diese machen den Einsatz in Schaltanlagen unpraktikabel oder gar unmöglich.

[0010] DE 10 2012 205 784 A1 offenbart einen Spannungswandler gemäß Oberbegriff von Anspruch 1.

[0011] GB 553,596 offenbart eine Induktivitätsvorrichtung (z.B. eine Drosselspule oder einen Transformator) für Kommunikationssysteme mit Maßnahmen zur Kapazitätsanpassung zur Reduktion von Irregularitäten der Impedanz oberhalb

der Resonanzfrequenz.

[0012] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen wartungsarmen Spannungswandler zu schaffen, der ausgebildet ist, die Oberschwingungen in Nieder- oder Mittelspannungsnetzen derart übertragen zu können, so dass die Oberschwingungen mit einer nachgeschalteten Messeinrichtung zur Bestimmung der Spannungsqualität im Nieder- oder Mittelspannungsnetz ausreichend genau erfasst werden können.

[0013] Gelöst wird diese Aufgabe durch einen Spannungswandler gemäß dem Hauptanspruch. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0014] Zunächst werden einige in Zusammenhang mit der Erfindung verwendete Begriffe erläutert:

Bei einer "Doppellage" handelt es sich um ein Wicklungspaar einer Spule, bei dem die beiden Wicklungen einen entgegengesetzten Wicklungssinn aufweisen. Die eine Wicklung ist dabei in einer ersten Lage ausgehend von einem Wicklungsanfang in einer gegenüber dem Spulenkern ersten Richtung gewickelt. Am Wicklungsende geht der Spulendraht von der ersten Lage direkt in eine zweite Lage über, die in die Richtung entgegengesetzt zur Richtung der ersten Lage gewickelt ist. Die zweite Lage ist also so gewickelt, dass der Spulendraht vom Wicklungsende wieder zum Wicklungsanfang zurückläuft.

[0015] Die Primärspule weist Wicklungen in einer Mehrzahl von Doppellagen auf. Die innenliegenden und damit dem Spulenkern nächstliegenden Doppellagen bilden dabei die "untere Spulenhälfte", die daran anschließenden außen liegenden und vom Spulenkern weiter entfernten Doppellagen bilden die "obere Spulenhälfte". Die Anzahl der Doppellagen in der unteren sowie in der oberen Spulenhälfte sind bei einer geraden Gesamtanzahl der Doppellagen gleich. Bei einer ungeraden Gesamtanzahl der Doppellagen weist eine der beiden Spulenhälften eine Doppellage mehr auf als die andere. Alternativ kann bei einer ungeraden Gesamtanzahl der Doppellagen die in der Mitte befindliche Doppellage außenvorgelassen werden, so dass zwei Spulenhälften mit identischer Anzahl an Doppellagen und einer einzelnen dazwischenliegenden Doppellage vorliegen.

[0016] Die beiden Lagen einer Doppellage können einen über die gesamte Länge der Spule konstanten Abstand zueinander aufweisen. Es ist aber auch möglich, dass sich der Abstand zwischen den beiden Lagen einer Doppellage abschnittsweise ändert. Eine entsprechende abschnittsweise Änderung des Abstandes zweier Lagen liegt bspw. vor bei einer Segmentwicklung. Zumindest im Sinne der vorliegenden Erfindung ist eine Segmentwicklung auch eine Wicklung, die als eine Mehrzahl von Doppellagen - wenn auch mit nicht-konstanten Abstand zwischen den Lagen einer Doppellage - ausgeführt ist. Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Primärspule eines induktiven Spannungswandlers ein vorteilhaftes, nahezu lineares Übertragungsverhalten in einem breiten Frequenzbereich ausgehend von und größer als 0 Hz erreicht wird. Insbesondere kann ein nahezu lineares Übertragungsverhalten über einen breiteren Frequenzbereich im Vergleich zu gewöhnlichen induktiven Spannungswandlern erreicht werden.

[0017] Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Primärspule eines induktiven Spannungswandlers wird nämlich erreicht, dass sich die Nullstelle der ersten Resonanz hinter den ersten Pol verschiebt. Es liegt dann eine leichte Überkompensation vor, die in einem weiten Frequenzbereich ausgehend von 0 Hz ein nahezu lineares Übertragungsverhalten zur Folge hat. Insbesondere kann das Übertragungsverhalten in dem genannten Frequenzbereich einen Fehler von weniger als 5% aufweisen.

