



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
10.12.2014 Patentblatt 2014/50

(51) Int Cl.:
H05B 6/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14168797.0**

(22) Anmeldetag: **19.05.2014**

(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 Erstrecksstaaten:
BA ME

(72) Erfinder:
• **Mohr, Wolfgang**
75248 Ölbronn-Dürrn (DE)
• **Lang, Steffen**
75038 Oberderdingen (DE)
• **Eberle, Michael**
75038 Oberderdingen (DE)

(30) Priorität: **24.05.2013 DE 102013209720**

(71) Anmelder: **E.G.O. Elektro-Gerätebau GmbH**
75038 Oberderdingen (DE)

(74) Vertreter: **Patentanwälte**
Ruff, Wilhelm, Beier, Dauster & Partner
Kronenstraße 30
70174 Stuttgart (DE)

(54) **Verfahren zum Ermitteln eines Spitzenstroms und Induktionsheizeinrichtung**

(57) Bei einem Verfahren zum Ermitteln eines Spitzenstroms einer Induktionsheizeinrichtung mit einem Parallelschwingkreis wird an einem Verbindungsknoten des Parallelschwingkreises und eines ansteuerbaren Schaltmittels eine Schwingkreisspannung gemessen. Von der

Schwingkreisspannung wird eine Ableitung ermittelt, vorteilhaft die erste Ableitung, und ein Maximalwert dieser Ableitung wird für die Ermittlung des Spitzenstroms verwendet.

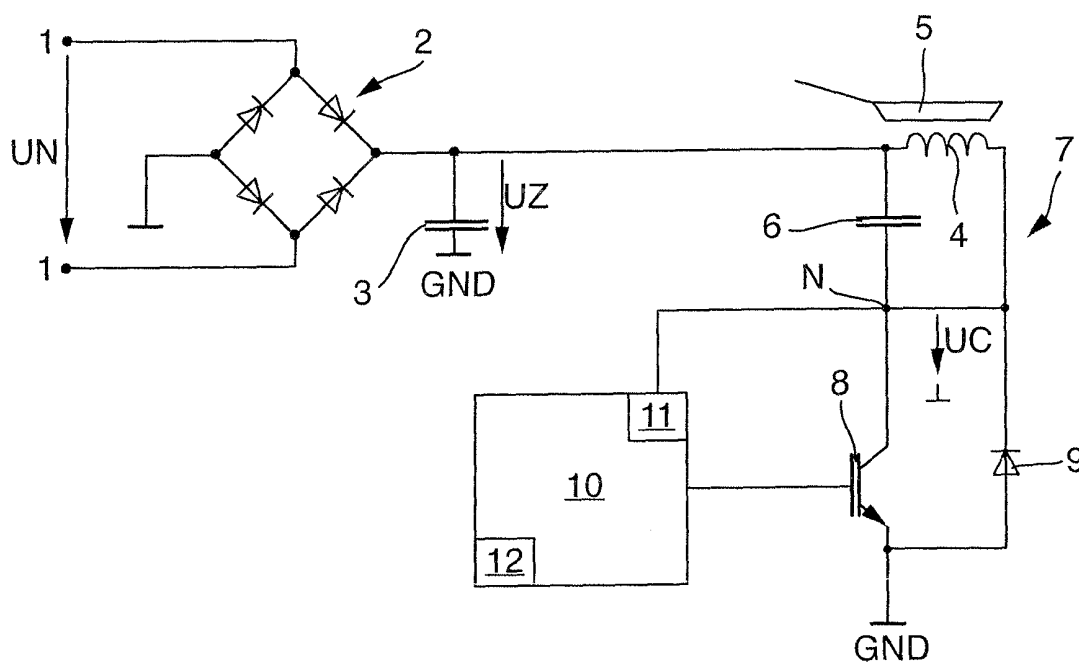


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln eines Stroms bzw. Spitzenstroms einer Induktionsheizeinrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Induktionsheizeinrichtung.

[0002] Induktionsherde finden eine immer stärkere Verbreitung, insbesondere aufgrund ihres hohen Wirkungsgrads und der schnellen Reaktion auf eine Änderung der Kochstufe. Sie sind jedoch immer noch vergleichsweise teuer. Sie umfassen üblicherweise mehrere, einer jeweiligen Kochstelle zugeordnete Induktionsheizeinrichtungen mit einer Induktionsspule, die mit einem Wechselstrom beaufschlagt wird, wodurch in einem über der Induktionsspule aufgesetzten Kochgeschirr Wirbelströme induziert werden zur Erhitzung des Kochgeschirrs.

[0003] Zur Ansteuerung der Induktionsspule sind unterschiedliche Schaltungsanordnungen und Ansteuerungsverfahren bekannt, beispielsweise aus der DE 102005050036 A1. Dabei wird die Induktionsspule mit einem Kondensator zusammen zu einem Parallelschwingkreis verschaltet, wobei der Parallelschwingkreis mit einem ansteuerbaren Schaltmittel in Form eines IGBTs periodisch angeregt wird.

[0004] Eine Anregungsschaltung gemäß dem Stand der Technik kann vorteilhaft in ihrer Leistung geregelt werden, wenn ein maximal durch den Schwingkreis fließender Strom, auch als Spitzenstrom bezeichnet, bekannt ist. In bekannten Ausführungen kann dies beispielsweise mittels eines Messwiderstands erfolgen, wobei eine über diesem abfallende Spannung gemessen und für die Ermittlung des Spitzenstroms verwendet wird. Aufgrund der hohen Ströme fällt dabei jedoch auch eine hohe Verlustleistung an dem Messwiderstand ab, was gewisse Nachteile hinsichtlich Energieverbrauch mit sich bringt und vor allem wegen der erzeugten Verlustwärme den Platzbedarf erhöht, da in einem gewissen Abstand um den Messwiderstand keine anderen Bauteile angebracht werden können. Zudem sind für eine solche Messschaltung zusätzliche Bauteile nötig.

Aufgabe und Lösung

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Ermitteln eines Stroms bzw. Spitzenstroms einer Induktionsheizeinrichtung zu schaffen, welches mit geringerer Verlustleistung und/oder apparativem Aufwand arbeitet. Des Weiteren liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Induktionsheizeinrichtung zu schaffen, welche das erfindungsgemäße Verfahren ausführen kann.

[0006] Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zum Ermitteln eines Stroms bzw. Spitzenstroms einer Induktionsheizeinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch eine Induktionsheizeinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 9. Vorteilhafte sowie

bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der weiteren Ansprüche und werden im Folgenden näher erläutert. Dabei werden manche der Merkmale nur für das Verfahren oder nur für die Induktionsheizeinrichtung beschrieben. Sie sollen jedoch unabhängig davon sowohl für das Verfahren als auch für die Induktionsheizeinrichtung selbstständig gelten können. Der Wortlaut der Ansprüche wird durch ausdrückliche Bezugnahme zum Inhalt der Beschreibung gemacht.

[0007] Bei einem Verfahren zum Ermitteln eines Stroms bzw. Spitzenstroms einer Induktionsheizeinrichtung weist diese eine Induktionsspule und einen Kondensator auf, wobei der Kondensator der Induktionsspule parallel geschaltet ist und die Induktionsspule und der Kondensator einen Parallelschwingkreis bilden. Ferner weist die Induktionsheizeinrichtung ein ansteuerbares Schaltmittel auf, das in Serie bzw. als Serienschaltung mit dem Parallelschwingkreis zwischen eine aus einer Netzwechselspannung erzeugte Zwischenkreisspannung und ein Bezugspotential eingeschleift ist. Das ansteuerbare Schaltmittel wird derart angesteuert, dass während eines Heizbetriebs der Induktionsheizeinrichtung eine Schwingung des Parallelschwingkreises bewirkt wird.

