

SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 707 221 B1

(51) Int. Cl.: G01R 27/26 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

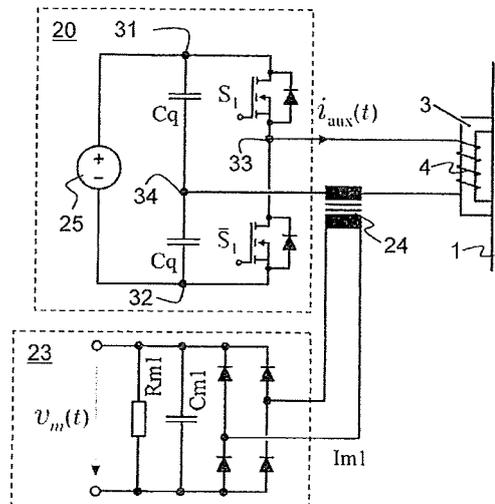
(12) **PATENTSCHRIFT**

<p>(21) Anmeldenummer: 02365/12</p> <p>(22) Anmeldedatum: 13.11.2012</p> <p>(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.05.2014</p> <p>(24) Patent erteilt: 15.06.2017</p> <p>(45) Patentschrift veröffentlicht: 15.06.2017</p>	<p>(73) Inhaber: ETH Zürich ETH Transfer, HG E 47-49 Rämistrasse 101 8092 Zürich ETH-Zentrum (CH)</p> <p>(72) Erfinder: Gabriel Ortiz, 8046 Zürich (CH) Lukas Fässler, 8625 Gossau (CH) Johann Walter Kolar, 8044 Zürich (CH)</p> <p>(74) Vertreter: Frei Patentanwaltsbüro AG, Postfach 1771 8032 Zürich (CH)</p>
---	--

(54) Messverfahren und induktives Element mit einer Messvorrichtung zur Induktivitätsmessung während der Messung einer magnetischen Flussdichte.

(57) Die Erfindung betrifft ein Messverfahren und eine Messvorrichtung zur Induktivitätsmessung bei der Messung einer magnetischen Flussdichte oder einer magnetischen Sättigung in einem induktiven Element. Das induktive Element weist einen Hauptkern (1) mit mindestens einer Hauptwicklung zum Erzeugen eines Magnetfeldes und eines Hauptflusses im Hauptkern (1) auf. Mittels eines ersten Messkernes (3) ist mit einer ersten Messwicklung (4) ein Messfluss erzeugbar, welcher in einem Abschnitt mit dem Hauptfluss überlagert ist. Dabei werden die folgenden Schritte ausgeführt:

- Erzeugen einer periodisch wechselnden ersten Messspannung über der ersten Messwicklung (4);
- Bilden eines ersten Messstroms, welcher proportional zum Strom durch die erste Messwicklung (4) ist;
- Gleichrichten des ersten Messstroms und Erfassen eines Messsignales entsprechend dem gleichgerichteten ersten Messstrom.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Mess- und Steuerungstechnik für induktive Schaltungselemente wie Transformatoren, Drosseln. Sie bezieht sich auf ein Messverfahren und ein induktives Element mit Messvorrichtung zur Induktivitätsmessung bei der Messung einer magnetischen Flussdichte gemäss dem Oberbegriff der unabhängigen Patentansprüche 1 und 5.

[0002] Die magnetische Aussteuerung des Magnetkernes eines Transformators erfolgt stationär idealerweise symmetrisch um den Ursprung der B-H-Ebene. Dies ist nur dann gegeben, wenn an keiner der den Magnetkern umschliessenden Wicklungen ein Gleichspannungsanteil anliegt. Real tritt jedoch, insbesondere bei der Einbindung von Transformatoren in leistungselektronische Konverter i.a. ein geringer parasitärer Gleichanteil an einer mit eingepprägter Spannung betriebenen Wicklung auf. Dieser kann nur von parasitären ohmschen Widerständen der Wicklung bzw. des diese speisenden leistungselektronischen Converters aufgenommen werden und resultiert demgemäss in einem Gleichanteil des Primärstromes, welcher zu einer Vormagnetisierung des Magnetkreises bzw. zu einer unsymmetrischen magnetischen Aussteuerung führt. Nachteilige Folgen dieser Unsymmetrie können Sättigung des Magnetkreises und daraus resultierende hohe Stromspitzenwerte, unsymmetrische Beanspruchung und Überlastung von Schaltelementen sowie höhere Kernverluste sein.

[0003] Das Auftreten eines Gleichanteiles z.B. der Primärspannung bzw. einer Unsymmetrie der innerhalb einer Taktperiode an die Primärwicklung gelegten positiven und negativen Spannungszeitflächen muss daher insbesondere bei Systemen hoher Leistung verhindert werden. Dazu kann eine direkte oder indirekte Messung der Flussdichte im Trafokern erfolgen und dann durch einen entsprechenden Eingriff in die Steuerung der die Wicklung speisenden Transistorvollbrückenschaltung das Spannungszeitflächengleichgewicht bzw. eine symmetrische magnetische Aussteuerung aktiv sichergestellt werden. Die aktuelle Flussdichte kann z.B. mittels eines, in einer Ausnehmung des Magnetkernes platzierten, Hallelements oder mittels einer Feldplatte gemessen werden. Ein solcher Eingriff in den Magnetkreis ist jedoch vielfach nicht möglich, sodass indirekte Verfahren vorzuziehen sind.