[0018] Bei gewöhnlichen Spulen ist die wirksame Kapazität der Doppellagen in der oberen Spulenhälfte aufgrund der geometrischen Gegebenheiten einer Spule grundsätzlich größer als die wirksame Kapazität der Doppellagen in der unteren Spulenhälfte. Für die Kapazität einer Doppellage einer Spule gilt in grober Näherung

$$C_i = \varepsilon_i \frac{2\pi r_i l_i}{d_i} \text{ mit } i = 1, 2 \dots N$$

wobei darin C_i die Kapazität der i-ten Doppellage einer Spule mit N Doppellagen, ε_i die Dielektrizitätskonstante der i-ten Doppellage, r_i den Radius der i-ten Doppellage, l_i die Wickellänge der i-ten Doppellage und d_i den Abstand zwischen den beiden Lagen der i-ten Doppellage beschreibt.

[0019] Da bei gewöhnlichen Spulen die Wickellänge, die Dielektrizitätskonstante und der Abstand zwischen den beiden Lagen einer Doppellage konstant sind (bspw. aufgrund der Verwendung eines bestimmten Lagenpapiers in allen Doppellagen) ergibt sich für die wirksame Kapazität der Doppellagen in der unteren Spulenhälfte (C_{USH}) - d. h. der Doppellagen 1 bis N/2 - einer gewöhnlichen Spule

$$C_{OSH, \text{gewöhnliche Spule}} > C_{USH, \text{gewöhnliche Spule}}$$

[0020] Bei einer gewöhnlichen Spule gilt also, dass die wirksame Kapazität der Doppellagen in der oberen Spulenhälfte

(C_{OSH}) größer als die wirksame Kapazität der Doppellagen in der unteren Spulenhälfte (C_{USH}) ist.

[0021] Die Erfindung hat erkannt, dass sich durch eine Veränderung des Verhältnisses der wirksamen Kapazität der Spulenhälften der Primärspule eines induktiven Spannungswandlers zu

5

$$C_{USH} \geq C_{OSH}$$

das gewünschte vorteilhafte Übertragungsverhalten des Spannungswandlers bzw. die oben beschriebene Überkompensation zur Folge hat.

[0022] Das erfindungsgemäße Verhältnis der wirksamen Kapazität der Spulenhälften der Primärspule, so dass die summierte Kapazität der Doppellagen der unteren Spulenhälfte größer als oder gleich zur wirksamen Kapazität der Doppellagen der oberen Spulenhälfte ist, lässt sich durch eine Anpassung der Kapazitäten der einzelnen Doppellagen der Spulen erreichen. Während der Radius der einzelnen Doppellagen r_i durch die geometrische Form der Spule praktisch vorgegeben ist, lässt sich insbesondere die Dielektrizitätskonstante ϵ_i und der Abstand d_i zwischen den beiden Lagen der einzelnen Doppellagen derart anpassen, dass das gewünschte Verhältnis der wirksamen Kapazitäten der beiden Spulenhälften erreicht wird.

[0023] Dazu wird bei wenigstens einer Doppellage der unteren Spulenhälfte die Dielektrizitätskonstante der Isolation vorzugsweise möglichst groß und/oder der Abstand der beiden Lagen wenigstens einer Doppellage in der unteren Spulenhälfte möglichst klein gewählt. Weiter bevorzugt ist es, wenn bei allen Doppellagen der unteren Spulenhälfte die Dielektrizitätskonstante der Isolation möglichst groß und/oder der Abstand der beiden Lagen der Doppellagen jeweils möglichst klein gewählt wird. Dabei sollen die sonstigen technischen Randbedingungen nicht verletzt werden. So müssen bspw. zur Vermeidung von Durchschlägen minimale Dicken für ein gegebenes Isolationsmaterial eingehalten werden, um die notwendige Isolation zu gewährleisten.

