



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
22.07.2015 Patentblatt 2015/30

(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**

(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

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

(71) Anmelder:
• **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
Rothenbaumchaussee 58
20148 Hamburg (DE)

(54) **Induktiver Spannungswandler**

(57) Die Erfindung betrifft einen Spannungswandler (1) umfassend eine Primärspule (10) mit einer unteren Spulenhälfte (12) und einer oberen Spulenhälfte (13), 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. Die Wicklungen der Primärspule (10) sind als eine Mehrzahl von Doppellagen (11) ausgeführt, wobei die wirksame Kapazität der Doppellagen (11) der unteren Spulenhälfte (12) größer als oder äquivalent zur wirksamen Kapazität der Doppellagen (11) der oberen Spulenhälfte (13) ist.

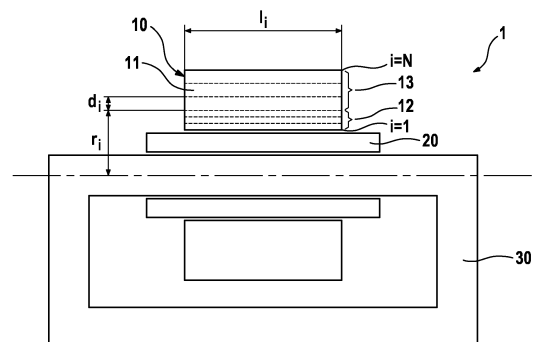


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft induktive Spannungswandler und insbesondere Nieder- und Mittelspannungswandler.

[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 Grundschiwingung 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 Grundschiwingung $n=1$.

[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 alternder 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] 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.

[0011] Gelöst wird diese Aufgabe durch einen Spannungswandler gemäß dem Hauptanspruch. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0012] Demnach betrifft die Erfindung einen Spannungswandler umfassend eine Primärspule mit einer unteren Spulenhälfte und einer oberen Spulenhälfte, wenigstens eine Sekundärspule und einen Spulenkern, wobei die wenigstens eine Sekundärspule um den Spulenkern und die Primärspule um die wenigstens eine Sekundärspule angeordnet ist, wobei die Wicklungen der Primärspule als eine Mehrzahl von Doppellagen ausgeführt sind, und wobei die summierte Kapazität der Doppellagen der unteren Spulenhälfte größer als oder äquivalent zur summierten Kapazität der Doppellagen der oberen Spulenhälfte ist.

[0013] Zunächst werden einige in Zusammenhang mit der Erfindung verwendete Begriffe erläutert:

[0014] 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 Doppellagen 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.

[0017] 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 werden kann. Insbesondere kann ein nahezu lineares Übertragungsverhalten über einen breiteren Frequenzbereich im Vergleich zu gewöhnlichen induktiven Spannungswandlern erreicht werden.

[0018] 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.

[0019] 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.

[0020] 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

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

[0021] 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.

[0022] Die Erfindung hat erkannt, dass sich durch eine Veränderung des Verhältnisses der wirksamen Kapazität der Spulenhälften der Primärspule eines induktiven Spannungswandlers zu

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

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

[0023] Das erfindungsgemäße Verhältnis der wirksamen Kapazität der Spulenhälften der Primärspule, so dass die summierte Kapazität der Doppellagen der unteren Spulenhälfte größer als oder äquivalent 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.

[0024] 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.

[0025] 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.

[0026] Durch eine entsprechende Anpassung der Kapazitäten der einzelnen Doppellagen der Primärspule kann das gewünschte Verhältnis der wirksamen Kapazitäten der beiden Spulenhälften erreicht werden.

[0027] 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.

[0028] 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.

[0029] 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.

[0030] 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

[0031] 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.

[0032] 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 $N=6$.

[0033] 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, gleich oder äquivalent zur wirksamen Kapazität der Doppellagen 11 der oberen Spulenhälfte 13 ist.

[0034] 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. Die Größen r_i , d_i und l_i sind in Figur 1 beispielhaft für eine der Doppellagen 11 der Primärspule dargestellt.

[0035] 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.

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

[0036] 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.

[0037] 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.

[0038] 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.

[0039] 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.

5

Patentansprüche

1. Spannungswandler (1) umfassend eine Primärspule (10) mit einer unteren Spulenhälfte (12) und einer oberen Spulenhälfte (13), 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, und wobei die Wicklungen der Primärspule (10) als eine Mehrzahl von Doppellagen (11) ausgeführt sind,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die wirksame Kapazität der Doppellagen (11) der unteren Spulenhälfte (12) größer als oder äquivalent zur wirksamen Kapazität der Doppellagen (11) der oberen Spulenhälfte (13) ist.
2. Spannungswandler nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Dielektrizitätskonstante (ϵ_i) der Isolation wenigstens einer Doppellage (11) in der unteren Spulenhälfte (12) möglichst groß und/oder der Abstand (d_i) der beiden Lagen wenigstens einer Doppellage (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 wenigstens einer Doppellage (11) in der oberen Spulenhälfte (13) möglichst nah an 1 und/oder der Abstand (d_i) der beiden Lagen wenigstens einer Doppellage (11) in der oberen Spulenhälfte (13) möglichst groß ist.
4. Spannungswandler nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
 zwischen den beiden Lagen wenigstens einer Doppellage (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.