[0004] Die schweizerische Patentschrift mit Publikationsnummer CH 704 267 beschreibt ein induktives Element mit einer Messvorrichtung zum Bestimmen der magnetischen Flussdichte oder einer magnetischen Sättigung im induktiven Element sowie ein entsprechendes Messverfahren. Die Messung der Flussdichte oder der Sättigung wird dabei auf die Messung einer Induktivität zurückgeführt.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Messverfahren und eine Messvorrichtung zur Induktivitätsmessung bei der Messung einer magnetischen Flussdichte oder einer magnetischen Sättigung der eingangs genannten Art zu schaffen, welche mit geringem Aufwand eine möglichst genaue Messung erlaubt.

[0006] Diese Aufgabe lösen ein Messverfahren und ein induktives Element mit einer Messvorrichtung zur Induktivitätsmessung bei der Messung einer magnetischen Flussdichte oder einer magnetischen Sättigung mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche 1 und 5.

[0007] Das Messverfahren dient also zur Induktivitätsmessung während der Messung einer magnetischen Flussdichte oder einer magnetischen Sättigung in einem induktiven Element, wobei das induktive Element einen Hauptkern mit mindestens einer Hauptwicklung zum Erzeugen eines Magnetfeldes und eines Hauptflusses im Hauptkern aufweist. Mittels eines ersten Messkernes ist mit einer ersten Messwicklung ein Messfluss erzeugbar, welcher in einem Abschnitt mit dem Hauptfluss überlagert ist. Dabei werden die folgenden Schritte ausgeführt:

- Erzeugen einer periodisch wechselnden ersten Messspannung über der ersten Messwicklung;
- Bilden mittels eines Stromwandlers, eines ersten Messstroms, welcher proportional zum Strom durch die erste Messwicklung ist;
- Gleichrichten des ersten Messstroms und Erfassen eines Messsignales entsprechend dem gleichgerichteten ersten Messstrom.

[0008] In einer Variante des Verfahrens liegt ein zweiter Messkern mit einer zweiten Messwicklung vor, mit welchem ebenfalls ein Messfluss erzeugbar ist, welcher in einem Abschnitt mit dem Hauptfluss überlagert ist, und werden die folgenden Schritte ausgeführt:

- Erzeugen einer periodisch wechselnden zweiten Messspannung über der zweiten Messwicklung, wobei die zweite Messspannung die gleiche Periodendauer wie die erste Messspannung aufweist und gegenüber der ersten Messspannung um eine Viertelperiode verschoben ist;
- Bilden, mittels eines zweiten Stromwandlers, eines zweiten Messstroms, welcher proportional zum Strom durch die zweite Messwicklung ist;
- Gleichrichten des zweiten Messstroms und Erfassen eines Messsignales entsprechend der Summe des gleichgerichteten ersten Messstromes und des gleichgerichteten zweiten Messstromes.

[0009] In einer Variante des Verfahrens weisen die erste und zweite Messspannung einen bezüglich null symmetrischen Verlauf auf.

[0010] In einer Variante des Verfahrens sind die erste und die zweite Messspannung Rechteckspannungen.

[0011] In einer Variante des Verfahrens wird mittels eines ersten Teilmesskerns mit einer ersten Teilmesswicklung und eines zweiten Teilmesskerns mit einer zweiten Teilmesswicklung jeweils ein Messfluss erzeugt, welcher in einem Abschnitt

mit dem Hauptfluss überlagert ist. Dabei wird durch den Hauptfluss in der ersten Teilmesswicklung und in der zweiten Teilmesswicklung jeweils eine Spannung induziert, und wird durch eine Serieschaltung der beiden Teilmesswicklungen eine Summenspannung erzeugt, in welcher sich diese beiden induzierten Spannungen im Wesentlichen aufheben.

[0012] Die Messvorrichtung dient zur Induktivitätsmessung bei der Messung einer magnetischen Flussdichte oder einer magnetischen Sättigung in einem induktiven Element. Dabei weist das induktive Element einen Hauptkern mit mindestens einer Hauptwicklung zum Erzeugen eines Magnetfeldes im Hauptkern auf.

- Die Messvorrichtung weist ferner einen vom Hauptkern verschiedenen ersten Messkern mit einer ersten Messwicklung zum Erzeugen eines Magnetfeldes im ersten Messkern auf;
- ein von der Hauptwicklung erzeugter magnetischer Fluss, im Folgenden auch Hauptfluss genannt, und ein von der ersten Messwicklung erzeugter magnetischer Fluss überlagern sich in mindestens einem Teilbereich des Hauptkernes und/oder des ersten Messkernes;
- die Messvorrichtung weist eine Messsignalquelle auf, welche zum Erzeugen einer periodisch wechselnden ersten Messspannung über der ersten Messwicklung angeordnet ist;
- die Messvorrichtung weist einen Stromwandler auf, der zum Bilden eines ersten Messstroms, welcher proportional zum Strom durch die erste Messwicklung ist, angeordnet ist; und
- die Messvorrichtung weist einen Messgleichrichter auf, welcher zum Gleichrichten des ersten Messstroms und Erfassen eines Messsignales entsprechend dem gleichgerichteten ersten Messstrom angeordnet ist.