[0024] Bei der oberen Spulenhälfte wird bevorzugt die Dielektrizitätskonstante der Isolation wenigstens einer Doppellagenwicklung möglichst nah an 1 und/oder der Abstand der beiden Lagen wenigstens einer Doppellage in der oberen Spulenhälfte möglichst groß gewählt. Weiter bevorzugt ist es, wenn bei allen Doppellagen der oberen Spulenhälfte die Dielektrizitätskonstante der Isolation möglichst nah an 1 und/oder der Abstand der beiden Lagen der Doppellagen jeweils möglichst groß gewählt wird. Dabei sollen die sonstigen technischen Randbedingungen nicht verletzt werden. So muss bspw. darauf geachtet werden, dass die Feldstärken im Bereich der oberen Spulenhälften und/oder die Doppellagenspannung einer Doppellage in der oberen Spulenhälfte einen, vom Material der Spule abhängigen Maximalwert nicht überschreiten.

[0025] Durch eine entsprechende Anpassung der Kapazitäten der einzelnen Doppellagen der Primärspule kann das gewünschte Verhältnis der wirksamen Kapazitäten der beiden Spulenhälften erreicht werden.

[0026] Der gewünschte große Abstand zwischen den beiden Lagen einer Doppellage in der oberen Spulenhälfte kann vorzugsweise erreicht werden, indem zwischen den beiden Lagen einer Doppellage in der oberen Spulenhälfte zwei oder mehr Lagenpapiere eingeschoben sind. Es kann so auf einfache Weise die Kapazität einer Doppellage in der oberen Spulenhälfte unter Verwendung des Lagenpapiers, welches auch in der unteren Spulenhälfte verwendet wird, verringert werden. So kann bspw. bei einem erfindungsgemäßen Spannungswandler die Primärspule insgesamt 67 Doppellagen aufweisen, wobei die inneren Doppellagen 1 bis 33 - also die untere Spulenhälfte - eine einfache Isolation durch jeweils ein Lagenpapier und die äußeren Doppellagen 34 bis 67 eine dreifache Isolation mit jeweils drei Lagenpapieren aufweisen. Die einzelnen Lagenpapiere können dabei jeweils die gleiche Stärke aufweisen und insbesondere aus dem gleichen Dielektrikum sein. Ein erfindungsgemäßer Spannungswandler und insbesondere die Primärspule kann im Übrigen - trotz des verbesserten Übertragungsverhaltens - die gleiche Formgebung aufweisen, wie ein induktiver Spannungswandler gemäß dem Stand der Technik. Diese mögliche Konturerhaltung des Spannungswandlers ist besonders vorteilhaft bei dem Austausch von induktiven Spannungswandlern gemäß dem Stand der Technik durch erfindungsgemäße Spannungswandler.

[0027] Es ist bevorzugt, wenn die Primärspule und/oder die wenigstens eine Sekundärspule aus Kupferlackdraht gewickelt sind. Vorzugsweise ist der Kern aus dünnen Eisenblechen und/oder aus nanokristallinen oder amorphen Werkstoffen.

[0028] Die Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beispielhaft beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen induktiven Spannungswandlers; und

Figur 2 das Übertragungsverhalten eines gewöhnlichen induktiven Spannungswandlers und eines induktiven Spannungswandlers gemäß Figur 1.

[0029] In Figur 1 ist ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen induktiven Spannungswandlers 1 dargestellt. Der Spannungswandler 1 umfasst eine Primärspule 10, eine Sekundärspule 20 und einen Spulenkern 30. Die Sekundärspule 20 ist um den Spulenkern 30 angeordnet, während die Primärspule 10 um die Sekundärspule 20 angeordnet ist. Die Primärspule 10 weist Anschlüsse zum Anschluss an ein Energieversorgungsnetz auf. Die Sekundärspule 20 weist Anschlüsse zum Anschluss an eine Messeinrichtung auf. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die genannten Anschlüsse und die Messeinrichtung in Figur 1 nicht dargestellt. Es ist auch möglich, mehr als eine Sekundärspule 20 vorzusehen, wobei die einzelnen Sekundärspulen 20 dann jeweils mit unterschiedlichen Messeinrichtungen verbunden sein können.

[0030] Die Wicklungen der Primärspule 10 sind als eine Mehrzahl von Doppellagen 11 ausgeführt. In der schematischen Darstellung gemäß Figur 1 sind die einzelnen Doppellagen 11 durch die gestrichelten Linien voneinander getrennt und von $i=1$ bis $i=N$ durchnummeriert, wobei $i=1$ die innenliegendste Doppellage 11 und $i=N$ die außenliegendste Doppellage 11 der Primärspule 10 bezeichnet. Im dargestellten Ausführungsbeispiel gilt aus Gründen der Übersichtlichkeit $N=6$.

