



(11)

EP 4 210 435 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
12.07.2023 Patentblatt 2023/28

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H05B 6/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 22210273.3

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H05B 6/062

(22) Anmeldetag: 29.11.2022

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:
BA

Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(30) Priorität: 10.01.2022 DE 102022200166

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

(72) Erfinder:

- Egenter, Christian
75015 Bretten (DE)
- Müller, Max-Felix
75038 Oberderdingen (DE)

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

(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM MESSEN EINER LEISTUNG AN EINER INDUKTIONSHEIZSPULE

(57) Bei einem Verfahren zum Messen einer Leistung an einer Induktionsheizspule, die mittels eines Umrichters angesteuert wird, wird der Umrichter in einer Schaltung einer Halbbrücke oder einer Vollbrücke betrieben. Der Umrichter wird mit einer Frequenz und mit einem Tastgrad betrieben. Der Strom durch die Induktionsheizspule wird gemessen. Zumindest in einer Be-

triebsart der Ansteuerung der Induktionsheizspule wird zwischen einer Ansteuerung mit einem 1. Tastgrad und einer Ansteuerung mit einem 2. Tastgrad gewechselt, wobei der 2. Tastgrad bestimmt wird durch Subtrahieren des 1. Tastgrades von 1. Dann wird die Spannung über der Halbbrücke oder über der Vollbrücke gemessen.

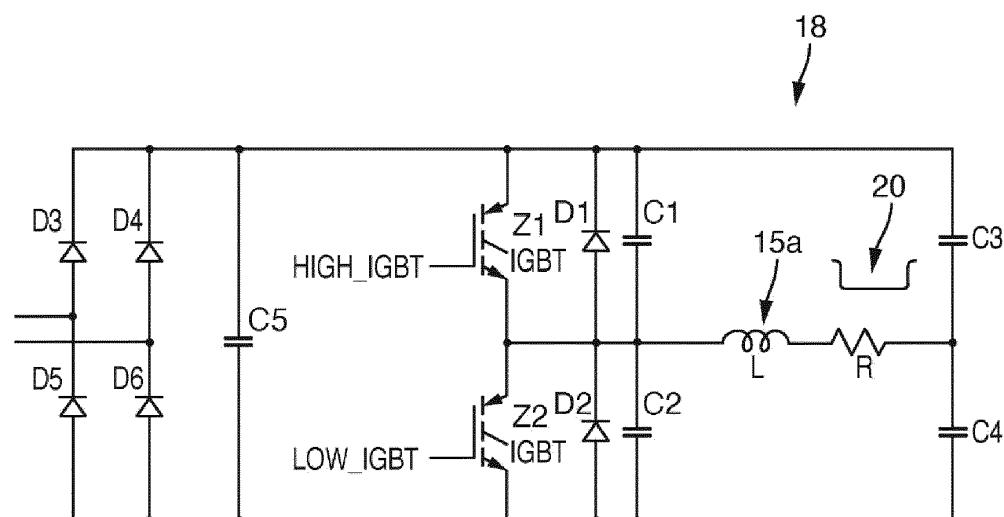


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Messen einer Leistung an einer Induktionsheizspule in einem Induktionskochfeld sowie eine Vorrichtung, die zur Durchführung dieses Verfahrens ausgebildet ist, insbesondere eine Vorrichtung, die Teil eines Induktionskochfelds ist.

[0002] Beim Betrieb einer Induktionsheizspule eines Induktionskochfelds kommt es nicht nur darauf an, dass von einer Bedienperson eine gewünschte Leistung als Leistungsstufe vorgegeben werden kann, die dann in etwa eingehalten wird mit größeren Abweichungen bzw. geringer Genauigkeit. Gerade bei einem aufeinander abgestimmten Betrieb mehrerer nebeneinanderliegender Induktionsheizspulen, die von einem gemeinsamen Kochgefäß bedeckt sind, kann eine sehr genaue Einstellung der Leistung an einer Induktionsheizspule gewünscht sein. Dabei kommt es auf die tatsächlich von der Induktionsheizspule im Zusammenspiel mit dem beheizten Kochgefäß erzeugte Leistung an, so dass diese möglichst genau erfassbar sein sollte. Dann können Regelungen du automatisch ablaufende Kochprogramme möglichst genau ablaufen.

Aufgabe und Lösung

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein eingangs genanntes Verfahren sowie eine eingangs genannte Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zu schaffen, mit denen Probleme des Standes der Technik gelöst werden können und es insbesondere möglich ist, eine von einer Induktionsheizspule erzeugte Leistung möglichst genau und vorzugsweise mit möglichst geringem Aufwand messen zu können.

[0004] Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 15. 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 Vorrichtung erläutert. Sie sollen jedoch unabhängig davon sowohl für ein solches Verfahren als auch für eine solche Vorrichtung selbständig und unabhängig voneinander gelten können. Der Wortlaut der Ansprüche wird durch ausdrückliche Bezugnahme zum Inhalt der Beschreibung gemacht.

[0005] Es ist vorgesehen, dass die Induktionsheizspule oder eine Transmitterspule einer Vorrichtung zum kabellosen Übertragen einer Leistung an einen Verbraucher von einem Umrichter angesteuert wird, insbesondere einem Umrichter eines Leistungsteils odgl. eines Induktionskochfelds. Dabei wird der Umrichter in einer Schaltung einer Halbbrücke oder einer Vollbrücke betrieben. Des Weiteren wird der Umrichter mit einer Frequenz und mit einem Tastgrad betrieben, wobei zur Einstellung der von der Induktionsheizspule abgegebenen Leistung

sowohl Frequenz als auch Tastgrad variiert werden können. Des Weiteren wird der Strom durch die Induktionsheizspule hindurch gemessen, was messtechnisch relativ einfach und genau möglich ist.

[0006] Zumindest in einer Betriebsart der Ansteuerung der Induktionsheizspule wird zwischen einer Ansteuerung mit einem 1. Tastgrad und einer Ansteuerung mit einem 2. Tastgrad gewechselt. Dieser Wechsel kann unterschiedlich häufig erfolgen, was nachfolgend noch näher erläutert wird. Der 2. Tastgrad wird dabei bestimmt durch Subtrahieren des 1. Tastgrads von 1 bzw. die Dauer des 2. Tastgrads wird bestimmt durch Abziehen einer Dauer des 1. Tastgrads von einer Gesamtzykluszeit. Des Weiteren wird die Spannung über der Halbbrücke oder über der Vollbrücke gemessen oder ermittelt, mit denen die Induktionsheizspule angesteuert wird. Somit ist es möglich, dass durch Wechseln des Tastgrads Fehler beim Messen der Spannung und somit beim Messen der Leistung sozusagen ausgeglichen bzw. herausgerechnet werden können. Dies ist insbesondere dann besonders vorteilhaft möglich, wenn der Tastgrad bestimmt wird wie zuvor definiert bzw. der 1. Tastgrad und der 2. Tastgrad entsprechend bestimmt werden, also sozusagen die Tastgrade invertiert werden. Aus dem gemessenen Strom und der wie beschrieben gemessenen bzw. ermittelten Spannung kann dann sehr leicht durch Multiplikation die tatsächliche Leistung, die die Induktionsheizspule faktisch erzeugt, bestimmt werden.