[0008] Erfindungsgemäß wird an einem Verbindungsknoten des Parallelschwingkreises und des Schaltmittels eine Schwingkreisspannung gemessen. Von der Schwingkreisspannung wird eine Ableitung ermittelt und ein Maximalwert dieser Ableitung wird für die Ermittlung des Spitzenstroms verwendet. Vorteilhaft wird die erste Ableitung verwendet.

[0009] Eine solche Induktionsheizeinrichtung kann bevorzugt für ein Kochfeld verwendet werden. Hierzu weist die Induktionsspule typischerweise in etwa die Abmessungen einer jeweiligen Projektion eines Kochgeschirrs auf, also rund oder länglich bzw. oval.

[0010] Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht eine Bestimmung des Spitzenstroms basierend auf der Änderung der Schwingkreisspannung. Es nutzt dabei den Zusammenhang zwischen

[0011] Strom i und Änderung der Spannung U mit der Zeit t an einem Kondensator mit der Kapazität C gemäß der Formel:

$$i(t) = C \cdot \frac{dU}{dt}$$

[0012] Für die Bestimmung des Spitzenstroms genügt somit die Messung einer im Schwingkreis ohnehin vorhandenen Spannung. Auf das Einfügen eines Widerstands in der Schaltung, durch welchen ein Strom fließt und über welchem dann die abfallende Spannung gemessen wird, kann somit verzichtet werden. Dies verringert die in der Schaltung anfallende, grundsätzlich unerwünschte Verlustleistung. Damit kann sowohl der Energieverbrauch als auch der Platzbedarf für den Einbau

verringert werden, weil die bei Vorsehen eines Messwiderstands zusätzlich anfallende Verlustleistung, welche als Wärme abgegeben wird, bei dem Verfahren gemäß der Erfindung entfällt.

[0013] Der Kondensator bildet in dem Schwingkreis ein zur Induktionsspule komplementäres Element. Er ist maximal aufgeladen, wenn durch die Induktionsspule kein Strom fließt, und er ist entladen, wenn durch die Induktionsspule der maximale Strom fließt.

[0014] Das ansteuerbare Schaltmittel ist bevorzugt als Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) ausgeführt. Es können alternativ auch andere ansteuerbare Schaltmittel, wie beispielsweise normale Bipolartransistoren, Feldeffekttransistoren oder Relais mit entsprechender Geschwindigkeit verwendet werden.

[0015] Die Zwischenkreisspannung ist vorteilhaft eine Spannung, welche aus der Netzwechselspannung durch Gleichrichten erzeugt wird. Hierfür kann beispielsweise ein Brückengleichrichter verwendet werden. Bei typischen Netzwechselspannungen von wenigen hundert Volt liegt die erzeugte Zwischenkreisspannung deshalb typischerweise auch in dieser Größenordnung. Bei dem Bezugspotential handelt es sich vorteilhaft um das Erdpotential des beispielsweise die Netzwechselspannung liefernden Stromnetzes.

[0016] Durch das zwischen die Zwischenkreisspannung und das Bezugspotential eingeschleifte ansteuerbare Schaltmittel wird der aus der Induktionsspule und dem Kondensator bestehende Parallelschwingkreis angeregt, so dass er trotz der unvermeidlichen Verluste im Schwingkreis kontinuierlich schwingt. Hierzu wird das ansteuerbare Schaltmittel bevorzugt derart angesteuert, dass es den Verbindungsknoten des Parallelschwingkreises und des Schaltmittels periodisch mit einer definierten, bevorzugt einstellbaren Frequenz mit dem Bezugspotential leitend verbindet. Damit fällt jeweils eine Spannung über dem Kondensator ab, welche sich im Wesentlichen als Differenz aus Zwischenkreisspannung und Bezugspotential ergibt. Dies führt dazu, dass der Kondensator wieder aufgeladen wird und damit Verluste im Schwingkreis ausgeglichen werden. Die Frequenz ist dabei bevorzugt an eine Resonanzfrequenz des Schwingkreises angepasst.

[0017] Der Verbindungsknoten des Parallelschwingkreises und des Schaltmittels ist typischerweise mit einem Pol des Kondensators sowie mit einem Pol der Induktionsspule verbunden. Somit liegt an dem Verbindungsknoten eine Spannung relativ zur Zwischenkreisspannung an, welche dem Potentialabfall über dem Kondensator entspricht. Damit ist auch gerechtfertigt, diese Spannung als Schwingkreisspannung zu bezeichnen. Alternativ kann die Schwingkreisspannung auch relativ zu dem Bezugspotential gemessen werden. Dies ergibt aufgrund der konstanten Differenz zwischen der Zwischenkreisspannung und dem Bezugspotential abgesehen von einem konstanten additiven Term und dem Vorzeichen insoweit keinen Unterschied, als für die Zwecke der Ermittlung der Spitzenspannung ohnehin nur die ma-

ximale Steigung relevant ist.

[0018] Von der Schwingkreisspannung wird eine Ableitung ermittelt, bevorzugt die erste Ableitung nach der Zeit. Bei der ersten Ableitung nach der Zeit handelt es sich um die Änderung der Schwingkreisspannung mit der Zeit. Die Ermittlung der Ableitung kann dabei sowohl schaltungstechnisch als auch durch ein auf einem Prozessor oder Computer ausgeführtes Programm durchgeführt werden. Schaltungstechnisch kann die Ermittlung der Ableitung beispielsweise mittels eines Differenzierglieds erfolgen. In einem Programm bzw. einer Software kann die Ermittlung der Ableitung vorteilhaft dadurch implementiert werden, dass von zwei aufeinanderfolgenden Messwerten der Schwingkreisspannung die Differenz ermittelt wird und diese durch den Zeitabstand der beiden den Messwerten zugeordneten Messpunkte dividiert wird.

[0019] Bevorzugt wird der Spitzenstrom durch Multiplikation des Maximalwerts der Ableitung mit einer Schwingkreiskapazität ermittelt. Dies entspricht der obigen Formel zum Zusammenhang zwischen Strom und Spannungsänderung. Damit kann ein numerischer Wert für den Spitzenstrom erhalten werden.

[0020] Alternativ hierzu kann beispielsweise der ermittelte Maximalwert auch unmittelbar in einer Schaltung zur Regelung der Induktionsvorrichtung verwendet werden, wobei der Maximalwert gemäß obiger Gleichung unproblematisch einen Wert angibt, welcher zu dem Spitzenstrom proportional ist. In diesem Fall kann auf die Multiplikation des Maximalwerts mit einer als numerischen Wert bestimmten Schwingkreiskapazität verzichtet werden. Bei entsprechender Wahl der Parameter der Regelung erfüllt diese trotzdem die beabsichtigte Aufgabe.

[0021] Gemäß einer bevorzugten Ausführung wird die Schwingkreisspannung während jeweiliger Messzeiträume gemessen, wobei jeder Messzeitraum zumindest einen Nulldurchgang enthält, an welchem die Schwingkreisspannung der Zwischenkreisspannung entspricht. Bei einem solchen Nulldurchgang fällt anders ausgedrückt über dem Kondensator lediglich eine Spannung von 0 V ab. Gemäß dem bekannten Zusammenhang zwischen Strom und Spannung beim Kondensator im Wechselstrombetrieb erreicht an genau einem solchen Nulldurchgang die Stromstärke ihren Maximalwert. Es genügt somit grundsätzlich, die Ableitung der Schwingkreisspannung an diesem Nulldurchgang zu bestimmen. Dies kann bevorzugt dadurch erfolgen, dass ein Messpunkt unmittelbar vor dem Nulldurchgang und ein weiterer Messpunkt unmittelbar nach dem Nulldurchgang zur Berechnung der Ableitung herangezogen werden. Bei zuverlässiger Bestimmung des Nulldurchgangs kann damit der Rechenaufwand verringert werden.