[0031] Die Primärspule 10 ist in eine untere Spulenhälfte 12 und eine obere Spulenhälfte 13 unterteilt, wobei die beiden Spulenhälften 12, 13 jeweils dieselbe Anzahl an Doppellagen 11 umfassen. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die wirksame Kapazität der Doppellagen 11 der unteren Spulenhälften 12 größer oder gleich zur wirksamen Kapazität der Doppellagen 11 der oberen Spulenhälfte 13 ist.

[0032] Für die Kapazität einer Doppellage 11 einer Spule gilt dabei in grober Näherung

$$C_i = \varepsilon_i \frac{2\pi r_i l_i}{d_i} \text{ mit } i = 1, 2 \dots N$$

wobei darin C_i die Kapazität der i -ten Doppellage 11 einer Spule mit N Doppellagen, ε_i die Dielektrizitätskonstante der i -ten Doppellage, r_i den Radius der i -ten Doppellage, l_i die Wickellänge der i -ten Doppellage und d_i den Abstand zwischen den beiden Lagen der i -ten Doppellage beschreibt.

[0033] Die Größen r_i , d_i und l_i sind in Figur 1 beispielhaft für eine der Doppellagen 11 der Primärspule dargestellt.

[0034] Bei dem Ausführungsbeispiel aus Figur 1 wird durch geeignete Wahl der Dielektrizitätskonstanten ε_i und der Abstände d_i der einzelnen Doppellagen 11 erreicht, dass die wirksame Kapazität der Doppellagen der unteren Spulenhälfte 12 größer ist als die wirksame Kapazität der Doppellagen der oberen Spulenhälfte 13, d. h.

$$C_{USH} \geq C_{OSH}$$

[0035] Dazu sind die Abstände d_i bei den Doppellagen 11 der oberen Spulenhälfte 13 größer als bei den Doppellagen 11 der unteren Spulenhälfte 12. Gleichzeitig ist die Dielektrizitätskonstante ε_i bei den Doppellagen 11 der unteren Spulenhälfte 12 möglichst groß, während sie bei den Doppellagen 11 der oberen Spulenhälfte 13 möglichst nahe an 1 ist.

[0036] In Figur 2 werden die Vorteile eines induktiven Spannungswandlers 1 gemäß Figur 1 gegenüber eines gewöhnlichen induktiven Spannungswandlers deutlich. Als gewöhnlicher induktiver Spannungswandler wird dabei ein Spannungswandler bezeichnet, bei dem die Primärspule gewöhnlich aufgebaut ist, d. h. bei der insbesondere die Dielektrizitätskonstante ε_i und der Abstand d_i zwischen den beiden Lagen einer Doppellage für jede Doppellage der Spule gleich ist.

[0037] Bei dem in Figur 2 links dargestellten gewöhnlichen induktiven Spannungswandler bleibt der Phasengang in einem weiten, von 0 Hz ausgehenden Frequenzbereich (bis ca. 12 kHz) nahezu konstant. Im Amplitudengang über denselben Frequenzbereich werden jedoch bereits ab ca. 2 kHz deutliche Verzerrungen sichtbar. Aufgrund dieser Verzerrungen ist ein gewöhnlicher induktiver Spannungswandler für die Bestimmung der Spannungsqualität in einem Energieversorgungsnetz, insbesondere einem Nieder- oder Mittelspannungsnetz, nicht bzw. nur bedingt geeignet.

[0038] Bei einem Spannungswandler gemäß Figur 1, dessen Amplituden- und Phasengang rechts in Figur 2 dargestellt sind, ist der Phasengang ebenfalls in einem weiten, von 0 Hz ausgehenden Frequenzbereich (bis ca. 12 kHz) nahezu konstant. Gegenüber eines gewöhnlichen Spannungswandlers ist jedoch auch der Amplitudengang bis zu einer Frequenz von ca. 11 kHz nahezu konstant. Aufgrund dieses vorteilhaften Übertragungsverhaltens ist der Spannungswandler gemäß Figur 1 für die Bestimmung der Spannungsqualität in einem Energieversorgungsnetz und insbesondere auch in einem Nieder- oder Mittelspannungsnetz gut geeignet.