[0007] In Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass jeweils in einem Nulldurchgang einer Spannung zur Versorgung des Umrichters, insbesondere einer Netzspannung, mit der der Umrichter bzw. das gesamte Induktionskochfeld versorgt wird, zwischen dem 1. Tastgrad und dem 2. Tastgrad umgeschaltet wird. Dieses Umschalten im Nulldurchgang bringt signifikante Vorteile im Schaltverhalten im Umrichter sowie im Störungsverhalten und bezüglich Netzerückwirkungen. Es kann vorgesehen sein, dass für ein Messen der Leistung an der Induktionsheizspule eine Mittelung über zwei direkt aufeinanderfolgende Halbwellen der genannten Spannung bzw. Netzspannung oder Versorgungsspannung vorgenommen wird. Der Vorteil liegt hierbei darin, dass äußere bzw. externe Änderungen eines Kochgeschirrs oder zu betreibenden Geräts wie dessen Temperatur oder Aufstellposition innerhalb von 20msec als konstant angenommen werden dürfen, d.h. in der ersten Halbwelle und in der zweiten Halbwelle wird der gleiche Lastzustand gemessen und die Abweichung der Messung entspricht dem Messfehler der Ansteuerung. Die Mittelung erfolgt vorteilhaft durch direktes Bestimmen eines Durchschnittswerts der beiden gemessenen Leistungen, also deren Addition und Division durch zwei. Dies ist ein sehr einfaches und genau durchführbares rechnerisches Verfahren.

[0008] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann innerhalb einer Halbwelle einer Spannung bzw. Netzspannung, insbesondere der vorbeschriebenen Spannung, mit der der Umrichter versorgt wird, zwischen dem

1. Tastgrad und dem 2. Tastgrad umgeschaltet werden als Alternative zum vorgenannten Umschalten in einem Nulldurchgang. Dabei ist es möglich, dass ein integrierter bzw. aufgerechneter Gesamtanteil der Ansteuerung mit dem 1. Tastgrad und der Ansteuerung mit dem 2. Tastgrad gleichwertig ist, insbesondere über mehrere Umschaltvorgänge innerhalb einer Halbwelle. Dies ermöglicht es, dass sozusagen insgesamt genauso viel mit dem 1. Tastgrad wie mit dem 2. Tastgrad gemessen wird.

[0009] Es kann vorgesehen sein, dass bei jeder Halbwelle der vorgenannten Spannung bzw. Netzspannung zwischen einer Ansteuerung mit dem 1. Tastgrad und einer Ansteuerung mit dem 2. Tastgrad gewechselt wird. So kann der vorgenannte Ausgleich bzw. die vorgenannte Mittelung sehr fein aufgeteilt erfolgen. Die daraus resultierende hohe Schalthäufigkeit für den Umrichter bzw. darin enthaltene Leistungsschalter, insbesondere IGBT, stellt aber kein Problem dar und kann von diesen leicht bewältigt werden. Dabei kann sozusagen permanent die Leistung an der Induktionsheizspule gemessen werden, insbesondere ist sozusagen nach zwei Halbwellen eine Leistungsmessung immer sofort korrekt, da ja eben einmal mit dem 1. Tastgrad und einmal mit dem 2. Tastgrad angesteuert und gemessen wurde. Eine Leistungsmessung ist somit sozusagen stets völlig aktuell.

[0010] Solange sich der Betriebspunkt nicht ändert ist die Leistungsmessung sogar nach jeder Halbwelle korrekt, da immer zwei aufeinanderfolgende Halbwellen zur Berechnung genommen werden können, es erfolgt also sozusagen immer überlappend. Beispielweise kann bei den Netzhälften 1, 2, 3, 4, 5 immer abwechselnd mit DC und (1-DC) gemessen werden. Nach der Netzhälft 1 ist die Leistungsmessung zunächst falsch. Nach der Netzhälft 2 kann die Messung bei den Netzhälften 1+2 gemittelt werden. Nach der Netzhälft 3 kann die Messung bei den Netzhälften 2+3 gemittelt werden, nach der Netzhälft 4 kann die Messung bei den Netzhälften 3+4 gemittelt werden und so weiter. Es muss also nicht unbedingt die Messung bei den Netzhälften 1+2 und dann bei den Netzhälften 3+4 genutzt werden.

[0011] Alternativ kann eine Ansteuerung mit dem 1. Tastgrad für mehr als zwei Halbwellen der vorgenannten Spannung bzw. Netzspannung verwendet werden, und anschließend eine Ansteuerung mit dem 2. Tastgrad für dieselbe Anzahl von Halbwellen der Spannung bzw. Netzspannung verwendet werden. Dies ist eine Möglichkeit, weniger häufig zwischen den Tastgraden zu wechseln und somit weniger Schaltvorgänge zu bewirken, wodurch das Verfahren möglicherweise einfacher durchgeführt werden kann. Dabei ist es möglich, dass jeweils für eine gerade Anzahl von Halbwellen eine Ansteuerung mit jedem der Tastgrade durchgeführt wird. In möglicher weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass diese Anzahl von Halbwellen der Spannung bzw. Netzspannung so lange für die Ansteuerung mit dem 1. Tastgrad und mit dem 2. Tastgrad verwendet wird, bis sich eine vorgegebene Leistung für die Induktions-

heizspule ändert, bis sich also der Betriebspunkt und somit das Schaltverhalten des Umrichters ändern. Solange die gemessene Leistung nicht der Soll-Leistung entspricht bzw. darunter liegt, macht es Sinn, das Umschaltintervall kurz zu halten, um schneller einen Messwert zu erhalten. Ist die Soll-Leistung erreicht kann das Messintervall verlängert werden. Die Umschaltung zwischen DC und (1-DC) verändert die abgegebene Leistung nicht, sondern verringert lediglich den Messfehler.

[0012] In nochmals weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist es möglich, dass ein Messintervall, während dessen eine Leistung an der Induktionsheizspule bestimmt wird und das für diese Bestimmung auch vollständig benötigt wird, zu gleichen Anteilen aus der Ansteuerung mit dem 1. Tastgrad und aus der Ansteuerung mit dem 2. Tastgrad besteht. Somit wird also erst nach vollständigem Durchführen der Ansteuerung mit den beiden Tastgraden die Leistung an der Induktionsheizspule endgültig bestimmt, wobei natürlich während der gesamten Zeit Strom und Spannung auf vorbeschriebene Art und Weise gemessen werden.