[0022] Alternativ kann der Maximalwert der Ableitung beispielsweise auch dadurch ermittelt werden, dass die gemessene Schwingkreisspannung während des gesamten Messzeitraums an allen Messpunkten in bekannter Weise numerisch differenziert und von der derart ge-

wonnenen numerischen ersten Ableitung ein Maximalwert berechnet wird. Die Berechnung dieses Maximalwerts kann beispielsweise durch Vergleich der Werte und Beibehalten des größten Werts oder durch nochmalige numerische Differenzierung und Ermittlung der Nullstelle der zweiten Ableitung der Schwingkreisspannung ermittelt werden.

[0023] Bevorzugt verbindet das Schaltmittel innerhalb periodisch wiederkehrender Schaltzeiträume den Verbindungsknoten mit dem Bezugspotential, wobei ferner die Messzeiträume alternierend zu den Schaltzeiträumen sind. Dies kann beispielsweise derart sein, dass jeweils ein Messzeitraum unmittelbar auf einen Schaltzeitraum folgt und solange dauert, bis der nächste Schaltzeitraum beginnt. Eine solche Ausführung kann beispielsweise einfach mittels eines Registers in einem Mikrocontroller ausgeführt werden, wobei ein entsprechender Wert im Register steuert, ob es gerade ein Messzeitraum oder ein Schaltzeitraum ist. Alternativ kann beispielsweise ein jeweiliger Schaltzeitraum mit einer gewissen Verzögerung zu einem Messzeitraum beginnen bzw. ein Schaltzeitraum kann mit einer gewissen Verzögerung zu einem Messzeitraum beginnen. Damit kann Laufzeiten im System Rechnung getragen werden.

[0024] Durch die alternierende Ausführung von Messzeiträumen und Schaltzeiträumen wird erreicht, dass die Schwingkreisspannung in Zeiträumen gemessen wird, in welchen der Schwingkreis nicht angeregt ist und somit den bereits weiter oben beschriebenen Nulldurchgang durchführt. Typischerweise benötigt die Schwingkreisspannung eine gewisse Zeit, bis nach Abschalten des Schaltmittels bei Ende des Schaltzeitraums, während welchem die Schwingkreisspannung aufgrund des leitend geschalteten Schaltmittels auf dem Bezugspotential liegt, durch Entladung des Kondensators und entsprechende Erhöhung der Stromstärke durch die Spule ein Nulldurchgang erreicht ist. An diesem Nulldurchgang kann dann, wie weiter oben bereits beschrieben wurde, die Ableitung der Schwingkreisspannung einfach gemessen werden.

[0025] Bevorzugt wird die Schwingkreisspannung während der Messzeiträume periodisch in vorbestimmten Zeitabständen gemessen. Damit liegt ein jeweiliger Datensatz vor, welcher den Verlauf der Schwingkreisspannung mit einer gleichbleibenden zeitlichen Unterteilung angibt. Die Berechnung der Ableitung wird mittels der periodisch in vorbestimmten Zeitabständen erfolgenden Messung vereinfacht, weil keine unterschiedlichen Zeitabstände auftreten, welche bei der Berechnung der Ableitung berücksichtigt werden müssten, sondern es kann immer der gleiche Zeitabstand zur numerischen Berechnung der Ableitung verwendet werden.

[0026] Weiter bevorzugt wird unmittelbar nach einem Nulldurchgang zur Berechnung des Maximalwerts der Ableitung eine Differenz zwischen zwei aufeinanderfolgend gemessenen Werten der Schwingkreisspannung berechnet und durch den zwischen den Messungen gelegenen Zeitabstand dividiert. Dies entspricht der bereits

oben beschriebenen Berechnung der Ableitung, wobei diese hier an einem Nulldurchgang erfolgt, so dass schon aufgrund der bekannten elektrotechnischen Gesetzmäßigkeiten der Maximalwert der Ableitung ermittelt wird. Grundsätzlich kann bei einer solchen Ausführung dann auf eine laufende bzw. kontinuierliche Ermittlung der Ableitung verzichtet werden.

[0027] Besonders bevorzugt wird aus der während des Messzeitraums ermittelten Schwingkreisspannung ein Tiefpunkt der Schwingkreisspannung ermittelt, was zur Arbeitspunktbestimmung verwendet werden kann. Zur Bestimmung des Arbeitspunkts, d.h. desjenigen Punkts, an welchem die Schwingkreisspannung ihren Tiefpunkt erreicht und somit eine Verbindung des Verbindungsknotens mit dem Bezugspotential bei einer möglichst geringen Differenz zwischen Schwingkreisspannung und Bezugspotential möglich ist, wird vorteilhaft eine eigenständige Schaltung verwendet, beispielsweise als Low-Point-Schaltung. Bei Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann aus dem Verlauf der Schwingkreisspannung gleichzeitig der optimale Arbeitspunkt bestimmt werden, so dass die Low-Point-Schaltung entfallen kann zur weiteren Einsparung von Komplexität und Kosten.

[0028] Zur Bestimmung des Tiefpunkts werden zwei Zeiten bestimmt, welche anhand der Messwerte unmittelbar zugänglich sind:

t_1 : Diejenige Zeit, welche nach dem Ausschalten des Schaltelements, d.h. nach Unterbrechung der Verbindung zum Bezugspotential, benötigt wird, um die Schwingkreisspannung auf einen Wert ansteigen zu lassen, welcher der Zwischenkreisspannung entspricht. Es ist also die Zeit, welche ab Ende eines Schaltzeitraums bis zum ersten Nulldurchgang vergeht.

t_2 : Zeitlicher Abstand zwischen dem positiven und negativen Durchschreiten der Zwischenkreisspannung durch die Schwingkreisspannung. Es ist also der Abstand zweier unmittelbar aufeinanderfolgender, gegenläufiger Nulldurchgänge.

[0029] Weil die Zeit t_2 einer halben freien Schwingungsperiode (180°) entspricht und der Strom zur Spannung um 90° phasenverschoben ist, ergibt sich eine bis zum Tiefpunkt benötigte Ausschwingzeit t_{off} über folgende Formel:

$$t_{\text{off}} = \frac{360^\circ - 90^\circ}{0,5 \cdot 360^\circ} \cdot t_2 + t_1 = 1,5 \cdot t_2 + t_1$$

[0030] Gemäß einer zur numerischen Vorgehensweise alternativen Ausführung wird die Schwingkreisspannung einem Differenzierglied zugeführt, wobei ein Maxi-

malwert eines Ausgangssignals des Differenzierglieds als Maximalwert der Ableitung ermittelt wird. Derartige Differenzierglieder sind dem Fachmann bekannt. Sie ermöglichen die Differenzierung eines Signals mittels schaltungstechnischer Komponenten. In diesem Fall bedeutet "Messen" das Zuführen zum Differenzierglied. Ein Maximalwert des Ausgangssignals des Differenzierglieds kann beispielsweise durch Vergleich der Werte oder durch numerisches Differenzieren und Ermitteln der Nullstelle berechnet werden. Somit genügt eine Ermittlung der Zeiten der beiden Nulldurchgänge relativ zum Schaltzeitraum, um den optimalen Beginn des nächsten Schaltzeitraums zu ermitteln.

[0031] Bevorzugt wird die Schwingkreisspannung einem Analog-Digital-Wandler über einen Impedanzwandler zugeführt. Damit können eventuell auftretende Diskrepanzen zwischen der maximal von einem Analog-Digital-Wandler tolerierten Impedanz und einer aus anderen schaltungstechnischen Gründen eventuell notwendigen Impedanz des Schwingkreises überbrückt werden. Auch kann damit eine Belastung des Signals durch das erforderliche Laden eines Halteglieds des Analog-Digital-Wandlers verringert werden.