45

50

55

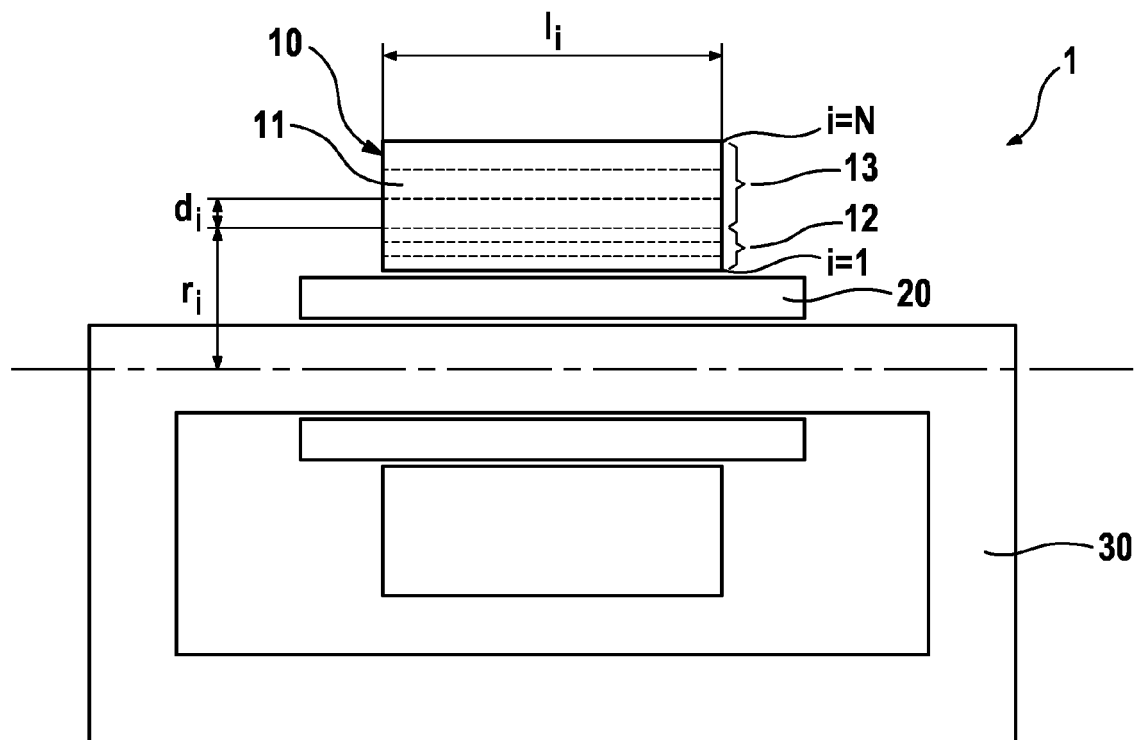
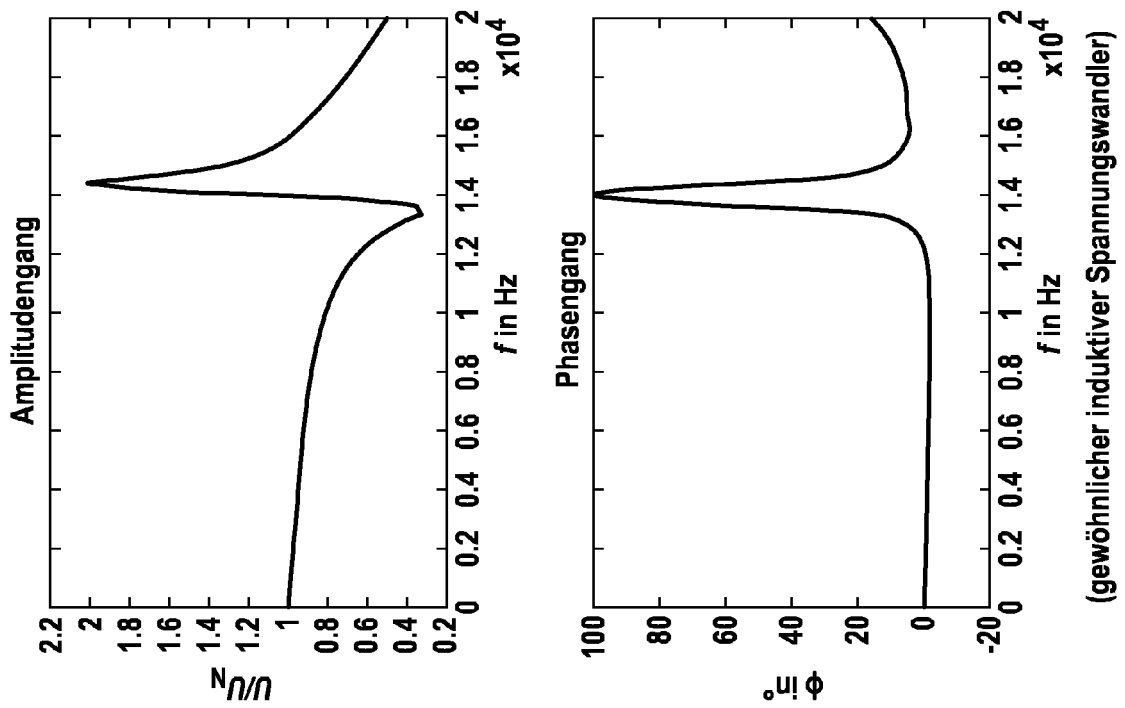
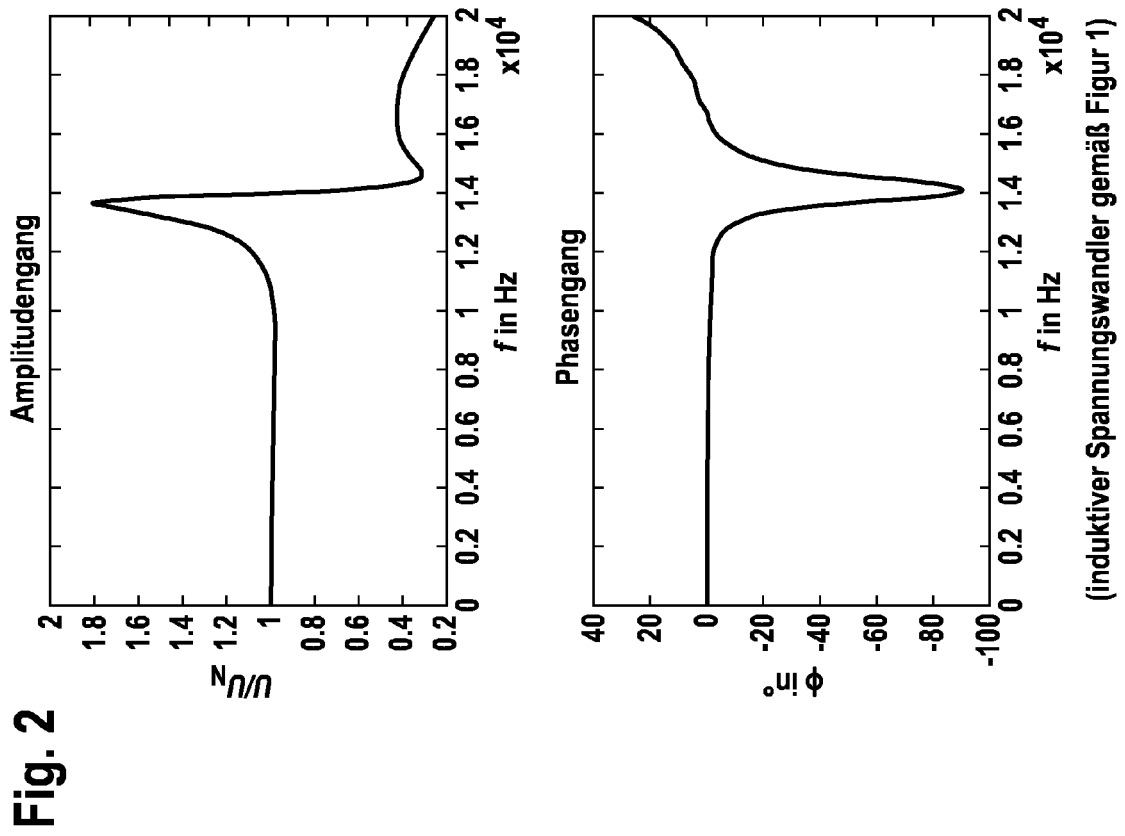


Fig. 1





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 14 19 5813

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	DE 10 2012 205784 A1 (UNIV HANNOVER [DE]; RITZ INSTR TRANSFORMERS GMBH [DE]) 10. Oktober 2013 (2013-10-10)	1-6	INV. H01F27/28 H01F27/32 H01F27/34
Y	* Zusammenfassung; Abbildung 5b * * Abbildungen 1a,2a,b,3a,4a,5d,6a,b * * Absätze [0012], [0013], [0023], [0035], [0039] - [0062] * -----	1-6	
X	GB 553 596 A (STANDARD TELEPHONES CABLES LTD) 27. Mai 1943 (1943-05-27)	1-6	
Y	* Abbildungen 1,2 * * Seiten 1-3 * -----	1-6	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H01F
1	Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
	München	16. Juni 2015	Weisser, Wolfgang
KATEGORIE DER GENANTEN DOKUMENTE		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 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	

EPO FORM 1503 03.82 (P/AC03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 14 19 5813

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.

16-06-2015

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102012205784 A1	10-10-2013	DE 102012205784 A1	10-10-2013
		EP 2651020 A2	16-10-2013

GB 553596 A	27-05-1943	KEINE	

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0481

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