[0013] In Ausgestaltung der Erfindung kann ein Messintervall zur Bestimmung der Leistung an der Induktionsheizspule aus zwei Intervallen von Halbwellen einer Spannung bzw. Netzspannung, mit der der Umrichter versorgt wird, bestehen. Dabei kann vorteilhaft vorgesehen sein, dass in einem 1. Intervall der Umrichter mit dem 1. Tastgrad und in einem 2. Intervall der Umrichter mit dem 2. Tastgrad betrieben wird. Das 1. Intervall und das 2. Intervall sind dabei gleich lang, so dass wiederum gleiche Anteile für jeden der beiden Tastgrade verwendet werden zur korrekten Bestimmung der Leistung an der Induktionsheizspule.

[0014] Alternativ zu den vorbeschriebenen möglichen Bestimmung der Leistung kann ein Messintervall weniger Halbwellen, nämlich genau zwei Halbwellen, einer vorgenannten Spannung zur Versorgung des Umrichters umfassen. Vorteilhaft sind dies zwei aufeinanderfolgende Halbwellen, so dass sozusagen während einer ganzen Vollwelle gemessen wird. Dabei kann vorgesehen sein, dass während der ersten Halbwelle der 1. Tastgrad und während der anderen oder direkt darauffolgenden Halbwelle der 2. Tastgrad verwendet wird.

[0015] In Weiterbildung der Erfindung kann zur Bestimmung einer Leistung an der Induktionsheizspule das Integral des Produkts aus Spannung und Strom über der Zeit über die Intervalle der Ansteuerung mit dem 1. Tastgrad und der Ansteuerung mit dem 2. Tastgrad hinweg berechnet werden. Dabei handelt es sich jeweils um den momentan gemessenen Strom und die momentan an der Induktionsheizspule gemessene Spannung.

[0016] In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung ist es möglich, dass die Spannung über der Induktionsheizspule aus der Ansteuerung von Leistungsschaltern bzw. Halbleiterschaltern des Umrichters abgeschätzt wird. Somit kann eine Ermittlung der Spannung möglicherweise einfacher erfolgen. Dabei kann vorteilhaft vorgesehen sein, dass eine Schaltverzögerung der Schalter mit be-

rücksichtigt wird. So kann eine Spannung möglichst gut bzw. zutreffend abgeschätzt werden.

[0017] In einer Ausgestaltung der Erfindung kann während mehrerer aufeinanderfolgender Halbwellen der Spannung bzw. Netzspannung derselbe Tastgrad verwendet werden, ohne dass er gewechselt wird. Erst dann wird der andere Tastgrad verwendet. Vorteilhaft ist jeweils die Anzahl von Halbwellen je Tastgrad dieselbe.

[0018] Für die Leistungsberechnung sollte vorteilhaft zumindest die Anzahl der Halbwellen, über die gemittelt wird, zu gleichen Anteilen aus DC und (1-DC) bestehen. Eine unterschiedliche Anzahl von 1. und 2. Tastgrad kann man durch entsprechende ungleiche Gewichtung herausrechnen.

[0019] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung liegt der 1. Tastgrad zwischen 0 und 0,5. Er ist also kleiner als der 2. Tastgrad. Bei einer Halbbrücke wird beispielsweise das obere Schaltmittel kürzer als die halbe Periodendauer für Tastgrade kleiner 0,5 eingeschaltet, während das untere Schaltmittel in diesem Beispiel für Tastgrade größer als 0,5 kürzer als die halbe Periodendauer eingeschaltet wird. Sowohl der 1. als auch der 2. Tastgrad führen zur gleichen Ausgangs-Wechselspannung des Wechselrichters.

[0020] Bevorzugt kann für den Fall, dass sich der Betrieb bei einer Ansteuerung der Induktionsheizspule hinsichtlich der für sie vorgegebenen Leistung nicht ändert und ein mit der Induktionsheizspule beheiztes Kochgefäß, das darüber auf einer Kochfeldplatte aufgestellt ist und mindestens diese Induktionsheizspule zu einem nennenswerten Anteil überdeckt, nicht bewegt wird, kein Wechsel zwischen dem Tastgrad der Ansteuerung mehr erfolgen. So ist es möglich, dass die Ansteuerung dauerhaft mit demselben Tastgrad erfolgt. Für diesen speziellen Fall wird dann davon ausgegangen, dass sich die von der Induktionsheizspule erzeugte Leistung nicht ändert und somit auch keine aktuelle oder aktualisierte Leistungsmessung erforderlich ist. Dadurch ist eine Vereinfachung der Ansteuerung möglich, ohne dass eine Messung der Leistung ungenau werden könnte. In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass sich die Temperatur bei Durchführung des Verfahrens nicht ändern sollte, weil durch eine Temperaturänderung die Leistung an einem gleichbleibenden Arbeitspunkt verschoben wird. Die Induktionsheizspule erzeugt dann einfach eine andere Leistung. Diese Änderung geschieht allerdings relativ langsam, vorzugsweise als eine Art Drift, so dass auch ein gelegentliches Nachmessen ausreichend wäre, um den entstehenden Fehler zu beseitigen, beispielsweise mindestens alle 10 sec, 60 sec oder 120 sec.

[0021] In besonders bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung werden mindestens zwei Induktionsheizspulen an jeweils einer Halbbrücke des Umrichters an demselben Zwischenkreis betrieben, alternativ werden sie an einer Vollbrücke des Umrichters betrieben. Dabei werden diese beiden Induktionsheizspulen jeweils synchron betrieben mit jeweils beliebiger vorgegebener Leistung,

die sich also auch zu mindestens 30%, insbesondere zu mindestens 60%, unterscheiden kann. Zusätzlich oder alternativ zu der Leistung kann ein Tastgrad beliebig vorgesehen sein oder vorgegeben werden. Auch hier kann

5 ein Unterschied mindestens 30% oder mindestens 60% betragen. Dabei sind Leistung und Tastgrad eben beliebig einstellbar. Vorteilhaft kann dabei der Tastgrad für alle Induktionsheizspulen an diesem Umrichter synchron geändert werden, so dass sich auch die Wechselwirkung mit dem mindestens zweiten Umrichter durch das Umschalten neutralisiert.