[0013] In einer Ausführungsform weist die Messvorrichtung:

- einen vom Hauptkern verschiedenen zweiten Messkern mit einer zweiten Messwicklung zum Erzeugen eines Magnetfeldes im zweiten Messkern auf;
- überlagern ein von der Hauptwicklung erzeugter magnetischer Fluss und ein von der zweiten Messwicklung erzeugter magnetischer Fluss sich in mindestens einem Teilbereich des Hauptkernes und/oder des zweiten Messkernes;
- ist die Messsignalquelle zum Erzeugen einer periodisch wechselnden zweiten Messspannung über der zweiten Messwicklung angeordnet, wobei die zweite Messspannung die gleiche Periodendauer wie die erste Messspannung aufweist und gegenüber der ersten Messspannung um eine Viertelperiode verschoben ist;
- weist die Messvorrichtung einen zweiten Stromwandler auf, der zum Bilden eines zweiten Messstroms, welcher proportional zum Strom durch die zweite Messwicklung ist, angeordnet ist; und
- ist der Messgleichrichter zum Gleichrichten des zweiten Messstroms und Erfassen eines Messsignales entsprechend der Summe des gleichgerichteten ersten Messstromes und des gleichgerichteten zweiten Messstromes angeordnet.

[0014] In einer Ausführungsform weist die Messvorrichtung zum Erzeugen der ersten Messspannung und falls benötigt auch der zweiten Messspannung, und jeweils zum Speisen der ersten Messwicklung und falls vorhanden auch der zweiten Messwicklung jeweils eine Halbbrückenschaltung zum wechselweisen Anlegen einer positiven und einer negativen Speisegleichspannung an einen Anschluss der jeweiligen Messwicklung auf.

[0015] In einer Ausführungsform liegen als Teile des ersten Messkernes mit der ersten Messwicklung ein erster Teilmesskern mit einer ersten Teilmesswicklung und ein zweiter Teilmesskern mit einer zweiten Teilmesswicklung vor, mit welchen jeweils ein Messfluss erzeugbar ist, welcher in einem Abschnitt mit dem Hauptfluss überlagert ist. Dabei sind die erste Teilmesswicklung und die zweite Teilmesswicklung in Serie geschaltet und sind in entgegengesetzte Richtungen gewickelt.

[0016] In einer Ausführungsform liegt ein zweiter Messkern mit einer zweiten Messwicklung vor, mit welchem ebenfalls ein Messfluss erzeugbar ist, welcher in einem Abschnitt mit dem Hauptfluss überlagert ist, wobei die erste Messwicklung und die zweite Messwicklung in Serie geschaltet sind und in entgegengesetzte Richtungen gewickelt sind.

[0017] Weitere bevorzugte Ausführungsformen gehen aus den abhängigen Patentansprüchen hervor.

[0018] Im Folgenden wird der Erfindungsgegenstand anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen, welche in den beiliegenden Zeichnungen dargestellt sind, näher erläutert. Es zeigen jeweils schematisch:

- Fig. 1a eine erste Ausführungsform eines induktiven Elementes mit einer Messvorrichtung, zusammen mit externen Beschaltungen, welche mit dem induktiven Element als Transformator einen Gleichspannungswandler bilden;
- Fig. 1b–c eine B–H-Kennlinie des Kernmaterials und die an der Messvorrichtung sichtbare Induktivität in Abhängigkeit der magnetischen Aussteuerung;
- Fig. 2 eine Messvorrichtung gemäss einer Ausführungsform mit nur einer Messanordnung;
- Fig. 3 eine Messvorrichtung gemäss einer Ausführungsform mit zwei Messanordnungen;
- Fig. 4 Stromverläufe in der Messvorrichtung der Fig. 3; und
- Fig. 5 eine Messvorrichtung mit zwei Messkernen respektive Messwicklungen.

[0019] Grundsätzlich sind in den Figuren gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