Patentansprüche

1. Spannungswandler (1) zur Übertragung von Oberschwingungen aus Nieder- oder Mittelspannungsnetzen, um die

Spannungsqualität in einem Nieder- oder Mittelspannungsnetz bestimmen zu können, umfassend eine Primärspule (10), wenigstens eine Sekundärspule (20) und einen Spulenkern (30), wobei die wenigstens eine Sekundärspule (20) um den Spulenkern (30) und die Primärspule (10) um die wenigstens eine Sekundärspule (20) angeordnet ist, wobei die Wicklungen der Primärspule als eine Mehrzahl von Doppellagen (11) ausgeführt sind, wobei eine Doppellage (11) ein Wicklungspaar der Primärspule (10) ist, dessen beiden Wicklungen einen zueinander entgegengesetzten Wicklungssinn aufweisen, wobei die Primärspule eine untere Spulenhälfte (12), die durch die innenliegenden und damit dem Spulenkern (30) nächstliegenden Doppellagen (11) gebildet ist, und eine obere Spulenhälfte (13), die durch die außenliegenden und vom Spulenkern (30) weiter entfernten Doppellagen (11) gebildet ist, aufweist **dadurch gekennzeichnet, dass** die wirksame summierte Kapazität der Doppellagen (11) der unteren Spulenhälfte (12) größer als oder gleich zur wirksamen summierten Kapazität der Doppellagen (11) der oberen Spulenhälfte (13) ist, sodass ein nahezu lineares Übertragungsverhalten in einem breiten Frequenzbereich ausgehen von und größer als 0 Hz erreicht wird.

2. Spannungswandler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dielektrizitätskonstante (ϵ_i) der Isolation zwischen den beiden Lagen wenigstens einer der Doppellagen (11) in der unteren Spulenhälfte (12) möglichst groß und/oder der Abstand (d_i) der beiden Lagen wenigstens einer der Doppellagen (11) in der unteren Spulenhälfte (12) möglichst klein ist.

3. Spannungswandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dielektrizitätskonstante (ϵ_i) der Isolation zwischen den beiden Lagen wenigstens einer der Doppellagen (11) in der oberen Spulenhälfte (13) möglichst nah an 1 und/oder der Abstand (d_i) der beiden Lagen wenigstens einer der Doppellagen (11) in der oberen Spulenhälfte (13) möglichst groß ist.

4. Spannungswandler nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen den beiden Lagen wenigstens einer der Doppellagen (11) in der oberen Spulenhälfte (13) zwei oder mehr Lagenpapiere eingeschoben sind.

5. Spannungswandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Primärspule (10) und/oder die wenigstens eine Sekundärspule (20) aus Kupferlackdraht gewickelt sind.

6. Spannungswandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Spulenkern (30) aus dünnen Eisenblechen und/oder aus nanokristallinen oder amorphen Werkstoffen ist.

Claims

1. Voltage converter (1) for transmitting harmonics from low- or medium-voltage networks in order to be able to determine the voltage quality in a low- or medium-voltage network, comprising a primary coil (10), at least one secondary coil (20) and one coil core (30), wherein the at least one secondary coil (20) is arranged around the coil core (30) and the primary coil (10) is arranged around the at least one secondary coil (20), wherein the windings of the primary coil are designed as a plurality of double layers (11), wherein a double layer (11) is a pair of windings of the primary coil (10), the two windings of the said pair of windings having an opposite winding sense in relation to one another, wherein the primary coil has a lower coil half (12), which is formed by the inner double layers (11) which are therefore closest to the coil core (30), and an upper coil half (13), which is formed by the outer double layers (11) which are further remote from the coil core (30), **characterized in that** the effective summed capacitance of the double layers (11) of the lower coil half (12) is greater than or equal to the effective summed capacitance of the double layers (11) of the upper coil half (13), with the result that a virtually linear transmission behaviour is achieved in a wide frequency range starting from and greater than 0 Hz.

2. Voltage converter according to Claim 1, **characterized in that** the dielectric constant (ϵ_i) of the insulation between the two layers of at least one of the double layers (11) in the

lower coil half (12) is as large as possible and/or the distance (d_i) between the two layers of at least one of the double layers (11) in the lower coil half (12) is as small as possible.

