



(11)

EP 1 420 613 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
13.07.2016 Patentblatt 2016/28

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

(21) Anmeldenummer: **03024314.1**

(22) Anmeldetag: **24.10.2003**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur thermischen Überwachung eines induktiv erwärmbaren Gargefäßes**

Method and device of thermal monitoring of inductive heatable cooking vessel

Procédé et dispositif de surveillance thermique d'un ustensile de cuisson chauffable inductivement

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **15.11.2002 DE 10253198**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.05.2004 Patentblatt 2004/21

(60) Teilanmeldung:
10178369.4 / 2 271 175

(73) Patentinhaber: **Electrolux Home Products
Corporation N.V.
1130 Brussels (BE)**

(72) Erfinder: **Andersson, Martin
91541 Rothenburg (DE)**

(74) Vertreter: **Baumgartl, Gerhard Willi et al
Electrolux Hausgeräte GmbH
Group Patents
90327 Nürnberg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A- 0 806 887 DE-A1- 10 122 427
US-A- 5 477 035 US-B1- 6 469 282**

EP 1 420 613 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur thermischen Überwachung eines induktiv erwärmbaren Gargefäßes. Induktionskochflächen besitzen Glaskeramikflächen zur Aufnahme der Gargefäße und darunter angeordnete Induktionsspulen zu deren Erhitzung. Den Induktionsspulen wird ein Wechselstrom im Frequenzbereich von ca. 15 kHz bis 80 KHz, insbesondere ca. 20 kHz bis 60 kHz zugeführt. Die hierdurch entstehenden Wechselfelder erzeugen in ferromagnetischen Böden der Gargefäße Wirbelströme, die zu Wärmeentwicklung führen. Deren Überwachung erfolgt durch Sensorsysteme, die aufwendig und/oder träge sind.

[0002] Die EP 0 806 887 A1 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erkennen des Kochpunktes von in einem induktiv erhitzten Behälter befindlichen Kochgut. Dabei wird mittels eines gesonderten Temperaturfühlers der zeitliche Temperaturverlauf verfolgt und als Kochpunkt ein Sendepunkt der Temperaturkurve des Temperaturfühlers erkannt oder - bei fehlender Erkennung des Wendepunktes - derjenige Punkt, bei dem die zeitliche Änderung der Temperatur eines weiteren Temperaturfühlers einen vorbestimmten Wert unterschreiten.

[0003] Aus US 3,781,506 A ist eine Kochvorrichtung für ein Verfahren zum induktiven Erwärmen von Geschirr auf eine definierte Temperatur bekannt, wobei die Kochvorrichtung eine Induktionsspule, die benachbart zur Geschirrauflage angebracht ist, Mittel zur Bereitstellung eines die Induktionsspule ansteuernde Wechselstroms, eine Schaltung zur Messung eines vorbestimmten Parameters, von dem auf die Geschirrtemperatur zurückgeschlossen werden kann, und zur Steuerung des Wechselstroms, um eine definierte Geschirrtemperatur zu erzielen, umfasst.

[0004] Dokument US 6,469,282 B1 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zum thermalen Überwachen induktiv beheizbaren Kochgeschirrs. Dabei wird ein allmähliches Abflachen des Temperaturanstiegs vor dem Übergang in den Siedezustand sowie ein allmähliches Ansteigen des Temperaturanstiegs nach Übergang in den Siedezustand offenbart.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur thermischen Überwachung eines induktiv erwärmbaren Gargefäßes zu schaffen, die einfach und trägheitsarm arbeitet.

[0006] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 11 gelöst. Vorteilhafte Ausbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0007] Verfahrensseitig erfolgt die thermischen Überwachung des induktiv erwärmbaren Gargefäßes durch Überwachung der Frequenz (f) des die induktive Erwärmung bewirkenden Wechselstroms (I).

[0008] Die Überwachung auf das Sieden bzw. Aufkochen eines im Gargefäß befindlichen Gargutes und/oder auf das Leerkochen des Gargefäßes bzw. das Trocken-

kochen des darin befindlichen Gargutes erfolgt insbesondere als Überwachung auf vorbestimmte sprunghafte Änderungen der ersten Ableitung ($f'(t)$) des Frequenz-Zeit-Verlaufes ($f(t)$).

[0009] Die Vorteile sind folgende:

- Die erfindungsgemäße thermische Überwachung (beispielsweise auf Überhitzungen) ist trägheitsarm. Während es gemäß dem Stand der Technik geschehen kann, dass eine Überhitzung des Gargefäßes oder sogar Feuer auftritt, bevor die Kochzone durch eine zu langsame Überwachungslösung abgeschaltet wird, reagiert die erfindungsgemäße Lösung viel schneller, d. h., sie liefert eine schnellere Antwort.
- Die Temperatur wird erfindungsgemäß direkt im Boden des Gargefäßes nahe dem Gargut gemessen und ermittelt, während nach dem Stand der Technik eine Messung andernorts erfolgt und die Temperatur geschätzt wird.
- Es ist kein separater Übertragungskanal für Messdaten vom Gargefäß zur Kochmulde erforderlich.
- Es ist auch kein separater Sensor oder andere gesonderte Hardware erforderlich, da sie normalerweise schon in der Leistungskarte des Wechselrichters implementiert ist, d. h., die zusätzlichen Kosten sind sehr gering.

[0010] Die Überwachung auf das Sieden erfolgt insbesondere als Überwachung

- auf eine vorbestimmte Änderung der ersten Ableitung ($f'(t)$) des Frequenz-Zeit-Verlaufes ($f(t)$) aus Richtung eines negativen Werts in Richtung eines Wertes von etwa Null und/oder
- auf einen vorbestimmten Wert der ersten Ableitung ($f'(t)$) des Frequenz-Zeit-Verlaufes ($f(t)$) erfolgt.