[0032] Die Erfindung betrifft des Weiteren eine Induktionsheizeinrichtung mit einer Induktionsspule, einem Kondensator parallel zur Induktionsspule, wobei die Induktionsspule und der Kondensator einen Parallelschwingkreis bilden, und mit einem ansteuerbaren Schaltmittel. Dieses ist in Serie mit dem Parallelschwingkreis zwischen eine Zwischenkreisspannung und ein Bezugspotential eingeschleift und wird derart angesteuert, dass während eines Heizbetriebs eine Schwingung des Parallelschwingkreises bewirkt wird. Erfindungsgemäß weist die Induktionsheizeinrichtung ferner eine Auswerteeinrichtung auf zur Messung einer Schwingkreisspannung an einem Verbindungsknoten des Parallelschwingkreises und des Schaltmittels. Sie dient auch zur Ermittlung einer Ableitung der Schwingkreisspannung und zur Ermittlung eines Maximalwerts dieser Ableitung.

[0033] Mittels der erfindungsgemäßen Induktionsheizeinrichtung kann vorteilhaft das erfindungsgemäße Verfahren ausgeführt werden. Die Induktionsheizeinrichtung macht sich somit die bereits mit Bezug auf das Verfahren besprochenen Vorteile zu Nutze. Insbesondere liefert die erfindungsgemäße Induktionsheizeinrichtung einen Maximalwert der Ableitung der Schwingkreisspannung basierend auf einer Messung an einem Verbindungsknoten, ohne dass ein zusätzlicher Messwiderstand erforderlich wäre. Die Ausführungen zu den bereits mit Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren beschriebenen Komponenten gelten sinngemäß für die erfindungsgemäße Induktionsheizeinrichtung.

[0034] Nachfolgend werden zwei mögliche Ausführungen der Auswerteeinrichtung beschrieben.

[0035] Gemäß einer ersten Ausführung weist die Auswerteeinrichtung einen Analog-Digital-Wandler zur Messung der Schwingkreisspannung sowie diesem zugeordnete Prozessormittel und damit verbundene Speicher-

mittel auf. In den Speichermitteln sind Instruktionen gespeichert, durch welche bei Ausführung durch die Prozessormittel ein vorbeschriebenes Verfahren ausgeführt wird, mit Ausnahme der Verfahrensführung unter Verwendung eines Differenzierglieds. Mit Ausnahme der Verfahrensführung unter Verwendung eines Differenzierglieds können alle mit Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren beschriebenen möglichen Ausführungen auf eine solche Auswerteeinrichtung entsprechend angewendet werden.

[0036] Der Analog-Digital-Wandler kann auf eine von mehreren bekannten Arten ausgeführt sein. Er ist einseitig zur Messung der Schwingkreisspannung typischerweise mit dem Verbindungsknoten zwischen dem Schwingkreis und dem Schaltmittel verbunden. Dabei kann auch zwischen dem Analog-Digital-Wandler und dem Verbindungsknoten ein Impedanzwandler vorgesehen sein.

[0037] Bei den Prozessormitteln kann es sich beispielsweise um einen handelsüblichen Microcontroller, eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) oder ein ähnliches Element handeln. Bei den Speichermitteln kann es sich beispielsweise um eine Festplatte, ein EEPROM oder andere bekannte Speichermittel handeln, welche von den Prozessormitteln ausgelesen werden können. Bevorzugt wird als Prozessormittel ein 32 Bit-Microcontroller mit entsprechender interner Peripherie verwendet.

[0038] Die Prozessormittel können eine alternierende Abfolge von Messzeiträumen und Schaltzeiträumen beispielsweise mittels eines Registers implementieren, wobei ein Wert in dem Register angibt, ob derzeit ein Messzeitraum oder ein Schaltzeitraum vorherrscht. Ein Abstand zwischen Messzeiträumen und Schaltzeiträumen kann vorteilhaft mittels eines integrierten Zählers implementiert werden. Auch das Vorsehen von vorbestimmten Zeitabständen, nach welchen jeweils periodisch die Schwingkreisspannung gemessen wird, kann mittels eines Zählers, beispielsweise in einem Register, implementiert werden. Gemäß einer bevorzugten Ausführung berechnen die Prozessormittel nach einem Nulldurchgang zur Berechnung des Maximalwerts der Ableitung eine Differenz zwischen zwei aufeinanderfolgend gemessenen Werten der Schwingkreisspannung und dividieren diese durch den zwischen den Messungen gelegenen Zeitabstand. Dies ermöglicht die Ermittlung des Maximalwerts mittels nur einer Berechnung der Ableitung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Messpunkten.

[0039] Sofern die Prozessormittel auch den Tiefpunkt nach dem bereits weiter oben beschriebenen Verfahren unter Verwendung der bereits weiter oben beschriebenen Formel berechnen, kann die erfindungsgemäße Induktionsheizeinrichtung auf eine zusätzliche Low-Point-Schaltung verzichten. Für die Implementierung der obigen Formel kann auf übliche Rechenoperationen zurückgegriffen werden.

[0040] Die Induktionsheizeinrichtung mit der eben be-

schriebenen ersten Ausführung einer Auswerteeinrichtung weist bevorzugt einen Impedanzwandler auf, welcher eingangsseitig mit dem Verbindungsknoten zwischen Parallelschwingkreis und Schaltelement und ausgangssseitig mit dem Analog-Digital-Wandler verbunden ist zur Anpassung der Impedanz des Schwingkreises an eine maximal zulässige Impedanz des Analog-Digital-Wandlers.

[0041] Gemäß einer zweiten möglichen Ausführung weist die Auswerteeinrichtung ein Differenzierglied, welches eingangsseitig mit dem Verbindungsknoten verbunden ist, einen Analog-Digital-Wandler zur Messung eines Ausgangssignals des Differenzierglieds, sowie dem Analog-Digital-Wandler zugeordnete Prozessormittel und damit verbundene Speichermittel auf. In den Speichermitteln sind Instruktionen gespeichert, durch welche bei Ausführung durch die Prozessormittel ein erfindungs-gemäßes Verfahren unter Verwendung eines Differenzierglieds, wie weiter oben beschrieben wurde, ausgeführt wird. Dabei digitalisiert im Unterschied zur ersten Ausführung der Auswerteeinrichtung der Analog-Digital-Wandler nicht die Schwingkreisspannung, sondern bereits die Ableitung der Schwingkreisspannung. Es genügt dann beispielsweise, wenn die Prozessormittel den höchsten erhaltenen Wert ermitteln, dabei handelt es sich dann um den Maximalwert der Ableitung. Alternativ kann der Maximalwert von den Prozessormitteln beispielsweise auch durch numerische Differenzierung des erhaltenen Signals und Ermitteln einer Nullstelle ermittelt werden.

[0042] Die weiteren Bemerkungen zur ersten Ausführung einer Auswerteeinrichtung gelten, soweit diese nicht mit der Verwendung eines Differenzierglieds erkenntlich inkompatibel sind, auch für die zweite Ausführung der Auswerteeinrichtung.

[0043] Der Analog-Digital-Wandler sowohl gemäß der ersten als auch der zweiten Ausführung der Auswerteeinrichtung kann in einem Prozessor oder Microcontroller integriert sein. Dies ermöglicht es beispielsweise, einen Prozessor oder Microcontroller mit integriertem Analog-Digital-Wandler zu verwenden, welcher im Vergleich zu einer separaten Ausführung von Analog-Digital-Wandler und Prozessor oder Microcontroller Platz und Kosten einspart. Außerdem wird die Signalverarbeitung damit beschleunigt.

[0044] Diese und weitere Merkmale gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei einer Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird. Die Unterteilung der Anmeldung in Zwischen-Überschriften und einzelne Abschnitte beschränkt die unter diesen gemachten Aussagen nicht in ihrer Allgemeingültigkeit.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0045] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen schematisch dargestellt und werden im Folgenden näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 ein schematisches Schaltdiagramm einer Induktionsheizeinrichtung mit Auswerteeinrichtung gemäß der ersten Ausführung,

Fig. 2 ein schematisches Schaltdiagramm einer Induktionsheizeinrichtung mit Auswerteeinrichtung gemäß der zweiten Ausführung,

Fig. 3 ein Verfahren zum Ermitteln eines Spitzenstroms und

Fig. 4 ein Zeitdiagramm.