[0020] Fig. 1a zeigt eine erste Ausführungsform eines induktiven Elementes mit einer Messvorrichtung. Das induktive Element ist durch einen Transformator mit einem Hauptkern 1 mit Hauptwicklungen 2 mit Windungszahlen W_1 , W_2 gebildet. Ein Wechselrichter 11 speist die eine Hauptwicklung 2, ein Gleichrichter 12 wird durch die zweite Hauptwicklung 2 gespeist. Zusammen bilden diese externen Beschaltungen mit dem Transformator einen Gleichspannungswandler. Die erfindungsgemässen Messvorrichtungen und -verfahren für die Flussdichte im Hauptkern 1 sind natürlich auch auf andere induktive Elemente wie Drosseln und auf Elemente mit anderer externer Beschaltung anwendbar, beispielsweise mehrphasige Transformatoren und beidseitig mit aktiven Schaltern versehene Wandler. Am Hauptkern 1 angesetzt ist ein Messkern 3 mit einer Sensorwicklung oder Messwicklung 4. Die Messwicklung 4 mit Windungszahl W_s ist durch eine Spannungsquelle 13 einer Messeinheit 7 gespeist, beispielsweise über einen optionalen Serienkondensator mit Kapazität C_s . Die Messeinheit 7 ist – je nach Ausführungsvariante – zur Speisung der Messwicklung 4 und zur Erfassung und Verarbeitung von Spannungen und Strömen an der Messwicklung 4 ausgebildet. Eine Messeinrichtung 8 zur Messung der Flussdichte im Hauptkern 1 weist die Messeinheit 7 und den Messkern 3 mit Messwicklung 4 auf.

[0021] In den Kernen 1, 3 sind schematisch die magnetischen Kreise durch Hauptkern 1 und Messkern 3 dargestellt: Ein Hauptkreis führt durch den Hauptkern 1 und ein Messkreis durch den Messkern 3. Die beiden Kreise überlagern sich in einem Abschnitt des Hauptkernes 1 mit Reluktanz R_m . Die Anordnung der Sensor-Vorrichtung ist ohne Eingriff in den Flusspfad des Transformators möglich.

[0022] Durch den Trafo-Hauptfluss wird der Trafo-Magnetkern respektive Hauptkern 1 angesteuert und aufgrund der nicht-linearen Charakteristik des Magnetmaterials die Reluktanz R_m beeinflusst. Die an den Klemmen der Messwicklung 4 zu messende Induktivität L_s ist damit abhängig von der Trafo-Hauptflussdichte und kann als Mass für den Momentanwert der Flussdichte, d.h. für den im Induktivitäts-Messintervall vorliegenden Wert, herangezogen werden. Im Detail ist die Reluktanz R_m umgekehrt proportional zur Steigung der B–H-Charakteristik des Kernmaterials des Hauptkernes 1 im jeweiligen Arbeitspunkt (vgl. Fig. 1b) und nimmt aufgrund der nicht-linearen Charakteristik des Magnetmaterials mit zunehmender magnetischer Aussteuerung ab (vgl. Fig. 1c). Die Induktivität im jeweiligen Arbeitspunkt ist umgekehrt proportional zur Reluktanz R_m . Aufgrund der gemessenen Induktivität kann damit direkt auf die Reluktanz geschlossen werden und weiter, mittels bekannter B–H-Charakteristik, auf den aktuellen Wert der Flussdichte. Dazu muss die B–H-Charakteristik des Materials vorgängig bekannt sein.

[0023] Die Induktivität kann in bekannter Weise bestimmt werden, wie bereits in der eingangs genannten schweizerischen Patentanmeldung beschrieben ist. Im Folgenden werden weitere Vorrichtungen und Verfahren zur Induktivitätsmessung beschrieben. Diese Induktivitätsmessung kann dann zur Bestimmung einer Flussdichte und/oder Sättigung gemäss der eingangs genannten schweizerischen Patentanmeldung verwendet werden.

[0024] Fig. 2 zeigt eine Messvorrichtung gemäss einer Ausführungsform mit nur einer Messanordnung. Die oben erwähnte optionale Kapazität C_s ist hier beispielhaft nicht eingezeichnet. Die Messvorrichtung weist eine Messsignalquelle 20 mit einer Halbbrückenschaltung mit zwei elektronischen Schaltern S_1 , \bar{S}_1 auf, welche jeweils mit einem ersten Anschluss an einen positiven Anschlusspunkt 31 respektive an einen negativen Anschlusspunkt 32, welche von einer Spannungsquelle 25 gespeist sind, angeschlossen sind, und jeweils mit einem zweiten Anschluss an einen gemeinsamen Anschlusspunkt 33 und mit einem ersten Anschluss der Messwicklung 4 verbunden sind. Ein zweiter Anschluss der Messwicklung 4 ist mit einem Referenzanschluss 34, welcher auf einem Referenz- oder Mittelpotential liegt, verbunden. Das Referenzpotential kann mit einem kapazitiven Spannungsteiler mit Kapazitäten C_q aus den Potentialen am positiven Anschlusspunkt 31 und am negativen Anschlusspunkt 32 gebildet werden. Ein Stromwandler 24 ist in einen der Anschlüsse der Messwicklung 4 in Serie zur Messwicklung 4 geschaltet und erzeugt in einem Messkreis einen Messstrom I_m1 . Ein Messgleichrichter 23 ist zum Gleichrichten dieses Messstromes I_m1 angeordnet. Eine Messimpedanz aus beispielsweise einer Parallelschaltung einer ersten Messkapazität C_m1 und eines ersten Messwiderstandes R_m1 ist vom gleichgerichteten Messstrom I_m1 durchflossen, wodurch über der Messimpedanz ein Spannungssignal $v_m(t)$ auftritt. Dieses Spannungssignal dient als Messsignal. Das Messsignal kann beispielsweise mit einer Anlogschaltung weiterverarbeitet werden, oder mittels eines Analog-Digital-Wandlers in ein Digitalsignal gewandelt und in digitaler Form weiterverarbeitet werden.