[0011] Der Wechselstrom (I) bzw. die entsprechende Leistung (P) wird insbesondere auf einen vorbestimmten Wert reduziert, wenn bei dieser Überwachung eine oder mehrere Änderungen ermittelt wurden, die mit einer oder mehreren vorbestimmten Änderungen übereinstimmen.

[0012] Die Überwachung auf das Leer- bzw. Trockenkochen erfolgt insbesondere als Überwachung

- auf eine vorbestimmte Änderung der ersten Ableitung ($f'(t)$) des Frequenz-Zeit-Verlaufes ($f(t)$) aus Richtung eines Wertes von etwa Null in Richtung eines negativen Wertes und/oder
- auf einen vorbestimmten Wert der ersten Ableitung ($f'(t)$) des Frequenz-Zeit-Verlaufes ($f(t)$) erfolgt.

[0013] Der Wechselstrom (I) bzw. die entsprechende Leistung (P) wird insbesondere abgeschaltet, wenn bei dieser Überwachung eine oder mehrere Änderungen ermittelt wurden, die mit einer oder mehreren vorbestimmten Änderungen übereinstimmen.

[0014] Die vorbestimmte(n) qualitative(n) bzw.

sprunghafte(n) Änderung(en) des Frequenz-Zeit-Verlaufes ($f(t)$) liegen insbesondere im oder unmittelbar nach dem Übergang aus dem abfallenden Frequenzverlauf ($f(t)$) in den konstanten Frequenzverlauf ($f(t)$) und/oder aus dem konstanten Frequenzverlauf ($f(t)$) in den abfallenden Frequenzverlauf ($f(t)$).

[0015] Gemäß einer Ausbildung erfolgt die Überwachung auf absolute Temperaturen (T) durch Zuordnung vorbestimmter Frequenzen (f) und/oder Frequenzverhältnisse ($f/f\text{-start}$) zu vorbestimmten Temperaturen (T) und/oder umgekehrt.

[0016] Die Zuordnung der Frequenzen (f) und/oder Frequenzverhältnisse ($f/f\text{-start}$) zu den Temperaturen (T) erfolgt vorzugsweise in Abhängigkeit von vorbestimmten Eigenschaften, insbesondere Materialeigenschaften, des Gargefäßes, die insbesondere für die Nutzung vorgegeben oder vom Nutzer abgefragt werden, beispielsweise durch Vorgabe einer Auswahlliste. Die Zuordnung der Frequenzen (f) und/oder Frequenzverhältnisse ($f/f\text{-start}$) zu den Temperaturen (T) kann aber auch in Abhängigkeit von vorbestimmten Leistungen (P) erfolgen.

[0017] Die Temperatur des Gargefäßes wird insbesondere auf einen gewünschten Wert eingestellt bzw. auf einem gewünschten Wert gehalten, indem

- die Frequenz (f) (kontinuierlich) überwacht wird,
- der Frequenz (f) und/oder dem Frequenzverhältnis ($f/f\text{-start}$) in Abhängigkeit von der aktuell zugeordneten Leistung (P) und dem aktuell zugeordneten Gargefäß (kontinuierlich) eine Temperatur (T) zugeordnet wird,
- die Abweichung zwischen der zugeordneten und der gewünschten Temperatur (T) (kontinuierlich) ermittelt wird und
- entsprechend der Abweichung eine der zuordenbaren Leistungen ausgewählt wird.

[0018] Insgesamt steht damit auch ein Verfahren zur Überwachung und/oder Steuerung des Garprozesses in einem induktiv erwärmbaren Gargefäß zur Verfügung, bei dem während des Garens Temperaturen und/oder Temperaturänderungen als Frequenzen und/oder Frequenzänderungen eines die induktive Erwärmung bewirkenden Wechselstroms erfasst und ausgewertet werden, um die Temperatur des Gargefäßes zu signalisieren und/oder zu beeinflussen.

[0019] Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur thermischen Überwachung eines induktiv erwärmbaren Gargefäßes, insbesondere zur Durchführung des vorbeschriebenen Verfahrens, besitzt

- erste Mittel zur Bereitstellung eines die induktive Erwärmung bewirkenden Wechselstroms,
- zweite Mittel zur Vermittlung der vom Gargefäß beeinflussten Frequenz des Wechselstroms und
- dritte Mittel zur Signalisierung und/oder Steuerung der Temperatur des Gargefäßes in Abhängigkeit von der Frequenz des Wechselstroms, wobei die dritten

Mittel erste Speichermittel aufweisen, mit denen vorbestimmte sprunghafte Änderungen erster Ableitungen ($f'(t)$) von Frequenz-Zeit-Verläufen ($f(t)$) speicherbar sind, die als Referenzdaten ein Sieden bzw. Aufkochen eines im Gargefäß befindlichen Gargutes und/oder ein Leerkochen des Gargefäßes bzw. ein Trocknenkochen des darin befindlichen Gargutes repräsentieren.

[0020] Die dritten Mittel weisen erste Speichermittel auf, mit denen vorbestimmte sprunghafte Änderungen erster Ableitungen ($f'(t)$) von Frequenz-Zeit-Verläufen ($f(t)$) speicherbar sind, die als Referenzdaten ein Sieden bzw. Aufkochen eines im Gargefäß befindlichen Gargutes und/oder ein Leerkochen des Gargefäßes bzw. ein Trocknenkochen des darin befindlichen Gargutes repräsentieren.