Detaillierte Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0046] Fig. 1 zeigt ein Schaltbild eines Ausführungsbeispiels einer Induktionsheizeinrichtung mit einer Auswerteeinrichtung gemäß der ersten Ausführung wie oben beschrieben. Die Induktionsheizeinrichtung weist Anschlussklemmen 1 zum Anschluss einer Wechselspannung UN auf, beispielsweise 230 V und 50 Hz, die von einem Brückengleichrichter 2 gleichgerichtet wird. An einem Ausgang des Brückengleichrichters 2 liegt eine Zwischenkreisspannung UZ an, die von einem Zwischenkreiskondensator 3 gepuffert wird.

[0047] Eine Induktionsspule 4 und ein Kondensator 6 sind parallel geschaltet und bilden einen Parallelschwingkreis 7. Die Induktionsspule 4 ist dabei so platziert, dass oberhalb der Induktionsspule 4 ein Kochgeschirr 5 angeordnet werden kann zur Beheizung mittels der Induktionsheizeinrichtung. Dies erfolgt derart, dass der Parallelschwingkreis 7 zum Schwingen gebracht wird, so dass ein Wechselstrom durch die Induktionsspule 4 fließt, wodurch diese wiederum ein zeitlich veränderliches Magnetfeld erzeugt zum Erhitzen des Kochgeschirrs 5.

[0048] Ein ansteuerbares Schaltmittel als IGBT 8 ist in Serie mit dem Parallelschwingkreis 7 zwischen die Zwischenkreisspannung UZ und ein Bezugspotential in Form einer Massespannung GND eingeschleift. Der IGBT 8 wird von einem Prozessormittel in Form eines Microcontrollers 10 angesteuert, der vorteilhaft ein 32 Bit-Microcontroller ist. Eine Freilaufdiode 9 ist der Kollektor-Emitter-Strecke des IGBT 8 parallelgeschaltet.

[0049] Der Microcontroller 10 bildet hier auch die Auswerteeinrichtung und weist einen Analog-Digital-Wandler 11 sowie Speichermittel in Form eines EEPROMS 12 auf. Der Analog-Digital-Wandler 11 ist mit einem Verbindungsknoten N zwischen dem Parallelschwingkreis 7 und dem IGBT 8 verbunden. An dem Verbindungsknoten N liegt eine Schwingkreisspannung UC an, welche somit mit Hilfe des Analog-Digital-Wandlers 11 gemessen wer-

den kann.

[0050] In dem EEPROM 12 sind Instruktionen gespeichert, welche das Verhalten des Microcontrollers 10 steuern. Diese Instruktionen sorgen dafür, dass der Microcontroller 10 in periodisch wiederkehrenden Schaltzeiträumen den IGBT 8 derart ansteuert, dass der Verbindungsknoten N mit der Massespannung GND verbunden wird. In derartigen Schaltzeiträumen fällt somit die Zwischenkreisspannung UZ, bezogen auf die Massespannung GND, über dem Kondensator 6 ab, wodurch dieser aufgeladen wird. Diese Instruktionen sorgen ebenfalls dafür, dass unmittelbar nach Ende eines jeweiligen Schaltzeitraums ein Messzeitraum beginnt, wobei innerhalb eines Messzeitraums der Analog-Digital-Wandler 11 die Schwingkreisspannung UC misst, und zwar in Zeitabständen von jeweils einer Mikrosekunde. Eine jeweilige Messung wird dabei auch als Messpunkt bezeichnet, somit beträgt ein Zeitabstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Messpunkten jeweils eine Mikrosekunde.

[0051] Die in dem EEPROM 12 gespeicherten Instruktionen sorgen des Weiteren dafür, dass der Microcontroller 10 erkennt, wenn die von dem Analog-Digital-Wandler 11 gemessene Schwingkreisspannung UC als Nulldurchgang die Zwischenkreisspannung UZ durchschritten hat. Dies kann beispielsweise durch Vergleich der jeweils gemessenen Werte mit der bekannten Zwischenkreisspannung UZ erfolgen. Nachdem der Microcontroller 10 dies erkannt hat, berechnet er eine Differenz zwischen einer gemessenen Schwingkreisspannung UC bei einem Messpunkt unmittelbar nach dem Nulldurchgang und einer gemessenen Schwingkreisspannung UC bei einem Messpunkt unmittelbar vor dem Nulldurchgang. Es versteht sich, dass diese beiden Messpunkte unmittelbar benachbart zueinander sind. Der berechnete Wert dieser Differenz wird anschließend durch den bekannten Zeitabstand von einer Mikrosekunde geteilt, wodurch die Spannungsänderung je Zeiteinheit, oder anders ausgedrückt die erste Ableitung der Schwingkreisspannung UC am Nulldurchgang, berechnet wird. Der derart erhaltene Wert wird anschließend noch mit der bekannten Schwingkreiskapazität C multipliziert, wodurch ein Wert für den Spitzenstrom i erhalten wird. Zusammengefasst erfolgt die Berechnung des Spitzenstroms i nach der bekannten Formel:

$$i(t) = C \cdot \frac{dU}{dt}$$

[0052] Die in dem EEPROM 12 gespeicherten Instruktionen sorgen ebenfalls dafür, dass der Microcontroller 10 die Zeit von dem Ende des Schaltzeitraums bis zum Nulldurchgang, welche auch als t_1 bezeichnet wird, bestimmt und abspeichert. Nach dem Erkennen des Nulldurchgangs wertet der Microcontroller 10 die erhaltenen

Messwerte weiterhin aus, um einen zweiten, gegenläufigen Nulldurchgang zu erkennen. Damit bestimmt der Microcontroller 10 dann auch den Abstand als Zeit t_2 zwischen zwei aufeinanderfolgenden, gegenläufigen Nulldurchgängen. Damit berechnet schließlich der Microcontroller 10 eine Ausschwingzeit t_{Off} , welche die Zeitdauer zwischen dem Ende des letzten Schaltzeitraums und einem Tiefpunkt der Schwingkreisspannung UC angibt nach der Formel:

$$t_{\text{Off}} = \frac{360^\circ - 90^\circ}{0,5 \cdot 360^\circ} \cdot t_2 + t_1 = 1,5 \cdot t_2 + t_1$$

[0053] Mittels der berechneten Ausschwingzeit t_{Off} kann der Microcontroller 10 den idealen Arbeitspunkt bestimmen, an welchem der nächste Schaltzeitraum beginnen soll zur internen Optimierung der Schaltzeiträume dadurch.

[0054] Der von dem Microcontroller 10 berechnete Wert für den Spitzenstrom i wird in bekannter Art und Weise für eine Regelung des Schwingkreises 7 verwendet. Hierauf wird hier nicht weiter eingegangen.

[0055] Fig. 2 zeigt ein Schaltbild eines Ausführungsbeispiels einer Induktionsheizeinrichtung, welches im Vergleich zu demjenigen von Fig. 1 abgewandelt ist. Auf gleiche Komponenten wird bei der Beschreibung der Induktionsheizeinrichtung von Fig. 2 nicht erneut eingegangen. Vielmehr soll auf die Unterschiede eingegangen werden.

[0056] Der wesentliche Unterschied zwischen dem Ausführungsbeispiel von Fig. 2 im Vergleich zu demjenigen von Fig. 1 ist, dass zwischen dem Verbindungsknoten N und dem Analog-Digital-Wandler 11 des Microcontrollers 10 ein Differenzierglied 20 angeordnet ist, welches einen Kondensator 21 und einen Widerstand 22 aufweist. Der Widerstand 22 ist dabei mit einem Pol mit der Massespannung GND verbunden. Zwischen dem Kondensator 21 und dem Widerstand 22 wird eine dem Analog-Digital-Wandler 11 zuzuführende Spannung abgegriffen. Das Differenzierglied 20 bildet zusammen mit dem Microcontroller 10 die Auswerteeinrichtung.