3. Voltage converter according to either of the preceding claims,

characterized in that

the dielectric constant (ϵ_i) of the insulation between the two layers of at least one of the double layers (11) in the upper coil half (13) is as close to 1 as possible and/or the distance (d_i) between the two layers of at least one of the double layers (11) in the upper coil half (13) is as large as possible.

4. Voltage converter according to Claim 3,

characterized in that

two or more layering papers are inserted between the two layers of at least one of the double layers (11) in the upper coil half (13).

5. Voltage converter according to one of the preceding claims,

characterized in that

the primary coil (10) and/or the at least one secondary coil (20) are wound from enamelled copper wire.

6. Voltage converter according to one of the preceding claims,

characterized in that

the coil core (30) is composed of thin iron sheets and/or of nanocrystalline or amorphous materials.

Revendications

1. Convertisseur de tension (1) destiné à transmettre des harmoniques issues de réseaux à basse ou à moyenne tension afin de pouvoir déterminer la qualité de la tension dans un réseau à basse ou à moyenne tension, comprenant une bobine primaire (10), au moins une bobine secondaire (20) et un noyau de bobine (30), l'au moins une bobine secondaire (20) étant disposée autour du noyau de bobine (30) et la bobine primaire (10) autour de l'au moins une bobine secondaire (20), les enroulements de la bobine primaire étant réalisés sous la forme d'une pluralité de doubles couches (11), une double couche (11) étant une paire d'enroulements de la bobine primaire (10) dont les deux enroulements possèdent un sens d'enroulement mutuellement inverse, la bobine primaire possédant une moitié de bobine inférieure (12), qui est formée par les doubles couches (11) les plus à l'intérieur et ainsi les plus proches du noyau de bobine (30), et une moitié de couche supérieure (13), qui est formée par les doubles couches (11) extérieures et les plus éloignées du noyau de bobine (30),

caractérisé en ce que

la capacité totale effective des doubles couches (11) de la moitié de bobine inférieure (12) est égale ou supérieure à la capacité totale effective des doubles couches (11) de la moitié de bobine supérieure (13), de sorte qu'un régime de transmission presque linéaire dans une large plage de fréquence à partir de et supérieure à 0 Hz est atteint.

2. Convertisseur de tension selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la constante diélectrique (ϵ_i) de l'isolation entre les deux couches d'au moins l'une des doubles couches (11) dans la moitié de bobine inférieure (12) est la plus élevée possible et/ou l'écart (d_i) entre les deux couches d'au moins l'une des doubles couches (11) dans la moitié de bobine inférieure (12) est le plus faible possible.

3. Convertisseur de tension selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la constante diélectrique (ϵ_i) de l'isolation entre les deux couches d'au moins l'une des doubles couches (11) dans la moitié de bobine supérieure (13) est la plus proche possible de 1 et/ou l'écart (d_i) entre les deux couches d'au moins l'une des doubles couches (11) dans la moitié de bobine supérieure (13) est le plus grand possible.

4. Convertisseur de tension selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** deux papiers intercouche ou plus sont insérés entre les deux couches d'au moins l'une des doubles couches (11) dans la moitié de bobine supérieure (13).

5. Convertisseur de tension selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la bobine primaire (10) et/ou l'au moins une bobine secondaire (20) sont enroulée à partir d'un fil de cuivre émaillé.

6. Convertisseur de tension selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le noyau de bobine (30) est constitué de tôles en fer minces et/ou de nanocristaux ou de matériaux amorphes.