[0021] Die dritten Mittel können aber auch zweite Speichermittel aufweisen, mit denen vorbestimmte Frequenz-Temperatur-Verläufe ($f(T)$) und/oder Frequenzverhältnis-Temperaturverläufe ($f/f\text{-start}(T)$) speicherbar sind, insbesondere je Gargefäßseigenschaft und/oder Leistung.

[0022] Den dritten Mitteln sind insbesondere Eingabemittel zugeordnet, mit denen der Nutzer gewünschte Temperaturen und/oder Programme, insbesondere Temperaturen enthaltende Garprogramme, und/oder Leistungen und/oder Gargefäße bzw. deren Eigenschaften eingeben kann.

[0023] Schließlich weisen die dritten Mittel insbesondere Rechenmittel auf, mit denen die mit den zweiten Mitteln ermittelten Frequenzen und die mit den ersten und/oder zweiten Speichermitteln gespeicherten und die mit den Eingabemitteln eingegebenen Daten zur Wechselströmen bzw. entsprechenden Leistungen verrechenbar sind, die die Temperatur des Gargefäßes entsprechend der eingegebenen und/oder gespeicherten Daten beeinflussen.

[0024] Die Beeinflussung der Temperatur kann in deren vorbestimmter Verringerung bei ermitteltem Sieden und/oder ermitteltem Leerbzw. Trocknenkochen und/oder in deren Einstellung bzw. Aufrechterhaltung entsprechend eingegebener Nutzerdaten bestehen.

[0025] Ein erfindungsgemäßes Kochgerät weist wenigstens eine der vorbeschriebenen Vorrichtungen auf.

[0026] Die Erfindung wird nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. In den zugehörigen Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 das Blockschaltbild einer Vorrichtung zur Überwachung und/oder Steuerung der Temperatur in einem induktiv erwärmbaren Boden eines Gargefäßes, beispielsweise einer Pfanne, einer Friteuse oder eines Topfes,

Fig. 2 einen die induktive Erwärmung bewirkenden Wechselstrom und dessen Messung,

Fig. 3 ein Prinzip der Regelung,

Fig. 4 Frequenz-Temperatur-Kurven für unter-

schiedliche Leistungen,

Fig. 5 prinzipielle zeitliche Verläufe der Temperatur, der Frequenz und der ersten Ableitung der Frequenz beim Sieden eines im Gargefäß befindlichen Gargutes,

Fig. 6 prinzipielle zeitliche Verläufe der Temperatur, der Frequenz und der ersten Ableitung der Frequenz beim Leerkochen des Gargefäßes bzw. beim Trocknen eines im Gargefäß befindlichen Gargutes.

Fig. 7 ein Prinzip der Temperaturregelung einer Bratpfanne und dgl.

[0027] Um in einem Gargefäß oder einem Gargerät eine gewünschte Temperatur einzustellen, wird die Leistung der das Gargefäß aufnehmenden Kochzone geregelt. Hierfür ist es erforderlich, die Temperatur in dem Gargefäß zu messen. Normalerweise hat der Nutzer an leistungsgeregelten Kochzonen manuell das Leistungsniveau zu ändern, um im Gargefäß eine bestimmte Temperatur zu erhalten.

[0028] Im folgenden werden ein Verfahren und eine Vorrichtung beschrieben, um im Boden eines auf einer Induktionskochzone K stehenden Gargefäßes oder Gargerätes 8 Temperaturen T bzw. Temperaturänderungen zu messen und die Informationen zur Regelung der Leistung P der Induktionskochzone K zu nutzen, so dass automatische Kochfunktionen möglich werden.

[0029] Der Schwingkreis des Induktionsheizsystems gemäß Fig. 1 besteht aus einem Wechselrichter 5 und einer Induktionsspule 6, die unter einer ein Kochgerät bzw. Kochgeschirr 8 tragenden Oberfläche 9, beispielsweise einer Glaskeramikplatte, angeordnet ist. Der Boden des Geschirrs 8 ist ferromagnetisch ausgebildet. In ihm wird durch Wirbelströme, die durch das Magnetfeld der Induktionsspule 6 induziert, werden, Wärme erzeugt. Der Oszillationsstrom (Größe und Frequenz) durch die Induktionsspule unterliegt dem Einfluss verschiedener Elemente des Schwingkreises, deren eines die Impedanz ($Z=R+j\omega L$) des Systems Induktionsspule 6/Geschirr 8 ist. Diese Impedanz Z wird beeinflusst durch die Temperatur T im Geschirrboden, insbesondere aufgrund von Änderungen der elektromagnetischen Eigenschaften des Bodenmaterials. Sie beeinflusst wiederum die Schwingungsfrequenz f des Wechselrichters 5, was schließlich zur Messung der Temperatur T im Geschirrboden genutzt wird.

[0030] Der Spulenstrom I wird mittels eines Stromwandlers 7 gemessen. Sein prinzipielles Aussehen zeigt Fig. 2. Die Schwingungsfrequenz f (20 bis 60 kHz) wird mit der gleichgerichteten Netzstromversorgung moduliert. Dieses Signal führt an eine Frequenzmess-Schaltung 3, die das Signal analysiert und die Schwingungsfrequenz f ermittelt. Die Größe der Netzspannungsversorgung wird durch eine Spannungsmessungsschaltung 10 gemessen und die Information an eine Steuerlogik 2 geführt. Die Steuerlogik enthält Regelalgorithmen A und sichert eine Filterung des Signals, falls dieses rauscht.

Der Algorithmus A berechnet die geeignete Leistung P für die Kochzone K, um die gewünschte Funktionalität zu sichern, basierend auf den Informationen über die Frequenz f, die Spannungsversorgung U und die mittels Nutzerschnittstelle eingegebenen Nutzereinstellungen N (Fig. 3).