[0057] Das Differenzierglied 20 sorgt dafür, dass die am Verbindungsknoten N abgegriffene Schwingkreisspannung UC einmal differenziert wird und somit bereits die erste Ableitung nach der Zeit dem Analog-Digital-Wandler 11 zugeleitet wird. Die in dem EEPROM 12 gespeicherten Instruktionen sind deshalb in diesem Ausführungsbeispiel derart, dass nicht mehr ein Nulldurchgang, sondern ein Maximalwert der von dem Analog-Digital-Wandler 11 innerhalb eines Messzeitraums gemessenen Werte ermittelt wird. Dies kann beispielsweise durch einen einfachen Vergleich der Werte erfolgen. Alternativ könnte auch das erhaltene Signal numerisch differenziert und ein Nullpunkt der somit erhaltenen zweiten Ableitung bestimmt werden.

[0058] Es sei verstanden, dass bei dem zu berechnenden Maximum der Eingangssignale der erste Nulldurchgang liegt, und dass auch der zweite Nulldurchgang innerhalb des Messzeitraums von dem Microcontroller 10 ermittelt werden kann, nämlich durch Ermitteln des Minimums der Eingangssignale. Damit ist es auch möglich, die weiter oben bereits beschriebenen Zeiten t_1 und t_2 zu bestimmen und abhängig davon die Ausschwingzeit t_{Off} zu berechnen.

[0059] Ansonsten ist die Funktionsweise der Induktionsheizung von Fig. 2 einschließlich des Mikrocontrollers 10 weitgehend identisch zu derjenigen von Fig. 1.

[0060] Fig. 3 zeigt ein Verfahren zur Berechnung des Spitzenstroms, wie es beispielsweise mit der Induktionsheizvorrichtung von Fig. 1 ausgeführt werden kann. Hierzu sind in dem EEPROM 12 entsprechende Instruktionen gespeichert, welche den Microcontroller 10 dazu veranlassen, die jeweiligen Verfahrensschritte auszuführen.

[0061] In Schritt S1 wird ermittelt, dass ein Schaltzeitraum beendet ist. Dies kann beispielsweise mittels eines Registers in dem Microcontroller 10 erfolgen, welches anzeigt, ob derzeit ein Schaltzeitraum oder ein Messzeitraum vorherrscht.

[0062] In Schritt S2 wird die Schwingkreisspannung periodisch gemessen. Dies erfolgt beispielsweise in Abständen von jeweils einer Mikrosekunde.

[0063] In Schritt S3 wird ein Nulldurchgang der Schwingkreisspannung ermittelt, indem die jeweils gemessenen Werte mit dem bekannten Wert der Zwischenkreisspannung verglichen werden.

[0064] In Schritt S4 wird anschließend die erste Ableitung der Schwingkreisspannung am Nulldurchgang berechnet, indem die gemessenen Werte der Schwingkreisspannung an einem Messpunkt unmittelbar nach dem Nulldurchgang und an einem Messpunkt unmittelbar vor dem Nulldurchgang voneinander abgezogen werden. Die derart ermittelte Differenz wird durch den Zeitabstand der beiden Messpunkte dividiert.

[0065] In Schritt S5 wird der Spitzenstrom durch Multiplikation des Werts der ersten Ableitung, wie er gerade berechnet wurde, mit der bekannten Schwingkreis Kapazität ermittelt. Damit kennt nach dem Ende der Ausführung des in Fig. 3 dargestellten Verfahrens der Microcontroller 10, welcher dieses Verfahren ausgeführt hat, den Spitzenwert der Schwingkreisspannung.

[0066] Fig. 4 zeigt typische Verläufe der Zwischenkreisspannung UZ, der Schwingkreisspannung UC, eines Schaltparameters S für die Steuerung des Schaltmittels sowie eines durch den Schwingkreis fließenden Stroms I.

[0067] Die Zwischenkreisspannung UZ bleibt konstant. Der Schaltparameter S wechselt lediglich zwischen zwei Werten, welche in Fig. 2 dimensionslos dargestellt sind. An denjenigen Stellen, an welchen der Schaltparameter S den höheren Wert einnimmt, wird das Schaltmittel so angesteuert, dass es leitend wird und somit den Verbindungsknoten N mit der Massespannung GND verbindet. Dementsprechend befindet sich in die-

sen Zeiträumen, welche auch als Schaltzeiträume bezeichnet werden, die Schwingkreisspannung UC auf ihrem niedrigsten Wert, da der Verbindungsknoten N geerdet ist.

[0068] Nach dem Ende des Schaltzeitraums steigt die Schwingkreisspannung UC an und wird zu den in Fig. 4 dargestellten Messpunkten M gemessen. Nach Ablauf der Zeit t_1 erreicht die Schwingkreisspannung UC den Wert der Zwischenkreisspannung ZU als Nulldurchgang. Dann steigt die Schwingkreisspannung UC weiter an, erreicht ein Maximum und fällt anschließend wieder ab, um nach der Zeit t_2 seit dem letzten Nulldurchgang einen gegenläufigen Nulldurchgang auszuführen. Danach fällt die Schwingkreisspannung UC noch weiter ab, bis nach der Ausschwingzeit t_{Off} der nächste Schaltzeitraum beginnt. In diesem ist der Verbindungsknoten N wiederum geerdet und die Schwingkreisspannung UC somit minimal. Es sei verstanden, dass der hier gezeigte Verlauf insofern idealisiert ist, als der Beginn des nächsten Schaltzeitraums auf den idealen Wert gesetzt ist, nämlich die Zeitdauer t_{Off} der Ausschwingzeit seit dem Ende des letzten Schaltzeitraums. Dies kann, wie bereits oben beschrieben wurde, durch Verwendung der Zeiten t_1 und t_2 erreicht werden.

[0069] Der durch den Schwingkreis fließende Strom I erreicht am Nulldurchgang der Schwingkreisspannung UC sein Maximum I_S , fällt anschließend ab und erreicht in etwa am gegenläufigen Nulldurchgang der Schwingkreisspannung UC sein Minimum. Anschließend steigt er wieder an, insbesondere steigt er während der Schaltzeiträume an. Dieser Zusammenhang erklärt sich aus den grundlegenden Gleichungen eines Parallelschwingkreises. Er wird in der bereits weiter oben beschriebenen Art und Weise dafür genutzt, den Spitzenstrom I_S am Nulldurchgang der Schwingkreisspannung UC mittels der Berechnung der Ableitung der Schwingkreisspannung UC an nur einem Punkt zu ermitteln.

[0070] Die gezeigten Ausführungsbeispiele ermöglichen eine Ermittlung des Spitzenstroms I_S mit besonders einfachen und zuverlässigen Mitteln und unter Vermeidung von Verlustleistung an einem Messwiderstand.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln eines Spitzenstroms (I_S) einer Induktionsheizeinrichtung mit

- einer Induktionsspule (4),
- einem Kondensator (6), welcher der Induktionsspule (4) parallel geschaltet ist, wobei die Induktionsspule (4) und der Kondensator (6) einen Parallelschwingkreis (7) bilden, und
- einem ansteuerbaren Schaltmittel (8), das mit dem Parallelschwingkreis (7) eine Serienschaltung bildet, wobei diese Serienschaltung zwischen eine aus einer Netzwechselspannung erzeugte Zwischenkreisspannung (UZ) und ein

Bezugspotential (GND) eingeschleift ist,

wobei das ansteuerbare Schaltmittel (8) derart angesteuert wird, dass während eines Heizbetriebs der Induktionsheizeinrichtung eine Schwingung des Parallelschwingkreises (7) bewirkt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

- an einem Verbindungsknoten (N) des Parallelschwingkreises (7) und des Schaltmittels (8) eine über dem Schaltmittel (8) abfallende Schwingkreisspannung (UC) gemessen wird,
- von der Schwingkreisspannung (UC) eine Ableitung ermittelt wird und
- ein Maximalwert der Ableitung für die Ermittlung des Spitzenstroms I_S verwendet wird.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Spitzenstrom I_S durch Multiplikation des Maximalwerts der Ableitung mit einer Schwingkreiskapazität ermittelt wird.