[0025] Im Betrieb der Schaltung kann mittels der Schalter S_1 , \bar{S}_1 eine periodische Rechteckspannung an die Messwicklung 4 gelegt werden. Es resultiert aufgrund der Induktivität der Messwicklung 4 ein im Wesentlichen als Dreieckssignal verlaufender Messstrom I_m1 . Der gleichgerichtete Messstrom I_m1 ergibt ein durch die Messimpedanz geglättetes Spannungssignal $v_m(t)$. Dieses ist umgekehrt proportional zur Induktivität im Messkern 3. Daraus wiederum ist die Flussdichte oder die magnetische Sättigung im Hauptkern 1 in bekannter Weise bestimmbar.

[0026] Es ist die Kapazität C_m1 der Messimpedanz ausreichend gross zu wählen, um eine hinreichende Glättung zu erreichen. Je grösser aber diese Kapazität ist, desto mehr wird die Messung verzögert und die Bandbreite der Messung verschlechtert, also verkleinert. Die folgenden Ausführungsformen der Erfindung zeigen Möglichkeiten, dem entgegenzuwirken:

[0027] Fig. 3 zeigt eine Messvorrichtung gemäss einer Ausführungsform mit zwei parallel geschalteten Messanordnungen. Die beiden Messanordnungen entsprechen jeweils im Wesentlichen jener der Fig. 2. Die Messsignalquelle weist zwei Schaltungen auf, die jeweils eine erste und eine zweite Messwicklung 4, 4a an einem ersten und einen zweiten Messkern 3, 3a speisen. Beispielsweise speist eine erste dieser Speiseschaltungen mit ersten Schaltern S_1 , \bar{S}_1 die erste Messwicklung 4, und eine zweite dieser Speiseschaltungen mit zweiten Schaltern S_2 , \bar{S}_2 die zweite Messwicklung 4a. Bei

jeder Messwicklung 4, 4a wird ein entsprechender Messstrom I_{m1} , I_{m2} erfasst und in einem jeweiligen Messgleichrichter gleichgerichtet, und es wird jeweils mit einer Messimpedanz aus beispielsweise einer Parallelschaltung einer zweiten Messkapazität C_{m2} und eines zweiten Messwiderstandes R_{m2} ein geglättetes Spannungssignal gebildet. Es werden die beiden geglätteten Spannungssignale summiert, wobei die Summe als Messsignal $v_m(t)$ dient. Die Summation kann durch eine Serieschaltung der Messimpedanzen geschehen.

[0028] Im Betrieb der Schaltung können mittels der ersten Speiseschaltung und der zweiten Speiseschaltung periodische Rechteckspannungen gleicher Periodendauer erzeugt werden, mit einer gegenseitigen Phasenverschiebung um eine Viertelperiode, respektive 90° . Fig. 4 zeigt Stromverläufe in der Messvorrichtung der Fig. 3: Oben sind die Messströme I_{m1} , I_{m2} dargestellt, wobei die Phasenverschiebung um eine Viertelperiode auch hier sichtbar ist, unten die gleichgerichteten Messströme. Die Bildung der geglätteten Spannungssignale erfolgt wie oben bereits beschrieben. Da aber die Summe der geglätteten Spannungssignale theoretisch respektive im Idealfall bereits einem konstanten Signal entspricht, sind die Anforderungen und die Glättung viel geringer, d.h., es können, um eine vergleichbare Glättung zu erzielen, die zweiten Messkapazitäten C_{m2} theoretisch null und in der Praxis sehr viel kleiner als die ersten Messkapazitäten C_{m1} der Ausführungsform der Fig. 2 gewählt werden.

[0029] Fig. 5 zeigt eine Messvorrichtung mit zwei Teilmesskernen 3b, 3c respektive Teilmesswicklungen 4b, 4c. Die beiden zwei Teilmesskerne 3b, 3c sind bezüglich des Hauptkerns 1 respektive des im Hauptkern 1 verlaufenden Hauptflusses gleichsinnig angeordnet, d.h., dass sie im Wesentlichen von gleichen Anteilen des Hauptflusses durchflossen sind. Die beiden Teilmesswicklungen 4b, 4c sind gegensinnig gewickelt und sind elektrisch in Serie zueinander geschaltet.