[0031] Die Betriebsfrequenz des Induktions-Wechselrichters 5 bewegt sich insbesondere im Bereich zwischen 20 und 60 kHz, abhängig vom Leistungsniveau. Die Frequenz f (d. h., die Umkehrung der Periodendauer eines Zyklus) variiert auch über die gleichgerichtete Sinuskurvenperiode (d. h., über eine Periode von 10 ms) mit etwa 10 %. Deshalb wird die Frequenz gemessen, wenn die Netzspannung ihr Maximum hat. Eine Zeitschaltung mit einer Verzögerungszeit von 5 ms, die im Nulldurchgang der Netzspannung ausgelöst wird, löst nach Ablauf der Verzögerungszeit die Frequenzmessung aus. In Fig. 2 ist die Auslösung der Zeitschaltung mit ZT und die Auslösung der Frequenzmessung mit FM gekennzeichnet, das Zeitverzögerungssignal mit ZV. Das Signal des Stromwandlers 7 wird mit einem A/D-Wandler abgetastet und in einem Speicher gespeichert (500 Abtastungen in einem Intervall von 666 ns ergeben 25-75 Abtastungen je Periode). Davon wird die Periodenzeit der Schwingungen (6-20, abhängig von der Frequenz) errechnet und davon wiederum die Mittenfrequenz. Beeinflussungen der Frequenz durch Änderungen in der Netzstromversorgung (durch die Netzstromversorgungseinrichtung 4) können durch Messung der Spannung (durch die Spannungsmesseinrichtung 10) und Verrechnung mit empirisch ermittelten Werten oder Formeln korrigiert werden. Die korrigierte und/oder unkorrigierte Frequenz wird dann in den Algorithmen benutzt, um Temperaturen zu signalisieren.

[0032] Um die Beziehung zwischen der Frequenz f und der Temperatur T zu erhalten, ist eine Kalibrierungskurve $f(T)$ aufzunehmen bzw. zu registrieren. Dies erfolgt durch Messung der Temperatur T im Geschirrboden (mittels separater Temperatursensoren) und gleichzeitige Registrierung der Temperatur T und der Frequenz f bei einer festen Leistungseinstellung P. Die Messdaten lassen sich dann mit einer Kurvenanpassungsmethode, beispielsweise einer Polynomanpassung, an eine akzeptierte Genauigkeit anpassen. Am Ende dieses Abschnitts erhält man eine Beziehung $f(T)$ für ein bestimmtes Geschirr. Da jedoch die Frequenz f vom Leistungsniveau P abhängt, ist all dies für die anderen zu nutzenden Leistungsniveaus zu wiederholen, um schließlich eine Beziehung $f(T, P)$ zu haben, die in der Steuerlogik als Kalibrierungskurve (für ein bestimmtes Geschirr) gespeichert wird. Fig. 4 zeigt eine Schar abfallender $f(T)$ -Kalibrierungskurven für Leistungen P1, P2, P3 und P4.

[0033] Wenn dieses Geschirr (Pfanne, Topf, Friteuse und dgl.) später benutzt wird, verbindet die Steuerlogik die gemessene Frequenz f mit einer Temperatur T für ein bestimmtes Leistungsniveau P. Dies macht es dann möglich, die gewünschten Funktionen entsprechend der in der Steuerlogik gespeicherten Algorithmen durchzu-

führen.

[0034] Dieses Verfahren erfordert eine Identifikation des benutzten Geschirrs 8.

[0035] Es gibt Unterschiede zwischen verschiedenen Pfannen/Töpfen in bezug auf das $f(T, P)$ -Verhalten, wobei sowohl das relative Niveau als auch der Anstieg bzw. die erste Ableitung $f'(t)$ bei einer bestimmten Temperatur variieren kann.

[0036] Unter der Annahme, dass sich die Pfanne zu Beginn auf Raumtemperatur T_{start} befindet, der eine Startfrequenz f_{start} zugeordnet ist, wird der Messwert als relative Frequenz $f_{\text{rel}} = f/f_{\text{start}}$ ausgedrückt, so dass sich die Abweichungen zwischen unterschiedlichen Pfannen aufgrund des relativen Frequenzniveaus vermeiden lassen. In jedem Fall liegt so beispielsweise der Wert f_{rel} für 250 °C bei ungefähr 0,83 für ein breites Register von Pfannen, die dem Nutzer bei Benutzung dieser Methode empfohlen werden kann.

[0037] Im folgenden werden die Steuer- bzw. Regelalgorithmen A beschrieben.

[0038] Um ein Sieden bzw. Aufkochen zu erkennen, ist es nicht notwendig, den absoluten Wert der Temperatur T zu kennen, d. h., eine Beziehung zwischen der Frequenz f und der Temperatur T zu haben. Der Steuer- bzw. Regelalgorithmus A überwacht die Änderung des Frequenzverlaufs $f(t)$ über der Zeit t (Fig. 5). Wenn sich die erste Ableitung $f'(t)$ von einem negativen Wert her zu etwa Null hin verändert, hat der Topfboden eine konstante Temperatur erreicht, so dass sich daraus die Zeit t , zu der das Gargut siedet bzw. aufkocht, ableiten lässt. In diesem Fall wird die Leistung P bzw. der Strom I in der Induktionsspule 6 auf einen vorbestimmten Wert reduziert. Unbeschadet dessen zeigt Fig. 5, dass einem Temperaturverlauf $T(t)$, der im Bereich des Siedepunktes seinen zuvor etwa linear ansteigenden in einen danach etwa konstant bleibenden Verlauf ändert, ein Frequenzverlauf $f(t)$, der im Bereich des Siedepunktes seinen zuvor etwa linear abfallenden in einen danach etwa konstant bleibenden Verlauf ändert, zuordenbar ist und umgekehrt.