3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schwingkreisspannung (UC) während jeweiliger Messzeiträume gemessen wird, wobei jeder Messzeitraum zumindest einen Nulldurchgang enthält, an welchem die Schwingkreisspannung (UC) der Zwischenkreisspannung (UZ) entspricht.

4. Verfahren gemäß Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schaltmittel (8) innerhalb periodisch wiederkehrender Schaltzeiträume den Verbindungsknoten (N) mit dem Bezugspotential (GND) verbindet und wobei die Messzeiträume alternierend zu den Schaltzeiträumen sind.

5. Verfahren gemäß Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schwingkreisspannung (UC) während der Messzeiträume periodisch in vorbestimmten Zeitabständen gemessen wird.

6. Verfahren gemäß Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** unmittelbar nach einem Nulldurchgang zur Berechnung des Maximalwerts der Ableitung eine Differenz zwischen zwei aufeinanderfolgend gemessenen Werten der Schwingkreisspannung (UC) berechnet und durch den zwischen den Messungen gelegenen Zeitabstand dividiert wird.

7. Verfahren gemäß Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus der während des Messzeitraums gemessenen Schwingkreisspannung (UC) ein Tiefpunkt der Schwingkreisspannung (UC) ermittelt wird.

8. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schwingkreis-

spannung (UC) einem Differenzierglied (20) zugeleitet wird und ein Maximalwert eines Ausgangssignals des Differenzierglieds (20) als Maximalwert der Ableitung ermittelt wird.

9. Induktionsheizeinrichtung mit

- einer Induktionsspule (4),
- einem Kondensator (6), welcher der Induktionsspule (4) parallel geschaltet ist, wobei die Induktionsspule (4) und der Kondensator (6) einen Parallelschwingkreis (7) bilden,
- einem ansteuerbaren Schaltmittel (8), das mit dem Parallelschwingkreis (7) eine Serienschaltung bildet, wobei diese Serienschaltung zwischen einer aus einer Netzwechselspannung erzeugten Zwischenkreisspannung (UZ) und einem Bezugspotential (GND) eingeschleift ist und
- einer Ansteuerung des ansteuerbaren Schaltmittels (8) derart, dass während eines Heizbetriebs eine Schwingung des Parallelschwingkreises (7) bewirkt wird,

gekennzeichnet durch

eine Auswerteeinrichtung (10, 11, 12, 20, 21, 22) zur Messung einer über dem Schaltmittel (8) abfallenden Schwingkreisspannung (UC) an einem Verbindungsknoten (N) des Parallelschwingkreises (7) und des Schaltmittels (8) und zur Ermittlung einer Ableitung der Schwingkreisspannung (UC) und zur Ermittlung eines Maximalwerts der Ableitung.

10. Induktionsheizeinrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auswerteeinrichtung (10, 11, 12) einen Analog-Digital-Wandler (11) zur Messung der Schwingkreisspannung (UC) sowie diesem zugeordnete Prozessormittel (10) und damit verbundene Speichermittel (12) aufweist, wobei in den Speichermitteln (12) Instruktionen gespeichert sind, durch welche bei Ausführung durch die Prozessormittel (10) ein Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 ausgeführt wird.

11. Induktionsheizeinrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auswerteeinrichtung (10, 11, 12, 20, 21, 22) folgendes aufweist:

- ein Differenzierglied (20), welches einseitig mit dem Verbindungsknoten (N) verbunden ist,
- einen Analog-Digital-Wandler (11) zur Messung eines Ausgangssignals des Differenzierglieds (20),
- sowie dem Analog-Digital-Wandler (11) zugeordnete Prozessormittel (10) und damit verbundene Speichermittel (12), wobei in den Speichermitteln (12) Instruktionen gespeichert sind, durch welche bei Ausführung durch die Prozes-

sormittel (10) ein Verfahren gemäß Anspruch 8 ausgeführt wird.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