[0022] Der Strom des Wechselrichters durch die Induktionsspule führt zu einem Ripple mit doppelter Arbeitsfrequenz der Zwischenkreisspannung im Wechselrichter, weil das Umschalten des Wechselrichters vom oberen Zweig des Wechselrichters auf den unteren Zweig des Wechselrichters und wieder zurück eine Richtungsumkehr des Stroms im Zwischenkreiskondensator verursacht. Bei einer Ansteuerung mit einem Tastgrad 10 ungleich 0,5 werden neben der Grundschwingung auch Oberwellen des Stroms durch die Induktionsspule angeregt. Die zweite Harmonische des Stroms, die bei einem Tastgrad von 0,25 bzw. 0,75 ihr Maximum der Anregung hat, führt nun zusammen mit der doppelten Frequenz 15 des Ripple der Zwischenkreisspannung dazu, dass die Ausgangsleistung des Wechselrichters zusätzlich zur Leistung in der Induktionsheizspule noch eine zusätzliche Leistung dem Zwischenkreiskondensator zuführen oder entnehmen kann. Das Bestimmen dieser zusätzlichen Leistung mit dem Zwischenkreis, die sich mit der Leistung an der Induktionsspule aus Sicht des Wechselrichters überlagert, kann nur schwierig erfolgen. Dazu wird neben den Amplituden von Spannungsripple und zweiter Stromharmonischen noch die Phasenlage zwischen den beiden benötigt. Durch das erfindungsgemäß 20 vorteilhafte Umschalten des Tastgrads auf die inverse Ansteuerung invertieren sich die Phasenlagen, so dass im Mittel wiederum die richtige Leistung an der Induktionsheizspule gemessen werden kann.

[0023] Eine eingangs genannte erfindungsgemäß 25 ausgebildete Vorrichtung weist einen Umrichter, insbesondere einen an sich üblichen und bekannten Umrichter für Induktionsheizspulen, eine Ansteuerung und mindestens zwei Halbbrücken oder mindestens eine Vollbrücke 30 für den Umrichter auf. Die Ansteuerung ist dabei dazu ausgebildet, das vorbeschriebene Verfahren durchzuführen und auf unterschiedliche Art und Weise möglichst genau die momentan von der Induktionsheizspule erzeugte Leistung zu messen. Eine Ansteuerung kann dabei entweder nur für den Umrichter oder am Umrichter 35 vorgesehen sein. Alternativ kann die Ansteuerung eine Steuerung, insbesondere ein Mikrocontroller, für die gesamte Vorrichtung sein. So kann an ihr auch von einer Bedienperson eine Vorgabe für eine von der mindestens 40 einen Induktionsheizspule zu erzeugende Leistung eingegeben werden.

[0024] Der vorgenannte Umrichter weist vorteilhaft einen Zwischenkreis auf, wobei dieser Zwischenkreis an 45

genau eine einzige Halbbrücke, an genau zwei Halbbrücken oder an mindestens eine Vollbrücke angeschlossen ist. So kann ein einfacher und praxistauglicher Aufbau erreicht werden.

[0025] Bevorzugt ist die Vorrichtung in ein Induktionskochfeld eingebaut bzw. Teil eines Induktionskochfelds. Dieses weist einen oder zwei solcher Umrichter auf, wobei vorteilhaft jeder Umrichter aus einer eigenen nur für ihn vorgesehenen Phase eines Drehstromanschlusses in einem Haushalt oder einem Haus gespeist ist. Unter der Kochfeldplatte ist eine Vielzahl derartiger Induktionsheizeinrichtungen angeordnet, beispielsweise acht Stück bis vierundzwanzig Stück.

[0026] Diese und weitere Merkmale gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich alleine oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei einer Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzhfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird. Die Unterteilung der Anmeldung in einzelne Abschnitte und Zwischen-Überschriften beschränkt die unter diesen gemachten Aussagen nicht in ihrer Allgemeingültigkeit.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0027] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen schematisch dargestellt und werden im Folgenden erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

- Fig. 1 eine vereinfachte schematische Schnittdarstellung durch ein erfindungsgemäßes Induktionskochfeld,
- Fig. 2 eine Darstellung einer Schaltung, um eine der Induktionsheizspulen des Induktionskochfelds aus Fig. 1 anzusteuern,
- Fig. 3 bis 8 Darstellungen des Verlaufs von Spannung und Strom in der Halbbrückenschaltung der Fig. 2.

Detaillierte Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0028] In der Fig. 1 ist ein Induktionskochfeld 11 dargestellt mit einer Kochfeldplatte 13, an deren Unterseite zwei Induktionsheizspulen 15a und 15b angeordnet sind. Das Induktionskochfeld 11 weist eine Kochfeldsteuerung 16 und eine separate Leistungselektronik 17 auf, die insbesondere als Umrichter ausgebildet ist. Die Leistungselektronik 17 steuert die Induktionsheizspulen 15a und 15b an. Sie erhält ihre Befehle, insbesondere bzgl. Der Höhe einer zu erzeugenden Leistung, sozusagen von der Kochfeldsteuerung 16. In der Kochfeldsteuerung 16 ist eine Bedieneinrichtung mit Bedienelementen samt Anzeige für eine Bedienperson enthalten, wie dies üblich ist. Über der linken Induktionsheizspule 15a ist ein Kochgefäß 20 aufgestellt, das mit dieser beheizt werden soll.

[0029] In der Leistungselektronik 17 ist im Wesentli-

chen ein zuvor beschriebener Umrichter 18 enthalten. Ein Ausschnitt davon ist in der Fig. 2 dargestellt. Die Leistungsschalter Z1 und Z2 sind als IGBT auf übliche Art und Weise ausgebildet, ebenso die Dioden D1 und D2 als Freilaufdiode mit den parallelen Schwingkreiskapazitäten C3 und C4. Ein Zwischenkreiskondensator C5 ist vorhanden.

[0030] Die Dioden D3 bis D6 bilden einen Gleichrichter. Die Induktionsheizspule 15a wird von dem Umrichter 18 angesteuert und beheizt das über ihr aufgestellte Kochgefäß 20, das hier dem eingezeichneten R entspricht bzw. durch diesen repräsentiert wird. Der Widerstand R stellt zusätzlich zum Kochgefäß 20 auch den Innenwiderstand (= Verluste) der Induktionsheizspule 15a dar. Der Umrichter 18 bzw. der Gleichrichter wird an der linken Seite von einer Versorgungsspannung gespeist, vorzugsweise ist das die Netzspannung in einem Haushalt. Es kann bei einem zwei- oder dreiphasigen Anschluss des Induktionskochfelds 11 eine einzige Phase sein.

[0031] Wie zuvor beschrieben worden ist, wechselt die Ansteuerung des Umrichters 18 der Induktionsheizspule 15a zur Beheizung des Kochgefäßes 20 zwischen Ansteuerung mit einem ersten Tastgrad DC und Ansteuerung mit dem zweiten Tastgrad, der mit (1-DC) bestimmt wird. Dies kann mit den vorstehend erläuterten Maßgaben erfolgen, beispielsweise dass entweder innerhalb einer Halbwelle einer Versorgungsspannung, an die der Umrichter 18 angeschlossen ist, oder jeweils zu einem Nulldurchgang der Versorgungsspannung zwischen den beiden Tastgraden gewechselt wird. So kann beispielsweise auch bei jedem Durchgang einer Halbwelle der Versorgungsspannung gewechselt werden, alternativ bei einem ganzzahligen Vielfachen eines Nulldurchgangs. Jedenfalls sollte die Dauer der Ansteuerung mit dem ersten Tastgrad der Dauer der Ansteuerung mit dem zweiten Tastgrad entsprechen.