[0039] Während des Leer- bzw. Trockenkochens (Fig. 6) tritt ein Abfall der Frequenz f auf, wenn beispielsweise Wasser aus dem Topf entwichen ist. Dies kann als plötzlicher Abfall bzw. eine plötzliche Änderung der ersten Ableitung $f'(t)$ oder als bestimmter Wert der ersten Ableitung $f'(t)$ erkannt werden, entsprechend einem Temperaturanstieg in einem leeren Topf. Für langsame Trockenkochprozesse (Gargut mit geringem oder mittleren Wassergehalt) steigt die Temperatur T nicht so schnell. Dann kann das stabile Frequenzniveau während des Siedens (Kochens) als Referenzniveau genutzt werden, um eine Kalibrierung bzgl. 100 °C vorzunehmen. Wenn das Wasser entwichen ist, fällt die Frequenz, und die Leistung der Kochzone wird bei einem bestimmten relativen Wert f_1 in bezug auf 100 °C abgeschaltet. Unbeschadet dessen zeigt Fig. 6, dass einem Temperaturverlauf $T(t)$, der im Bereich des Siedepunktes seinen Verlauf aus einem zuvor etwa linear ansteigenden in einen danach etwa konstanten Verlauf und im Bereich des Leer- bzw.

Trockenkochens seinen zuvor konstanten Verlauf in einen danach etwa linear ansteigenden Verlauf ändert, ein Frequenzverlauf $f(t)$ zuordenbar ist, der im Bereich des Siedepunktes seinen zuvor etwa linear abfallenden Verlauf in einen danach etwa konstanten Verlauf und im Bereich des Leer- bzw. Trockenkochens seinen zuvor etwa konstanten Verlauf in einen danach etwa linear abfallenden Verlauf ändert. Sowohl im $T(t)$ -Verlauf als auch im $f(t)$ -Verlauf ist das schnelle Leer- bzw. Trockenkochen mit B1 und das langsame Leer bzw. Trockenkochen mit B2 gekennzeichnet. Im $f(t)$ -Verlauf gibt S die Spannweite $f'(t)$ an, die mit dem Erhitzen eines leeren Topfes korrespondiert.

[0040] Beim Regeln der Temperatur einer Pfanne oder eines Topfes auf konstante Temperatur entsprechend einer Nutzereinstellung N (insbesondere genutzt für Bratpfannen, Braten und Frittieren in Öl) wird eine Anzahl von Leistungsniveaus benutzt. Gemäß dem zuvor Beschriebenen sind hierfür Kalibrierungskurven $f(T, P)$ noch Fig. 4 für die zur Nutzung vorgesehenen Leistungsniveaus heranzuziehen.

[0041] Die Temperaturregelung könnte dann beispielsweise als Thermostatfunktion durchgeführt werden. Die Leistung der Kochzone kann auf zwei unterschiedliche Niveaus P_{high} und P_{low} gesetzt werden (beispielsweise P_1 und P_2), die mit zwei Kalibrierungskurven $f(T, P_{\text{high}})$ und $f(T, P_{\text{low}})$ verbunden sind. Die Frequenz f wird dann kontinuierlich gemessen und die Temperatur T aus den Kalibrierungskurven abgeleitet, abhängig davon, welches Leistungsniveau genutzt wird. Wenn die berechnete Temperatur T_{meas} größer ist als die eingestellte Temperatur T_{set} , wird der Kochzone die niedrigere Leistung P_{low} zugeführt. Ist T_{meas} kleiner als T_{set} , erhält die Kochzone die höhere Leistung P_{high} (Fig. 7). Auf diese Weise wird die Pfanne oder der Topf auf einem deutlich konstanten Temperaturniveau gehalten.

[0042] Insgesamt lassen sich zu Frequenzen und/oder Frequenzverhältnissen und/oder Frequenzänderungen und/oder Frequenzverläufen und/oder deren ersten Ableitungen Temperaturen und/oder Temperaturverhältnisse und/oder Temperaturänderungen und/oder Temperaturverläufe und/oder deren erste Ableitungen zuordnen und/umgekehrt.

[0043] Dem Nutzer stehen so auf erfindungsgemäße Weise Geräteeigenschaften zur Verfügung, die sowohl die Funktionalität als auch die Sicherheit positiv beeinflussen. Diese Merkmale sind allgemein :

Siedererkennung:

Die Leistung wird trägheitsarm auf ein vorbestimmtes Niveau reduziert oder abgeschaltet, wenn der Inhalt des Gargefäßes siedet bzw. aufkocht. Die schnelle Siedererkennung arbeitet auch als Überkochschutz.

- Leer- bzw. Trockenkocherkennung:

Die Leistung wird trägheitsarm abgeschaltet, wenn das Wasser aus dem Gargefäß entweichen und/oder die Temperatur des Gargefäßes zu hoch ist. Feuer und Gefäßschäden werden vermieden.