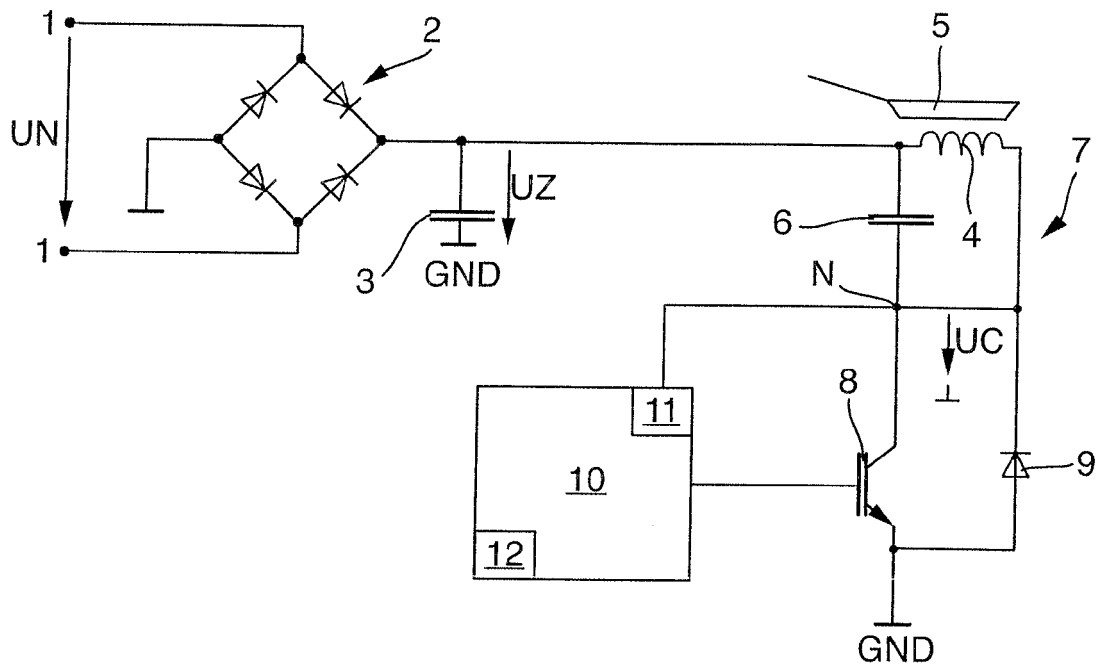


Fig. 1

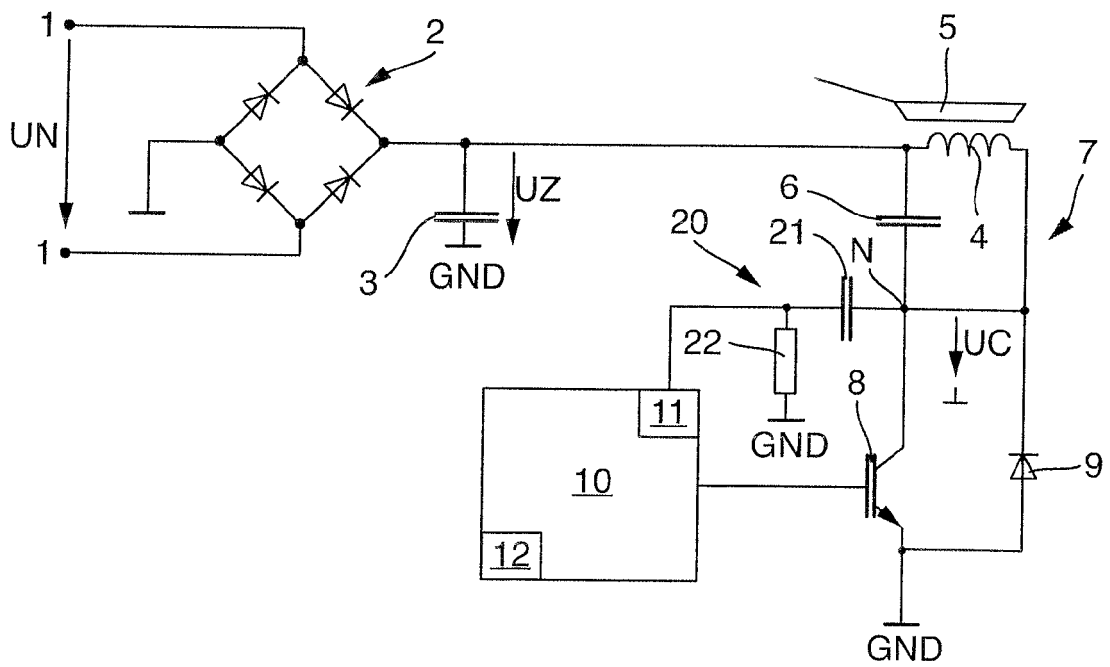


Fig. 2

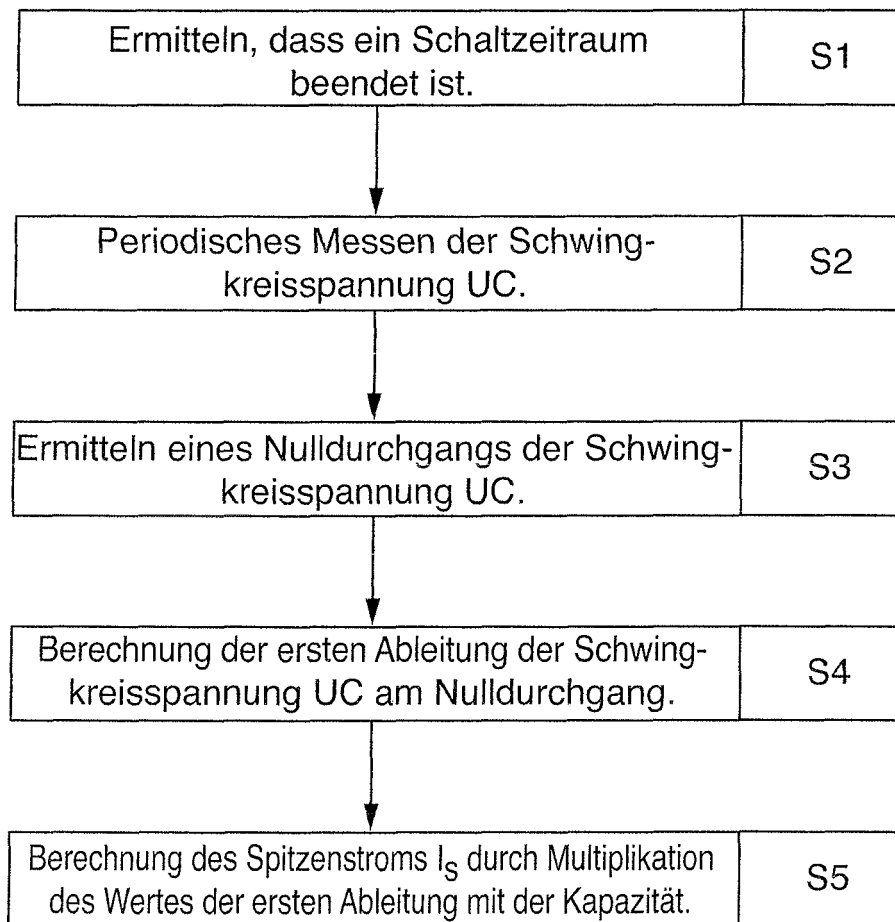


Fig. 3

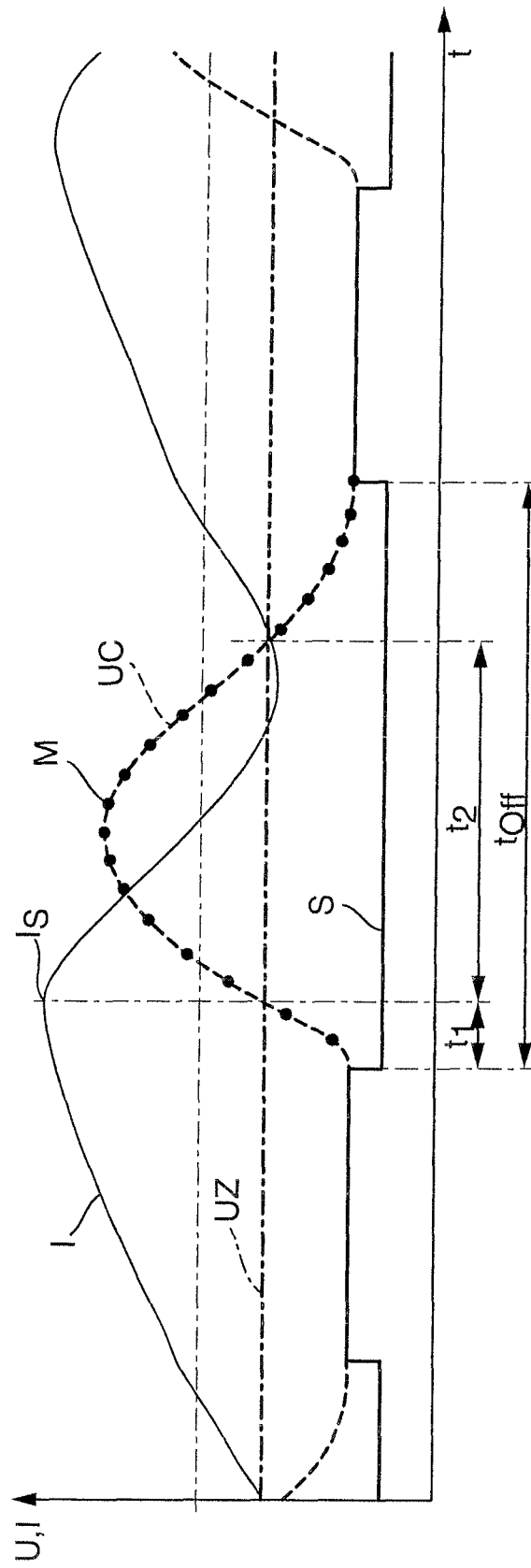


Fig. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 14 16 8797

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	WO 2013/064329 A1 (ARCELIK AS [TR]; YILMAZ NAMIK [TR]; OZTURK METIN [TR]; YARDIBI HAKAN S) 10. Mai 2013 (2013-05-10) * Absatz [0016] - Absatz [0020]; Ansprüche 1-3; Abbildung 1 *	1-11	INV. H05B6/06
A	WO 95/16230 A1 (ELECTROLUX AB [SE]; AXELSON JOHAN [SE]; DAHL JAN E [DK]; SCHNEIDER DAN) 15. Juni 1995 (1995-06-15) * Seite 9 - Seite 10; Abbildungen 1,6,7 *	1-11	
A	JP 2010 272452 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 2. Dezember 2010 (2010-12-02) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1-11	
A	US 2012/132642 A1 (BRODERS ADAM [US] ET AL) 31. Mai 2012 (2012-05-31) * Absatz [0032]; Abbildungen 1,2b,4 *	1-11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H05B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 14. Oktober 2014	Prüfer Gea Haupt, Martin
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	

 1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 14 16 8797

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.

14-10-2014

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2013064329 A1	10-05-2013	EP 2774259 A1	10-09-2014
		WO 2013064329 A1	10-05-2013
WO 9516230 A1	15-06-1995	AU 1064195 A	27-06-1995
		EP 0739508 A1	30-10-1996
		WO 9516230 A1	15-06-1995
JP 2010272452 A	02-12-2010	JP 5047225 B2	10-10-2012
		JP 2010272452 A	02-12-2010
US 2012132642 A1	31-05-2012	EP 2691826 A1	05-02-2014
		US 2012132642 A1	31-05-2012
		US 2014033928 A1	06-02-2014
		WO 2012134769 A1	04-10-2012

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

- DE 102005050036 A1 [0003]