[0032] Die Zwischenkreisspannung liegt beispielsweise am Zwischenkreiskondensator C5 an.

[0033] In der Fig. 3 ist ein Verlauf der Zwischenkreisspannung an C5 dargestellt. Erkenntbar ist der globale Verlauf der Halbwellen der Versorgungsspannung mit einer Frequenz von 50 Hz. Gleichzeitig ist der deutlich höherfrequente Verlauf der Betriebsfrequenz für den Umrichter 18 zu erkennen.

[0034] Die Fig. 4 zeigt den Verlauf des Induktorstroms I, der also durch die Induktionsheizspule 15a fließt. Auch hier gilt Ähnliches wie zuvor zur Zwischenkreisspannung ausgeführt bezüglich der Frequenzen. In Fig. 4 ist außerdem gezeigt, dass die Ansteuerung mit (1-DC) zu einer Spiegelung der Spitzenströme entlang der x-Achse führt. Das bedeutet, dass in der ersten Netzhalbwelle hier die negativen Ströme in ihrer Amplitude größer sind als die positiven Ströme, während in der zweiten Netzhalbwelle, also bei der Ansteuerung mit dem zweiten Tastgrad, die positiven Amplituden größer sind als die negativen Amplituden.

[0035] In der Fig. 5 ist der Verlauf des Induktorstroms

im Detail dargestellt, und zwar bei Betrieb mit dem ersten Tastgrad DC. Dieser Tastgrad DC ist entsprechend der gewünschten Leistung für die Induktionsheizspule 15a gewählt, die von einer Bedienperson an der Bedieneinrichtung 16 eingegeben worden ist. Dies ist also auf die Fig. 4 bezogen die dortige linke Halbwelle im Bereich um 5 msec herum. In der Fig. 6 ist der Induktorstrom mit dem zweiten Tastgrad (1-DC) dargestellt, allerdings eben um die Dauer einer halben Halbwelle mit 10 msec verschoben, also um die 15 msec herum. Aus dem Vergleich der beiden Darstellungen ergibt sich, dass die beiden Verläufe einander in etwa entsprechen bei Spiegelung entlang einer horizontalen Spiegelachse.

[0036] In der Fig. 7 ist, ähnlich wie die Darstellungen der Fig. 5 und 6, der Verlauf der Spannung beim ersten Tastgrad DC in Vergrößerung dargestellt. Die Fig. 8 wiederum zeigt den Verlauf der Spannung beim zweiten Tastgrad (1-DC). Diese beiden Verläufe sind jeweils auf die Zeiträume der Verläufe des Induktorstroms gemäß den Fig. 5 und 6 bezogen.

[0037] Somit ist es mit der Erfindung leicht möglich, die Leistung an der Induktionsheizspule 15a als Produkt aus Induktorstrom und Spannung zu bilden, und dies dann über der Zeit zu integrieren. Dies kann rechnerisch entweder in der Leistungselektronik 17 oder in der Kochfeldsteuerung 16 durchgeführt werden.

[0038] Des Weiteren ist es möglich, die Spannung über der Induktionsheizspule 15a auch abzuschätzen. Dazu kann eine Schaltverzögerung der Leistungsschalter S1 und S2 berücksichtigt werden, die leicht gemessen werden kann.

[0039] In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ausgehend von der Fig. 2 könnte noch eine weitere Induktionsheizspule 15b an der Halbbrücke des Umrichters 18 betrieben werden. Dabei können diese beiden Induktionsheizspulen 15a und 15b synchron betrieben werden, also mit jeweils demselben Tastgrad DC oder (1-DC). Vorteilhaft kann der Tastgrad aber auch beliebig für die beiden Induktionsheizspulen vorgegeben werden, ebenso wie die Leistung. Lediglich das Ändern des Tastgrads erfolgt dann für diese beiden Induktionsheizspulen synchron und gleichzeitig. Erfindungsgemäß erfolgt es für alle am Umrichter 18 betriebenen Induktionsheizspulen synchron und gleichzeitig. Ein Verändern des Tastgrads kann dabei vorteilhaft eben auch zur Einstellung einer gewünschten Leistung, die insbesondere von der Kochfeldsteuerung 16 durch eine Bedienereingabe vorgegeben ist, vorgenommen werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Messen einer Leistung an einer Induktionsheizspule, die mittels eines Umrichters angesteuert wird, wobei
 - der Umrichter in einer Schaltung einer Halbbrücke oder einer Vollbrücke betrieben wird,

5 - der Umrichter mit einer Frequenz und mit einem Tastgrad betrieben wird,
- der Strom durch die Induktionsheizspule gemessen wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