- Temperaturregelung:

Die Temperatur wird trägheitsarm auf einem einmal eingestellten konstanten Temperaturniveau gehalten, ohne dass der Nutzer nach der ersten Einstellung manuell eingreifen muss. Dies lässt sich insbesondere nutzen, um

- eine stabile Temperatur für das Braten zu erhalten,
- eine stabile Temperatur während des Frittierens in Öl (bei beispielsweise etwa 180 °C) zu erhalten, was auch als Überhitzungsschutz wirkt, und
- die Temperatur auf niedrigeren Niveaus zu begrenzen, um ein Anbrennen und Ankleben am Gefäßboden zu vermeiden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur thermischen Überwachung eines induktiv erwärmbaren Gargefäßes durch Überwachung der vom Gargefäß beeinflussten Frequenz (f) des die induktive Erwärmung bewirkenden Wechselstroms (I),
dadurch gekennzeichnet, dass
die Überwachung auf das Sieden bzw. Aufkochen eines im Gargefäß befindlichen Gargutes und/oder auf das Leerkochen des Gargefäßes bzw. das Trocknenkochen des darin befindlichen Gargutes als Überwachung auf vorbestimmte sprunghafte Änderungen der ersten Ableitung ($f'(t)$) des Frequenz-Zeit-Verlaufes ($f(t)$) erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Überwachung auf das Sieden bzw. Aufkochen als Überwachung
- auf eine vorbestimmte Änderung der ersten Ableitung ($f'(t)$) des Frequenz-Zeit-Verlaufes ($f(t)$) aus Richtung eines negativen Wertes in Richtung eines Wertes von etwa Null erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem der Wechselstrom (I) bzw. die entsprechende Leistung (P) auf einen vorbestimmten Wert reduziert wird, wenn bei der Überwachung eine oder mehrere Änderungen ermittelt wurden, die mit einer oder mehreren vorbestimmten Änderungen übereinstimmen.
4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Überwa-

chung auf das Leer- bzw. Trocknenkochen als Überwachung

- auf eine vorbestimmte Änderung der ersten Ableitung ($f'(t)$) des Frequenz-Zeit-Verlaufes ($f(t)$) aus Richtung eines Wertes von etwa Null in Richtung eines negativen Wertes erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem der Wechselstrom (I) bzw. die entsprechende Leistung (P) abgeschaltet wird, wenn bei der Überwachung eine oder mehrere Änderungen ermittelt wurden, die mit einer oder mehreren vorbestimmten Änderungen übereinstimmen.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die Überwachung auf Temperaturen (T) durch Zuordnung vorbestimmter Frequenzen (f) und/oder Frequenzverhältnisse (f/f_{start}) zu vorbestimmten Temperaturen (T) erfolgt und/oder umgekehrt.
7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem die Zuordnung der Frequenzen (f) und/oder Frequenzverhältnisse (f/f_{start}) zu den Temperaturen (T) in Abhängigkeit von vorbestimmten Eigenschaften, insbesondere Materialeigenschaften, des Gargefäßes erfolgt.
8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem die Eigenschaften des Gargefäßes für die Nutzung vorgegeben oder vom Nutzer abgefragt werden, beispielsweise durch Vorgabe einer Auswahlliste.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, bei dem die Zuordnung der Frequenzen (f) und/oder Frequenzverhältnisse (f/f_{start}) zu den Temperaturen (T) in Abhängigkeit von vorbestimmten Leistungen (P) erfolgt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, bei dem die Temperatur des Gargefäßes auf einen gewünschten Wert eingestellt bzw. auf einem gewünschten Wert gehalten wird, indem
- die Frequenz (f) kontinuierlich überwacht wird,
- der Frequenz (f) und/oder dem Frequenzverhältnis (f/f_{start}) in Abhängigkeit von der aktuell zugeordneten Leistung (P) und dem aktuell zugeordneten Gargefäß kontinuierlich eine Temperatur (T) zugeordnet wird,
- die Abweichung zwischen der zugeordneten und der gewünschten Temperatur (T) kontinuierlich ermittelt wird und
- entsprechend der Abweichung eine der zuordenbaren Leistungen ausgewählt wird.
11. Vorrichtung zur thermischen Überwachung eines induktiv erwärmbaren Gargefäßes zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10,

mit

- ersten Mitteln (4, 5) zur Bereitstellung eines die induktive Erwärmung bewirkenden Wechselstroms (I),
- zweiten Mitteln (3) zur Ermittlung der vom Gargefäß (8) beeinflussten Frequenz (f) des Wechselstroms (I) und
- dritten Mitteln (2) zur Signalisierung und/oder Steuerung der Temperatur (T) des Gargefäßes (8) in Abhängigkeit von der Frequenz (f) des Wechselstroms (I),

dadurch gekennzeichnet, dass

die dritten Mittel (2) erste Speichermittel aufweisen, mit denen vorbestimmte sprunghafte Änderungen erster Ableitungen ($f'(t)$) von Frequenz-Zeit-Verläufen ($f(t)$) speicherbar sind, die als Referenzdaten ein Sieden bzw. Aufkochen eines im Gargefäß (8) befindlichen Gargutes und/oder ein Leerkochen des Gargefäßes (8) bzw. ein Trockenkochen des darin befindlichen Gargutes repräsentieren.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, bei der die dritten Mittel (2) zweite Speichermittel aufweisen, mit denen vorbestimmte Frequenz-Temperatur-Verläufe ($f(T)$) und/oder Frequenzverhältnis-Temperaturverläufe ($f/f\text{-start}(T)$) speicherbar sind.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, bei der die Frequenz-Temperatur-Verläufe ($f(T)$) und/oder Frequenzverhältnis-Temperatur-Verläufe ($f/f\text{-start}(T)$) je Gargefäßseigenschaft und/oder Leistung (P1, P2, P3, P4) speicherbar sind.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, bei der den dritten (2) Mitteln Eingabemittel (1) zugeordnet sind, mit denen der Nutzer gewünschte Temperaturen (T) und/oder Programme, insbesondere Temperaturen (T) enthaltende Garprogramme, und/oder Leistungen (P) und/oder Gargefäße (8) bzw. deren Eigenschaften eingeben kann.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, bei der die dritten Mittel (2) Rechenmittel aufweisen, mit denen die mit den zweiten Mitteln (3) ermittelten Frequenzen (f) und die mit den ersten und/oder zweiten Speichermitteln gespeicherten Daten und die mit den Eingabemitteln (1) eingegebenen Daten zu Wechselströmen (I) bzw. entsprechenden Leistungen (P) verrechenbar sind, die die Temperatur (T) des Gargefäßes (8) entsprechend der eingegebenen und/oder gespeicherten Daten beeinflussen.
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, bei der die Beeinflussung der Temperatur (T) in deren vorbestimmter Verringerung bei ermitteltem Sieden und/oder ermitteltem Leer- bzw. Trockenkochen und/oder in deren

Einstellung bzw. Aufrechterhaltung entsprechend eingegebener Nutzerdaten besteht.