[0030] Im Betrieb dieser Messvorrichtung entstehen Störspannungen, die durch einen Anteil des Hauptflusses, der durch die Messwicklungen fliesst, hervorgerufen werden. Die Schaltung der Fig. 5 erreicht, dass die in den Teilmesswicklungen 4b, 4c entstehenden Störspannungen um eine halbe Periode des periodisch variierenden Hauptflusses, d.h. um 180° , gegeneinander versetzt sind und sich gegenseitig aufheben. An den Anschlüssen der Serieschaltung tritt also im Wesentlichen keine Störspannung aufgrund des Hauptflusses auf. Solche Serieschaltungen von Teilmesswicklungen 4b, 4c an Teilmesskernen 3b, 3c können in den Ausführungsformen der Fig. 1a, 2 und 3 an Stelle eines jeweils ersten Messkernes 3 und/oder an Stelle eines zweiten Messkernes 3a mit einer jeweiligen Messwicklung 4, 4a eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Messverfahren zur Induktivitätsmessung während der Messung einer magnetischen Flussdichte oder einer magnetischen Sättigung in einem induktiven Element, wobei das induktive Element einen Hauptkern (1) mit mindestens einer Hauptwicklung (2) zum Erzeugen eines Magnetfeldes und eines Hauptflusses im Hauptkern (1) aufweist, und mittels eines ersten Messkernes (3) mit einer ersten Messwicklung (4) ein Messfluss erzeugt wird, welcher in einem Abschnitt dem Hauptfluss überlagert ist, aufweisend die folgenden Schritte
 - Erzeugen einer periodisch wechselnden ersten Messspannung über der ersten Messwicklung (4);
 - Bilden, mittels eines Stromwandlers, eines ersten Messstroms, welcher proportional zum Strom durch die erste Messwicklung (4) ist;
 - Bilden eines ersten Messsignales durch Gleichrichten des ersten Messstroms und Erfassen des ersten Messsignales.
2. Messverfahren gemäss Anspruch 1, wobei ein zweiter Messkern (3a) mit einer zweiten Messwicklung (4a) vorliegt, mit welchem ebenfalls ein Messfluss erzeugt wird, welcher in einem Abschnitt dem Hauptfluss überlagert ist, aufweisend die Schritte
 - Erzeugen einer periodisch wechselnden zweiten Messspannung über der zweiten Messwicklung (4a), wobei die zweite Messspannung die gleiche Periodendauer wie die erste Messspannung aufweist und gegenüber der ersten Messspannung um eine Viertelperiode verschoben ist;
 - Bilden, mittels eines zweiten Stromwandlers, eines zweiten Messstroms, welcher proportional zum Strom durch die zweite Messwicklung (4a) ist;
 - Bilden eines zweiten Messsignales durch Gleichrichten des zweiten Messstroms und Erfassen des zweiten Messsignales;
 - und Bilden der Summe des ersten Messsignales und des zweiten Messsignales.
3. Messverfahren gemäss Anspruch 2, wobei als die erste und als die zweite Messspannung Rechteckspannungen angelegt werden.
4. Messverfahren gemäss Anspruch 1, wobei als Teile des ersten Messkernes (3) und der ersten Messwicklung (4) ein erster Teilmesskern (3b) mit einer ersten Teilmesswicklung (4b) und ein zweiter Teilmesskern (3c) mit einer zweiten Teilmesswicklung (4c) vorliegen, mit welchen jeweils ein Messfluss erzeugt wird, welcher in einem Abschnitt dem Hauptfluss überlagert ist, und wobei durch den Hauptfluss in der ersten Teilmesswicklung (4b) und in der zweiten Teilmesswicklung (4c) jeweils eine Spannung induziert wird, und durch eine Serieschaltung der beiden Teilmesswicklungen (4b, 4c) eine Summenspannung erzeugt wird, in welcher sich diese beiden induzierten Spannungen im Wesentlichen aufheben.