- zumindest in einer Betriebsart der Ansteuerung der Induktionsheizspule zwischen einer Ansteuerung mit einem 1. Tastgrad und einer Ansteuerung mit einem 2. Tastgrad gewechselt wird,
- der 2. Tastgrad bestimmt wird durch Subtrahieren des 1. Tastgrades von 1,
- die Spannung über der Halbbrücke oder über der Vollbrücke gemessen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeweils in einem Nulldurchgang einer Spannung, mit der der Umrichter versorgt wird, zwischen dem 1. Tastgrad und dem 2. Tastgrad umgeschaltet wird, wobei vorzugsweise für eine Leistungsmessung die Leistung über zwei direkt aufeinanderfolgende Halbwellen der Spannung gemittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** innerhalb einer Halbwelle einer Spannung, mit der der Umrichter versorgt wird, zwischen dem 1. Tastgrad und dem 2. Tastgrad umgeschaltet wird, wobei vorzugsweise ein integrierter Gesamtanteil der Ansteuerung mit dem 1. Tastgrad und der Ansteuerung mit dem 2. Tastgrad gleichwertig ist.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Ansteuerung mit dem 1. Tastgrad für mehr als 2 Halbwellen der Spannung verwendet wird und anschließend eine Ansteuerung mit dem 2. Tastgrad für dieselbe Anzahl von Halbwellen der Spannung verwendet wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Messintervall, um eine Leistung an der Induktionsheizspule zu bestimmen, zu gleichen Anteilen aus der Ansteuerung mit dem 1. Tastgrad und aus der Ansteuerung mit dem 2. Tastgrad besteht.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Messintervall zur Bestimmung der Leistung an der Induktionsheizspule aus zwei Intervallen von Halbwellen einer Spannung zur Versorgung des Umrichters besteht, wobei in einem 1. Intervall der Umrichter mit dem 1. Tastgrad und in einem 2. Intervall, das so lang ist wie das 1. Intervall, der Umrichter mit dem 2. Tastgrad betrieben wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Messintervall genau zwei Halbwellen einer Spannung zur Versorgung des Umrichters umfasst, insbesondere zwei aufeinander folgende Halbwellen, wobei während der 1. Halbwelle der 1. Tastgrad und während der 2. Halbwelle der 2. Tastgrad verwendet wird. 5
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Bestimmung einer Leistung an der Induktionsheizspule das Integral des Produkts aus Spannung und Strom über der Zeit über die Intervalle der Ansteuerung mit dem 1. Tastgrad und der Ansteuerung mit dem 2. Tastgrad berechnet wird. 10
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spannung über der Induktionsheizspule aus der Ansteuerung von Halbleiterschaltern des Umrichters abgeschätzt wird, wobei eine Schaltverzögerung der beiden Halbleiterschalter berücksichtigt wird. 15 20
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** während mehrerer aufeinanderfolgender Halbwellen der Spannung dieselbe Tastgrad ohne Wechsel verwendet wird, bevor der andere Tastgrad verwendet wird. 25 30
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeweils dieselbe Anzahl von Halbwellen für die Ansteuerung mit dem 1. Tastgrad und für die Ansteuerung mit dem 2. Tastgrad verwendet wird. 35
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der 1. Tastgrad zwischen 0 und 0,5 liegt, vorzugsweise größer als 0 ist. 40
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** für den Fall, dass sich der Betrieb bei einer Ansteuerung der Induktionsheizspule hinsichtlich vorgegebener Leistung nicht ändert und ein mit der Induktionsheizspule beheiztes Kochgefäß darüber nicht bewegt wird, nicht mehr zwischen einer Ansteuerung mit dem 1. Tastgrad und einer Ansteuerung mit dem 2. Tastgrad gewechselt wird derart, dass die Ansteuerung dauerhaft mit demselben Tastgrad erfolgt. 45 50
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens 2 Induktionsheizspulen an jeweils einer Halbbrücke des Umrichters betrieben werden an demselben Zwischenkreis oder an einer Vollbrücke des Umrichters, wobei die beiden Induktionsheizspulen syn- 55
- chron betrieben werden mit jeweils beliebiger vorgegebener Leistung und/oder jeweils beliebigem vorgegebenen Tastgrad, wobei vorzugsweise die Leistung und der Tastgrad beliebig pro Induktionsheizspule einstellbar sind, wobei vorzugsweise der Tastgrad für alle Induktionsheizspulen am Umrichter synchron geändert wird.
15. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie einen Umrichter, eine Ansteuerung und mindestens zwei Halbbrücken oder eine Vollbrücke für den Umrichter aufweist, wobei die Ansteuerung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet ist.