17. Kochgerät mit wenigstens einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 16.

Claims

1. Method for thermally monitoring an inductively heatable cooking vessel by monitoring the frequency (f) of the alternating current (I) causing the inductive heating, which frequency is influenced by the cooking vessel,
characterized in that
the monitoring for the simmering or boiling of food in the cooking vessel and/or for the empty-cooking of the cooking vessel or the boiling-dry of the food in said vessel is carried out as monitoring for predetermined sudden changes in the first derivative ($f'(t)$) of the frequency/time profile ($f(t)$).
2. Method according to Claim 1, in which the monitoring for the simmering or boiling is carried out as monitoring

- for a predetermined change in the first derivative ($f'(t)$) of the frequency/time profile ($f(t)$) from the direction of a negative value in the direction of a value of approximately zero.
3. Method according to Claim 2, in which the alternating current (I) or the corresponding power (P) is reduced to a predetermined value if one or more changes which match one or more predetermined changes were determined during monitoring.
4. Method according to Claim 1, in which the monitoring for the empty-cooking or boiling-dry is carried out as monitoring

- for a predetermined change in the first derivative ($f'(t)$) of the frequency/time profile ($f(t)$) from the direction of a value of approximately zero in the direction of a negative value.
5. Method according to Claim 3, in which the alternating current (I) or the corresponding power (P) is switched off if one or more changes which match one or more predetermined changes were determined during monitoring.
6. Method according to one of Claims 1 to 5, in which the monitoring for temperatures (T) is carried out by assigning predetermined frequencies (f) and/or frequency ratios ($f/f\text{-start}$) to predetermined temperatures (T) and/or vice versa.

7. Method according to Claim 6, in which the frequencies (f) and/or frequency ratios (f/f-start) are assigned to the temperatures (T) on the basis of predetermined properties, in particular material properties, of the cooking vessel.
8. Method according to Claim 7, in which the properties of the cooking vessel are predefined for use or are retrieved by the user, for example by specifying a selection list.
9. Method according to one of Claims 6 to 8, in which the frequencies (f) and/or frequency ratios (f/f-start) are assigned to the temperatures (T) on the basis of predetermined powers (P).
10. Method according to one of Claims 6 to 9, in which the temperature of the cooking vessel is set to a desired value or is kept at a desired value by
 - continuously monitoring the frequency (f),
 - continuously assigning a temperature (T) to the frequency (f) and/or to the frequency ratio (f/f-start) on the basis of the currently assigned power (P) and the currently assigned cooking vessel,
 - continuously determining the difference between the assigned temperature and the desired temperature (T), and
 - selecting one of the assignable powers according to the difference.
11. Apparatus for thermally monitoring an inductively heatable cooking vessel for carrying out the method according to one of Claims 1 to 10, having
 - first means (4, 5) for providing an alternating current (I) which causes the inductive heating,
 - second means (3) for determining the frequency (f) of the alternating current (I), which frequency is influenced by the cooking vessel (8), and
 - third means (2) for signalling and/or controlling the temperature (T) of the cooking vessel (8) on the basis of the frequency (f) of the alternating current (I),

characterized in that

the third means (2) have first storage means which can be used to store predetermined sudden changes in first derivatives (f'(t)) of frequency/time profiles (f(t)) which, as reference data, represent simmering or boiling of food in the cooking vessel (8) and/or empty-cooking of the cooking vessel (8) or boiling-dry of the food in said vessel.

12. Apparatus according to Claim 11, in which the third means (2) have second storage means which can be used to store predetermined frequency/temper-

ature profiles (f(T)) and/or frequency ratio/temperature profiles (f/f-start(T)).

13. Apparatus according to Claim 12, in which the frequency/temperature profiles (f(T)) and/or frequency ratio/temperature profiles (f/f-start(T)) can be stored for each cooking vessel property and/or power (P1, P2, P3, P4).
14. Apparatus according to one of Claims 11 to 13, in which input means (1) are assigned to the third means (2) and can be used by the user to input desired temperatures (T) and/or programs, in particular cooking programs containing temperatures (T), and/or powers (P) and/or cooking vessels (8) and their properties.
15. Apparatus according to one of Claims 11 to 14, in which the third means (2) have computing means which can be used to calculate the frequencies (f) determined using the second means (3) and the data stored using the first and/or second storage means and the data which have been input using the input means (1) and relate to alternating currents (I) or corresponding powers (P), and which influence the temperature (T) of the cooking vessel (8) according to the data which have been input and/or stored.
16. Apparatus according to Claim 15, in which the influencing of the temperature (T) consists in its predetermined reduction if simmering or boiling and/or boiling-dry or empty-cooking is/are determined and/or in its adjustment or maintenance according to user data which have been input.
17. Cooking appliance having at least one apparatus according to one of Claims 11 to 16.