5. Induktives Element mit einer Messvorrichtung zur Induktivitätsmessung während der Messung einer magnetischen Flussdichte oder einer magnetischen Sättigung im induktiven Element, wobei das induktive Element einen Hauptkern (1) mit mindestens einer Hauptwicklung (2) zum Erzeugen eines Magnetfeldes im Hauptkern (1) aufweist,
 - die Messvorrichtung einen vom Hauptkern (1) verschiedenen ersten Messkern (3) mit einer ersten Messwicklung (4) zum Erzeugen eines Magnetfeldes im ersten Messkern (3) aufweist;
 - ein von der Hauptwicklung (2) erzeugter magnetischer Fluss und ein von der zweiten Messwicklung (4a) erzeugter magnetischer Fluss sich in mindestens einem Teilbereich des Hauptkernes (1) und/oder des zweiten Messkernes (3a) überlagern;
 - die Messvorrichtung eine Messsignalquelle (20) aufweist, welche zum Erzeugen einer periodisch wechselnden ersten Messspannung über der ersten Messwicklung (4) angeordnet ist;
 - die Messvorrichtung einen Stromwandler (24) aufweist, der zum Bilden eines ersten Messstroms, welcher proportional zum Strom durch die erste Messwicklung (4) ist, angeordnet ist; und
 - die Messvorrichtung einen Messgleichrichter (23) aufweist, welcher zum Bilden eines Messsignales durch Gleichrichten des ersten Messstroms und Erfassen des ersten Messsignales angeordnet ist.
6. Induktives Element mit einer Messvorrichtung gemäss Anspruch 5, wobei
 - die Messvorrichtung einen vom Hauptkern (1) verschiedenen zweiten Messkern (3a) mit einer zweiten Messwicklung (4a) zum Erzeugen eines Magnetfeldes im zweiten Messkern (3a) aufweist;
 - ein von der Hauptwicklung (2) erzeugter magnetischer Fluss und ein von der zweiten Messwicklung (4a) erzeugter magnetischer Fluss sich in mindestens einem Teilbereich des Hauptkernes (1) und/oder des zweiten Messkernes (3a) überlagern;
 - die Messsignalquelle (20) zum Erzeugen einer periodisch wechselnden zweiten Messspannung über der zweiten Messwicklung (4a) angeordnet ist, wobei die zweite Messspannung die gleiche Periodendauer wie die erste Messspannung aufweist und gegenüber der ersten Messspannung um eine Viertelperiode verschoben ist;
 - die Messvorrichtung einen zweiten Stromwandler (24a) aufweist, der zum Bilden eines zweiten Messstroms, welcher proportional zum Strom durch die zweite Messwicklung (4a) angeordnet ist;
 - der Messgleichrichter (23) zum Bilden eines zweiten Messsignales durch Gleichrichten des zweiten Messstroms und Erfassen des zweiten Messsignales;und zum Bilden der Summe des ersten Messsignales und des zweiten Messsignales angeordnet ist.
7. Induktives Element mit einer Messvorrichtung gemäss Anspruch 6, wobei die Messsignalquelle zum Erzeugen der ersten und der zweiten Messspannung als Rechteckspannungen angeordnet ist.
8. Induktives Element mit einer Messvorrichtung gemäss Anspruch 5, welche zum Erzeugen der ersten Messspannung zum Speisen der ersten Messwicklung (4) eine Halbbrückenschaltung zum wechselweisen Anlegen einer positiven und einer negativen Speisegleichspannung an einen Anschluss der Messwicklung aufweist.
9. Induktives Element mit einer Messvorrichtung gemäss Anspruch 5, wobei ein erster Teilmesskern (3b) mit einer ersten Teilmesswicklung (4b) und ein zweiter Teilmesskern (3c) mit einer zweiten Teilmesswicklung (4c) vorliegen, mit welchen jeweils ein Messfluss erzeugbar ist, welcher in einem Abschnitt dem Hauptfluss überlagert ist, und wobei die erste Teilmesswicklung (4b) und die zweite Teilmesswicklung (4c) in Serie geschaltet und in entgegengesetzte Richtungen gewickelt sind.