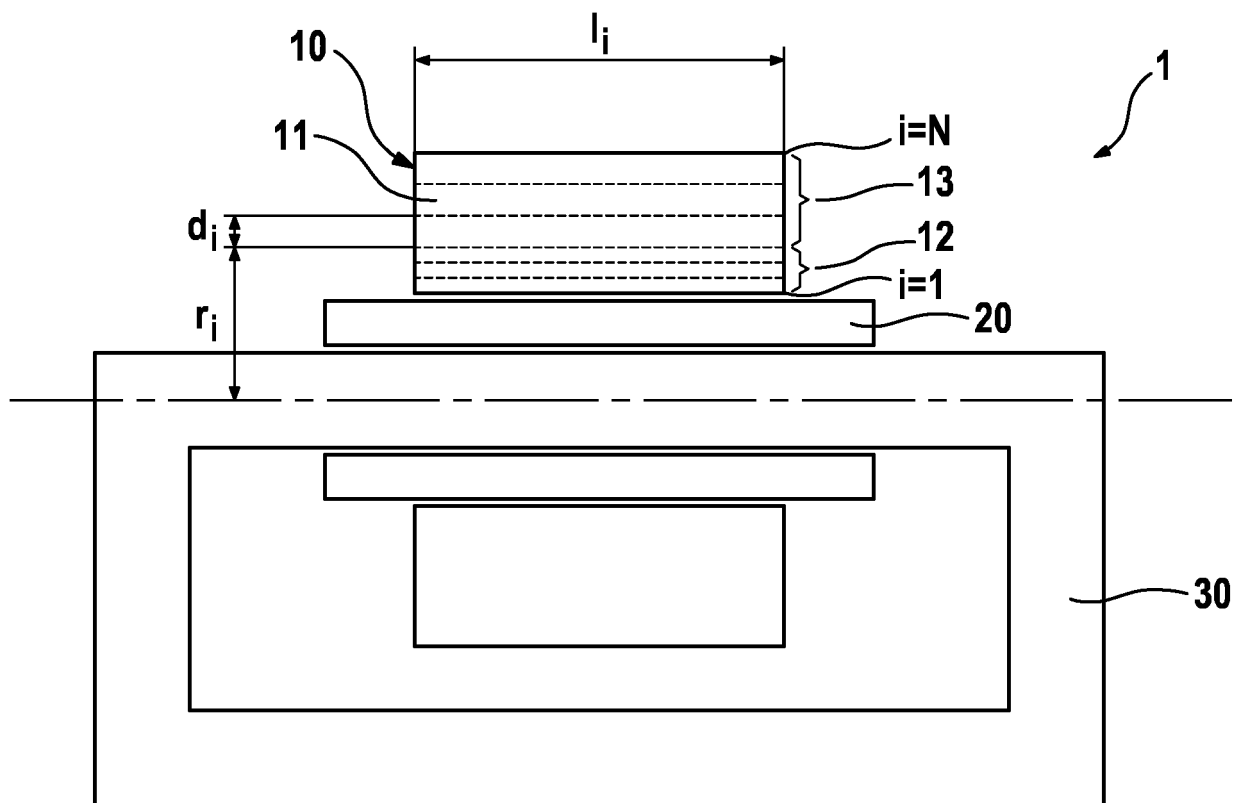
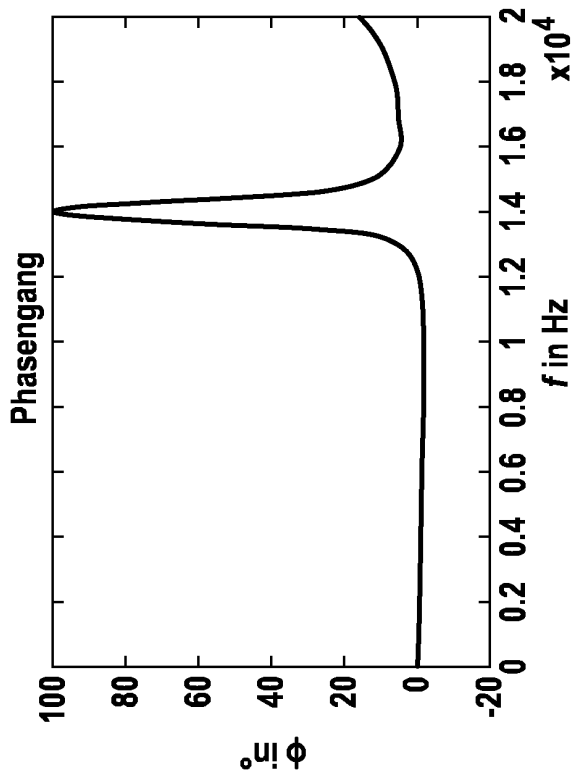
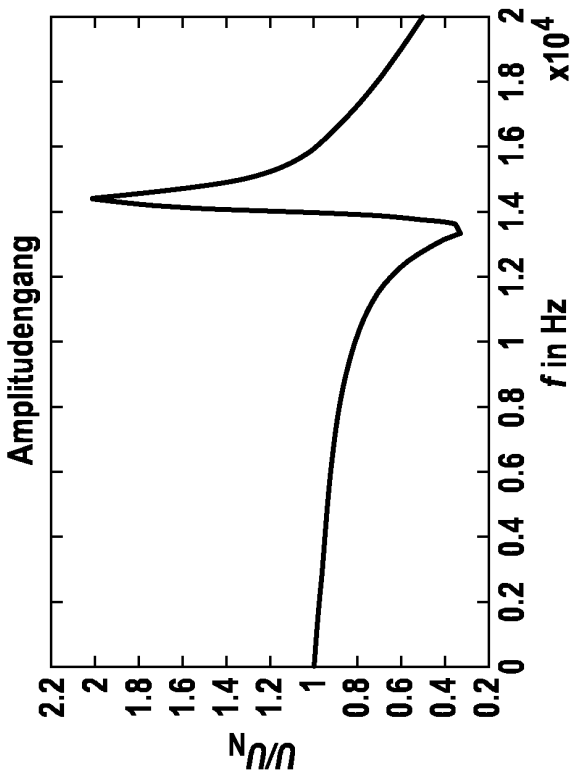
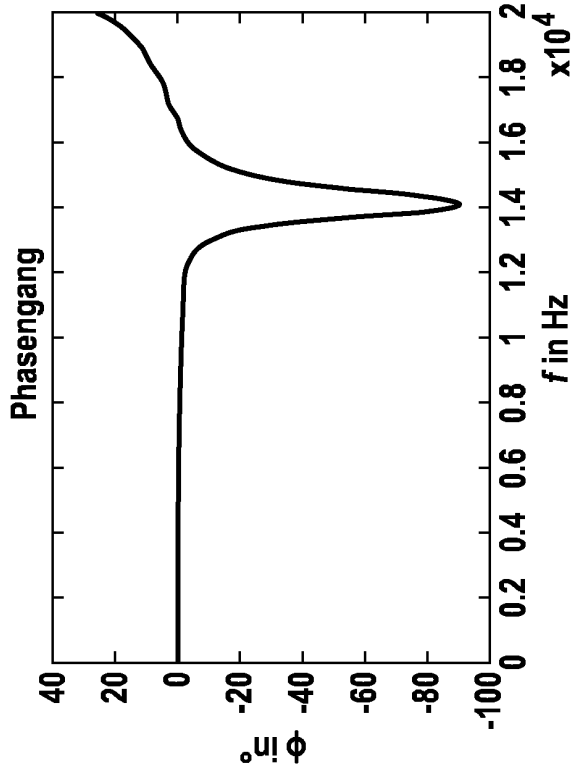
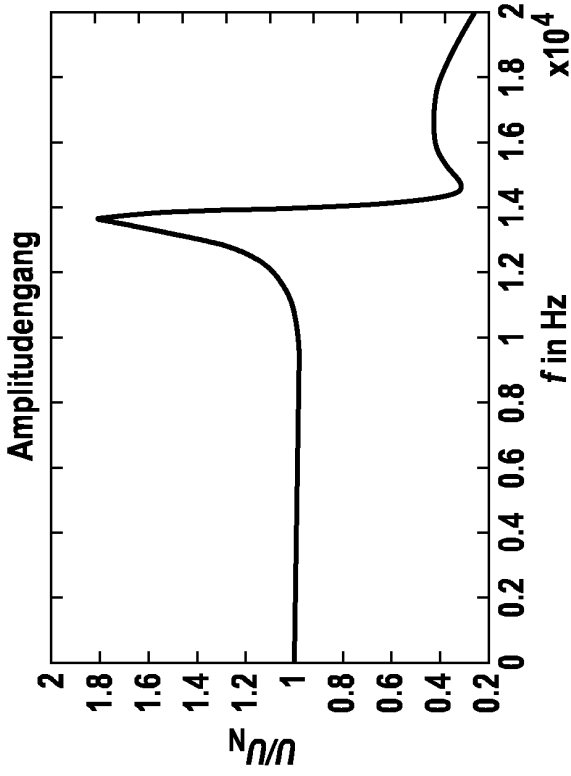


Fig. 1

Fig. 2



(gewöhnlicher induktiver Spannungswandler)



(induktiver Spannungswandler gemäß Figur 1)

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 102012205784 A1 [0010]
- GB 553596 A [0011]