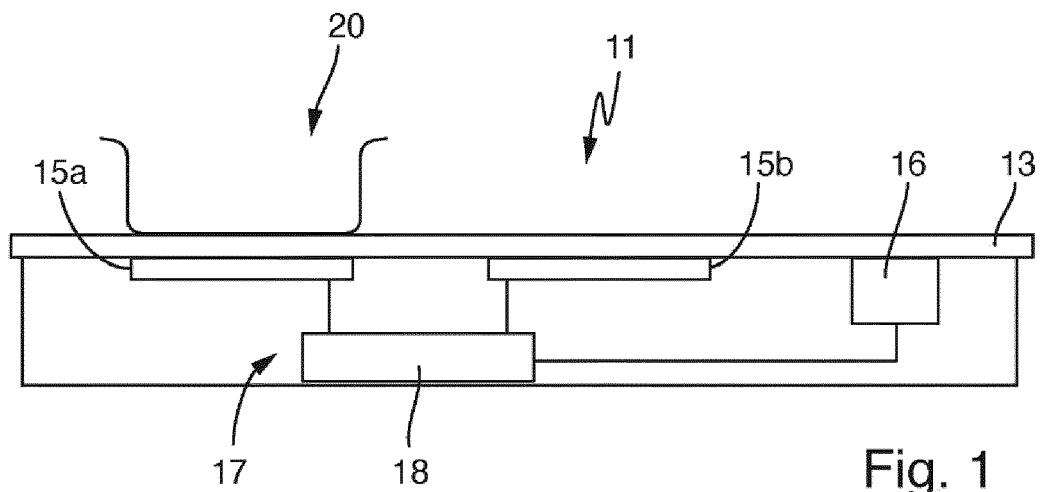


Fig. 1

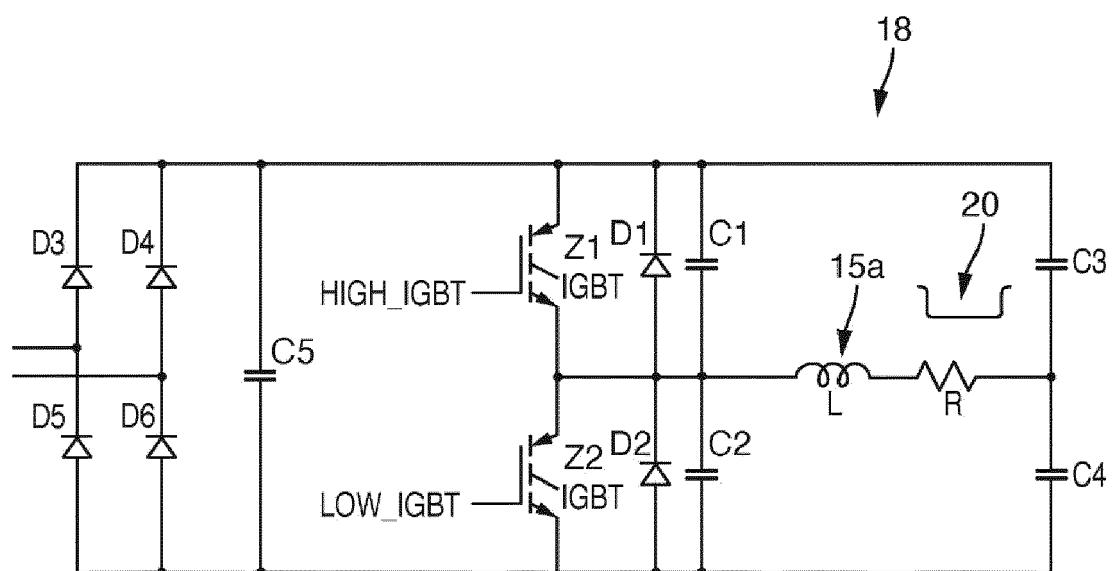


Fig. 2

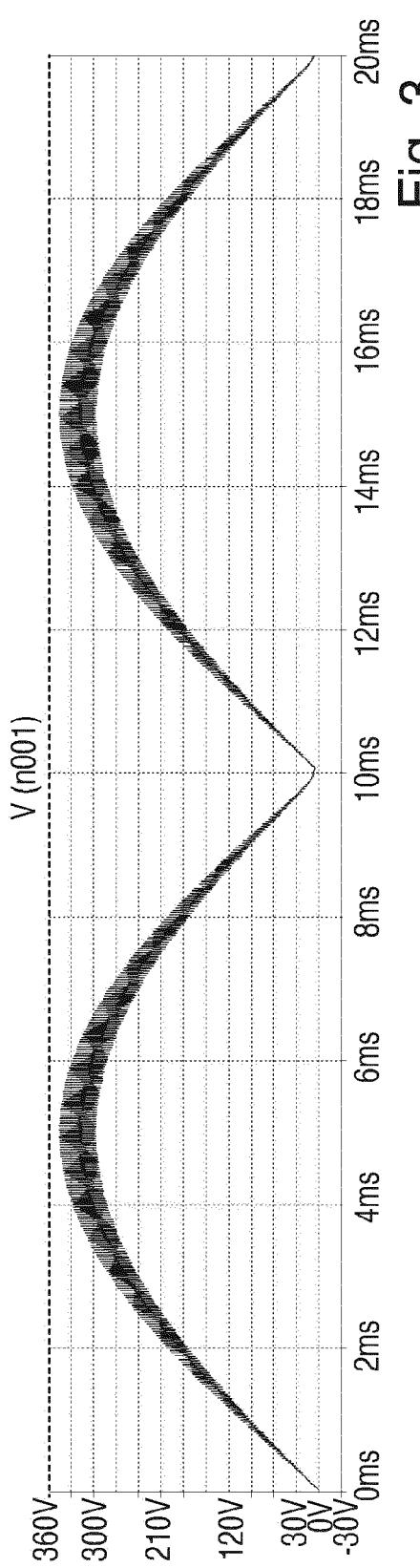


Fig. 3

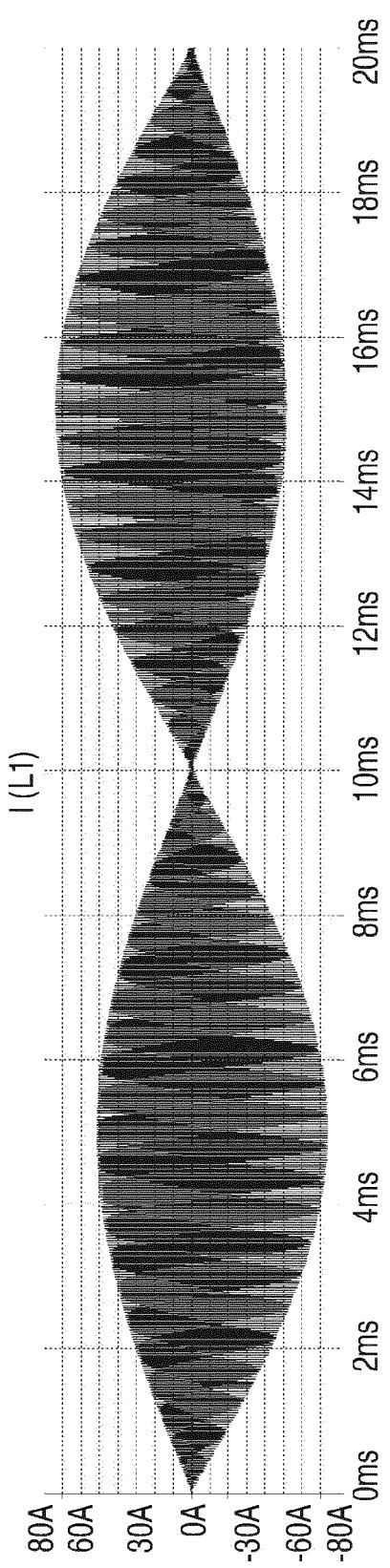


Fig. 4

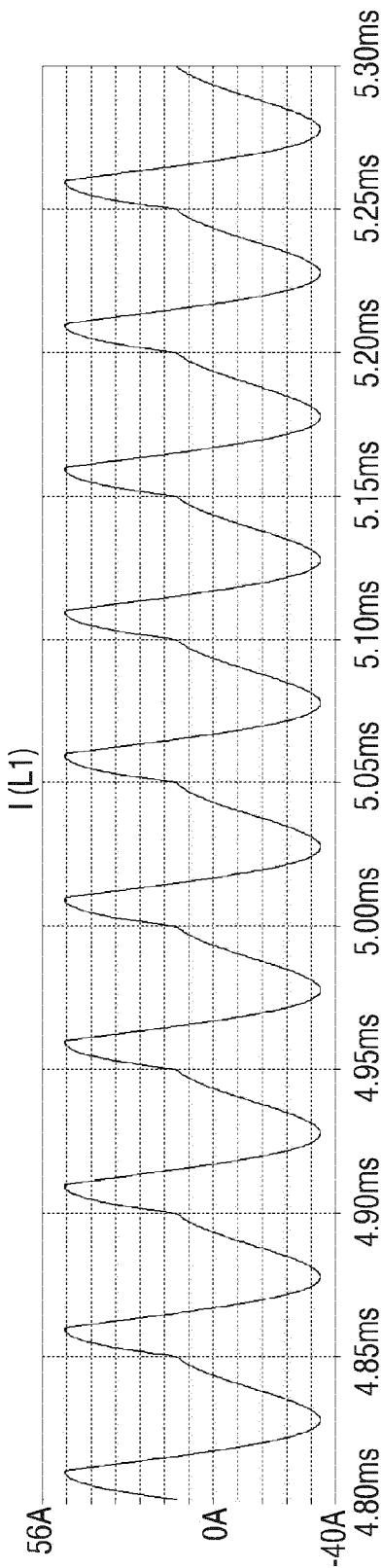


Fig. 5

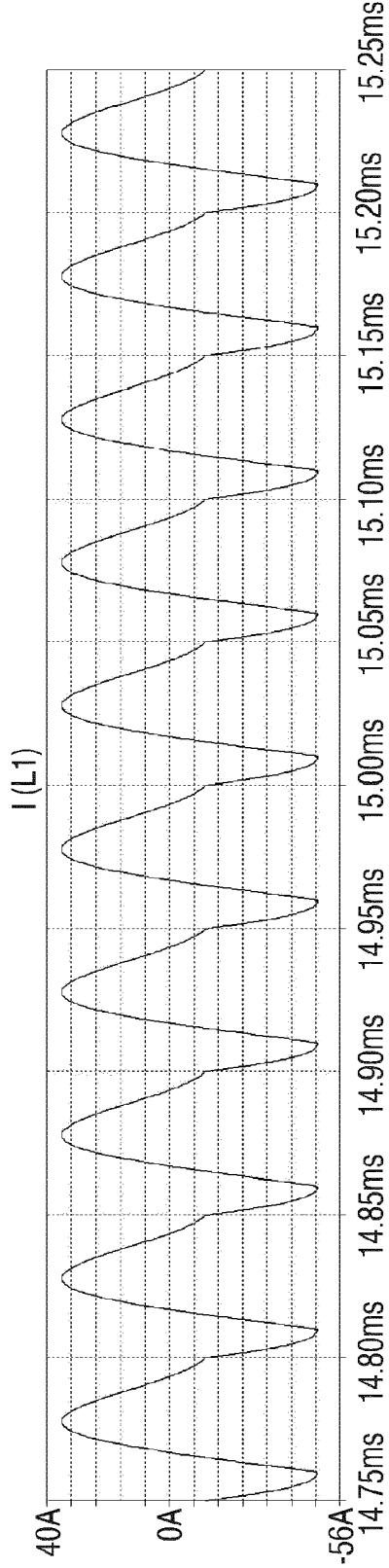


Fig. 6

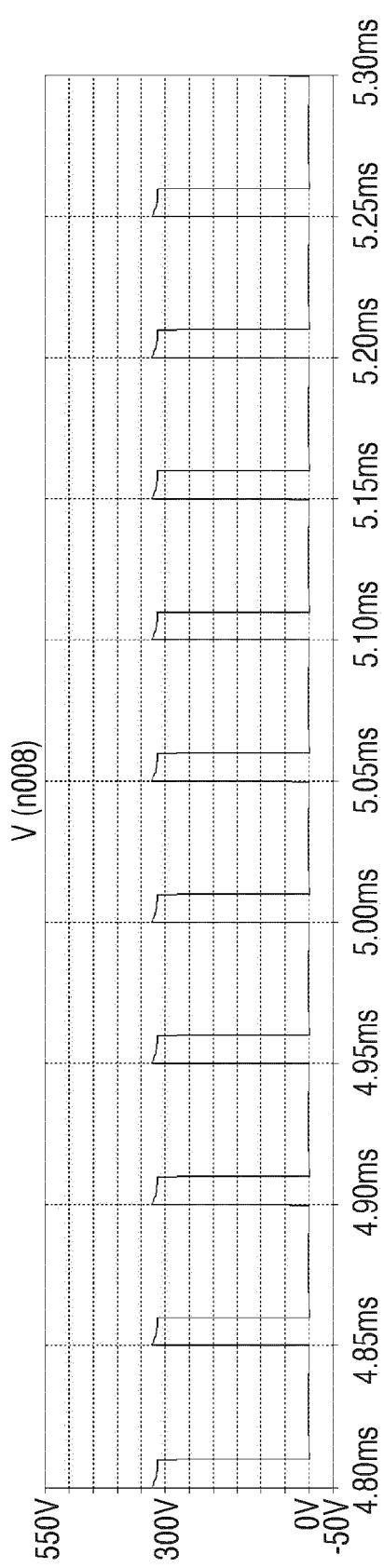


Fig. 7

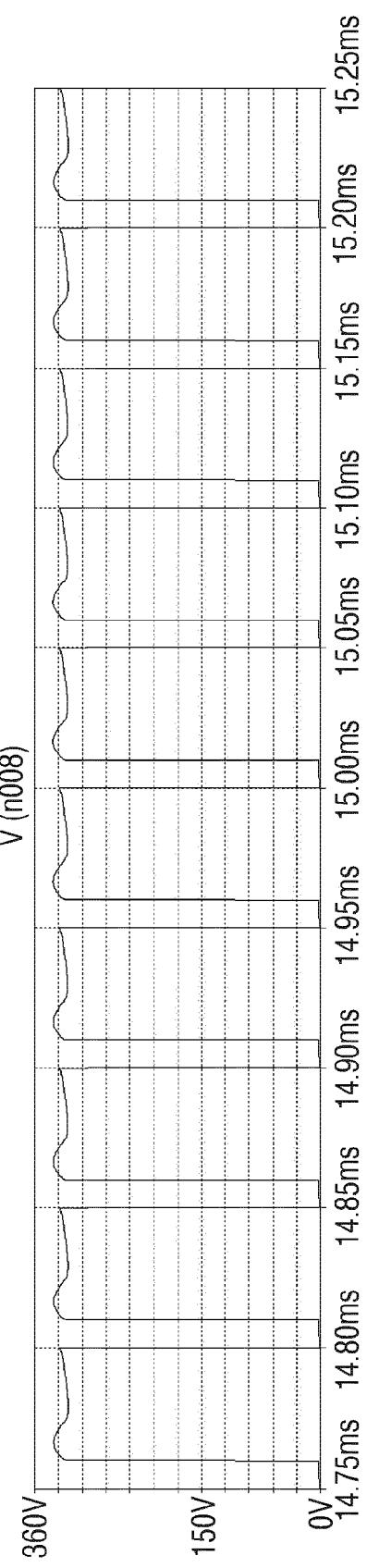


Fig. 8



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 21 0273

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE				
	Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreift Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10	A	US 2021/204367 A1 (LEE JAE-WOO [KR] ET AL) 1. Juli 2021 (2021-07-01) * Absatz [0107] – Absatz [0108]; Abbildungen 1,6 *	1-15	INV. H05B6/06
15	A	US 2021/352772 A1 (JEONG SIHOON [KR] ET AL) 11. November 2021 (2021-11-11) * Absatz [0102] – Absatz [0106]; Abbildungen 1,3,5,6 *	1-15	
20	A	EP 2 506 665 A2 (BSH BOSCH SIEMENS HAUSGERÄEDE [DE]) 3. Oktober 2012 (2012-10-03) * Absatz [0022] – Absatz [0024]; Abbildungen 1,2 *	1-15	
25	A	EP 2 731 403 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]; MITSUBISHI ELECTRIC HOME APPL [JP]) 14. Mai 2014 (2014-05-14) * Absatz [0194]; Abbildung 19 *	1-15	
30	A	DE 10 2018 214485 A1 (BSH HAUSGERÄEDE GMBH [DE]) 7. März 2019 (2019-03-07) * Absatz [0042] – Absatz [0044]; Abbildung 1 *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC) H05B
35				
40				
45				
50	1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
55	EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 10. Mai 2023	Prüfer Gea Haupt, Martin
	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum 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			

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

EP 22 21 0273

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente 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.

10-05-2023

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	US 2021204367 A1	01-07-2021	EP 3737209 A1 KR 20190083263 A US 2021204367 A1 WO 2019135491 A1	11-11-2020 11-07-2019 01-07-2021 11-07-2019
20	US 2021352772 A1	11-11-2021	AU 2021268496 A1 CN 115553063 A EP 3908078 A1 KR 20210135852 A US 2021352772 A1 WO 2021225376 A1	19-01-2023 30-12-2022 10-11-2021 16-11-2021 11-11-2021 11-11-2021
25	EP 2506665 A2	03-10-2012	KEINE	
30	EP 2731403 A1	14-05-2014	CN 103650635 A EP 2731403 A1 ES 2750588 T3 JP 5766287 B2 JP WO2013008390 A1 WO 2013008390 A1	19-03-2014 14-05-2014 26-03-2020 19-08-2015 23-02-2015 17-01-2013
35	DE 102018214485 A1	07-03-2019	DE 102018214485 A1 ES 2703244 A1	07-03-2019 07-03-2019
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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