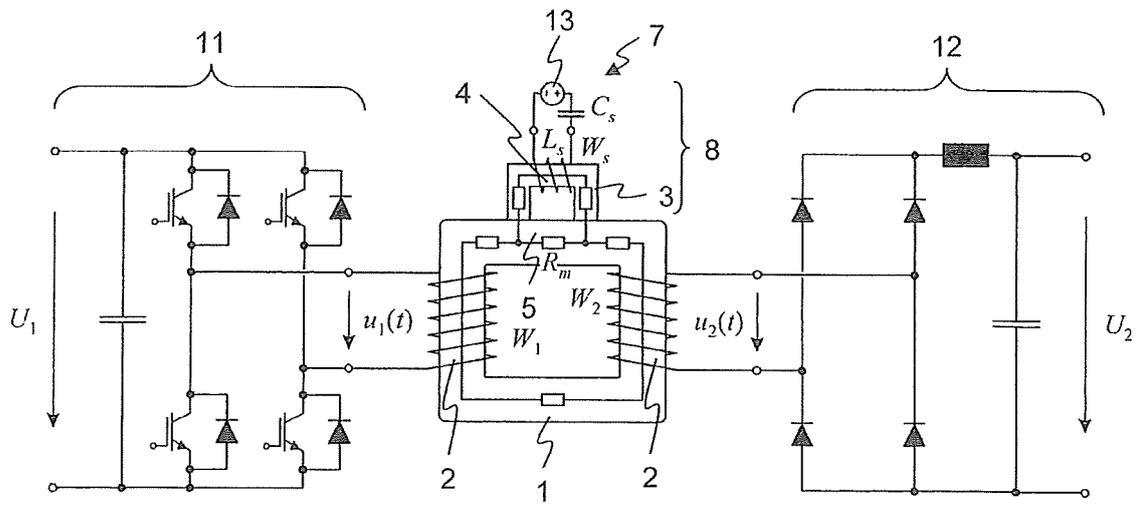


Fig. 1a

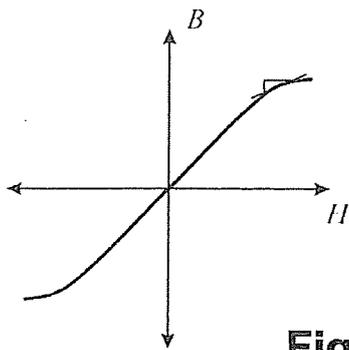


Fig. 1b

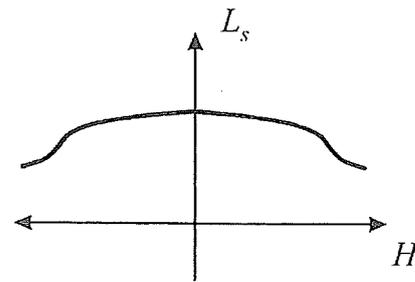


Fig. 1c

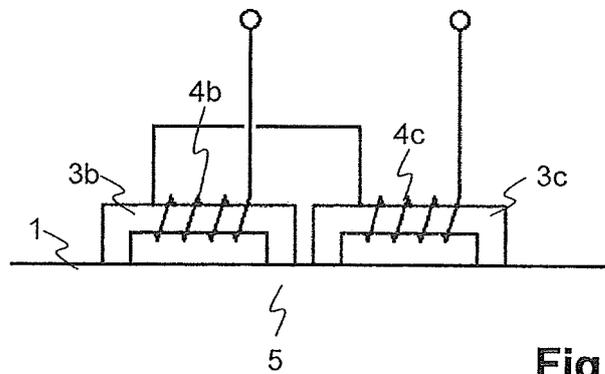


Fig. 5

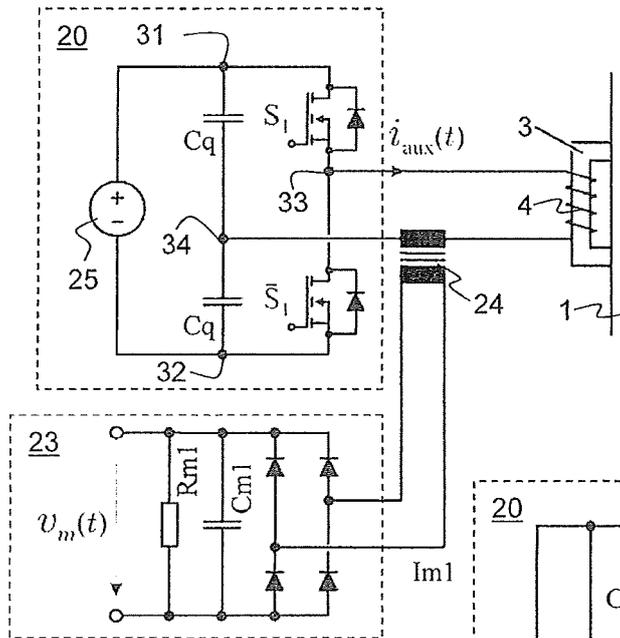


Fig. 2

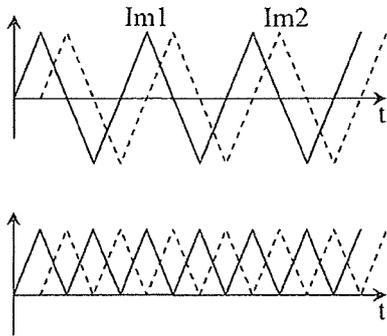


Fig. 4

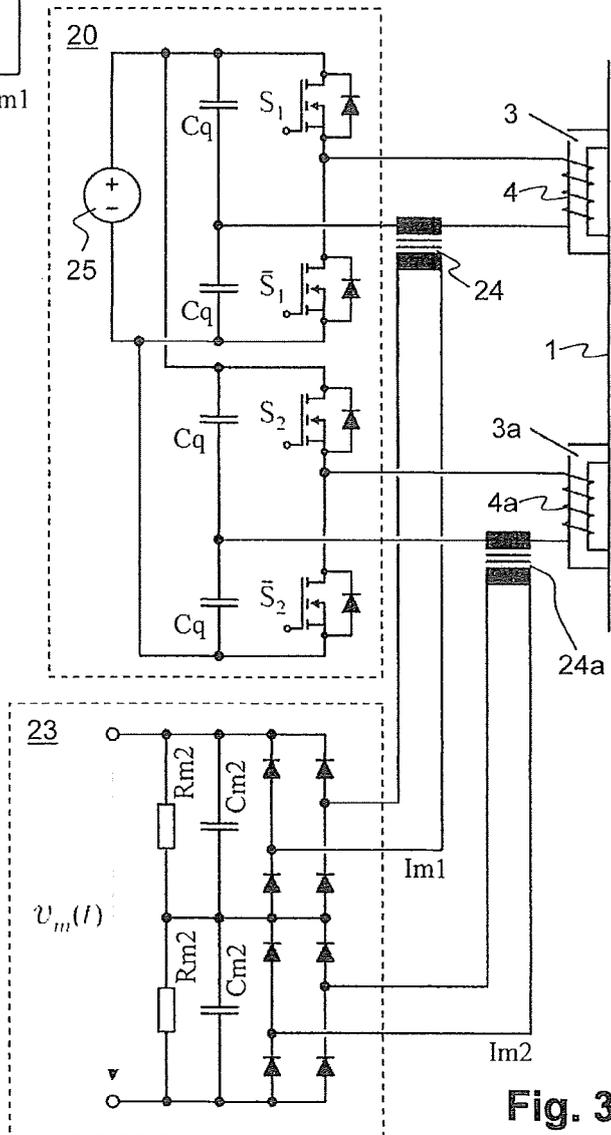


Fig. 3