Revendications

1. Procédé de surveillance thermique d'un ustensile de cuisson chauffé par induction par surveillance de la fréquence (f) du courant alternatif (I) opérant le chauffage par induction influencée par l'ustensile de cuisson, **caractérisé en ce que** l'on effectue la surveillance de l'ébullition ou du bouillonnement d'une substance à cuire et/ou de la cuisson à vide de l'ustensile de cuisson ou de la cuisson à sec de la substance à cuire qui s'y trouve comme surveillance de variations brusques prédéterminées de la dérivée première (f'(t)) de la courbe fréquence-temps (f(t)).
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on effectue la surveillance de l'ébullition ou du bouillonnement comme surveillance d'une variation prédéterminée de la dérivée première (f'(t)) de la courbe fréquence-temps (f(t)) depuis la direction d'une va-

leur négative en direction d'une valeur d'environ zéro.

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel on réduit le courant alternatif (I) ou la puissance correspondante (P) à une valeur prédéterminée, lorsque l'on a détecté, lors de la surveillance, une ou plusieurs variation(s) qui correspond(ent) avec une ou plusieurs variation(s) prédéterminée(s). 5
4. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on effectue la surveillance de la cuisson à vide ou de la cuisson à sec comme surveillance d'une variation prédéterminée de la dérivée première ($f'(t)$) de la courbe fréquence-temps ($f(t)$) depuis la direction d'une valeur d'environ zéro en direction d'une valeur négative. 10
5. Procédé selon la revendication 3, dans lequel on coupe le courant alternatif (I) ou la puissance correspondante (P), lorsque l'on a détecté, lors de la surveillance, une ou plusieurs variations qui correspondent à une ou plusieurs variation(s) prédéterminée(s). 20
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel on effectue la surveillance de températures (T) en associant des fréquences prédéterminées (f) et/ou des rapports de fréquences (f/f -démarrage) à des températures prédéterminées (T) et/ou inversement. 25
7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel on effectue l'association des fréquences (f) et/ou des rapports de fréquences (f/f -démarrage) aux températures (T) en fonction de propriétés prédéterminées, en particulier de propriétés du matériau, de l'ustensile de cuisson. 30
8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel les propriétés de l'ustensile de cuisson sont prédéterminées pour l'utilisation ou demandées par l'utilisateur, par exemple en proposant une liste de sélection. 35
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, dans lequel on effectue l'association des fréquences (f) et/ou des rapports de fréquences (f/f -démarrage) aux températures (T) en fonction de puissances prédéterminées (P). 40
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, dans lequel on règle la température de l'ustensile de cuisson à une valeur désirée ou on la maintient à une valeur désirée, du fait que 45
 - on surveille la fréquence (f) en continu,
 - on associe en continu une température (T) à

la fréquence (f) et/ou au rapport de fréquences (f/f -démarrage) en fonction de la puissance actuellement associée (P) et de l'ustensile de cuisson actuellement associé,

- on détermine en continu l'écart entre la température associée et la température désirée (T), et

- on choisit une des puissances associables en fonction de l'écart.

11. Dispositif de surveillance thermique d'un ustensile de cuisson chauffé par induction pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, avec 50

- des premiers moyens (4, 5) pour fournir un courant alternatif (I) opérant le chauffage par induction,

- des deuxièmes moyens (3) pour déterminer la fréquence (f) du courant alternatif (I) influencée par l'ustensile de cuisson (8), et

- des troisièmes moyens (2) pour signaler et/ou commander la température (T) de l'ustensile de cuisson (8) en fonction de la fréquence (f) du courant alternatif (I), 25

caractérisé en ce que les troisièmes moyens (2) présentent des premiers moyens de mémoire, avec lesquels des variations brusques prédéterminées de dérivées premières ($f'(t)$) de courbes fréquence-temps ($f(t)$) peuvent être mémorisées, qui représentent en tant que données de référence une ébullition ou un bouillonnement d'une substance à cuire se trouvant dans l'ustensile de cuisson (8) et/ou une cuisson à vide de l'ustensile de cuisson (8) ou une cuisson à sec de la substance à cuire qui s'y trouve.

12. Dispositif selon la revendication 11, dans lequel les troisièmes moyens (2) présentent des deuxièmes moyens de mémoire, avec lesquels des courbes fréquence-température ($f(T)$) prédéterminées et/ou des courbes de rapports de fréquence-température (f/f -démarrage(T)) prédéterminées peuvent être mémorisées. 35

13. Dispositif selon la revendication 12, dans lequel les courbes fréquence-température ($f(T)$) et/ou les courbes rapports de fréquences-température (f/f -démarrage(T)) peuvent être mémorisées par propriété d'ustensile de cuisson et/ou par puissance (P1, P2, P3, P4). 40

14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 11 à 13, dans lequel des moyens d'entrée (1) sont associés aux troisièmes moyens (2), avec lesquels l'utilisateur peut entrer des températures désirées (T) et/ou des programmes désirés, en particulier des programmes de cuisson contenant des températu- 45

res (T), et/ou des puissances (P) et/ou des ustensiles de cuisson (8) ou leurs propriétés.

15. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 11 à 14, dans lequel les troisièmes moyens (2) présentent des moyens de calcul, avec lesquels on peut calculer les fréquences (f) déterminées avec les deuxièmes moyens (3) et les données mémorisées avec les premiers et/ou les deuxièmes moyens de mémoire ainsi que les données relatives aux courants alternatifs (I) ou aux puissances correspondantes (P) entrées avec les moyens d'entrée (1), qui influencent la température (T) de l'ustensile de cuisson (8) en fonction des données entrées et/ou mémorisées. 5 10 15
16. Dispositif selon la revendication 15, dans lequel l'action influençant la température (T) consiste en sa réduction prédéterminée en cas de détermination de l'ébullition et/ou de détermination d'une cuisson à vide ou à sec et/ou en son réglage ou en son maintien en fonction des données d'utilisateur entrées. 20
17. Appareil de cuisson comportant au moins un dispositif selon l'une quelconque des revendications 11 à 16. 25

30

35

40

45

50

55

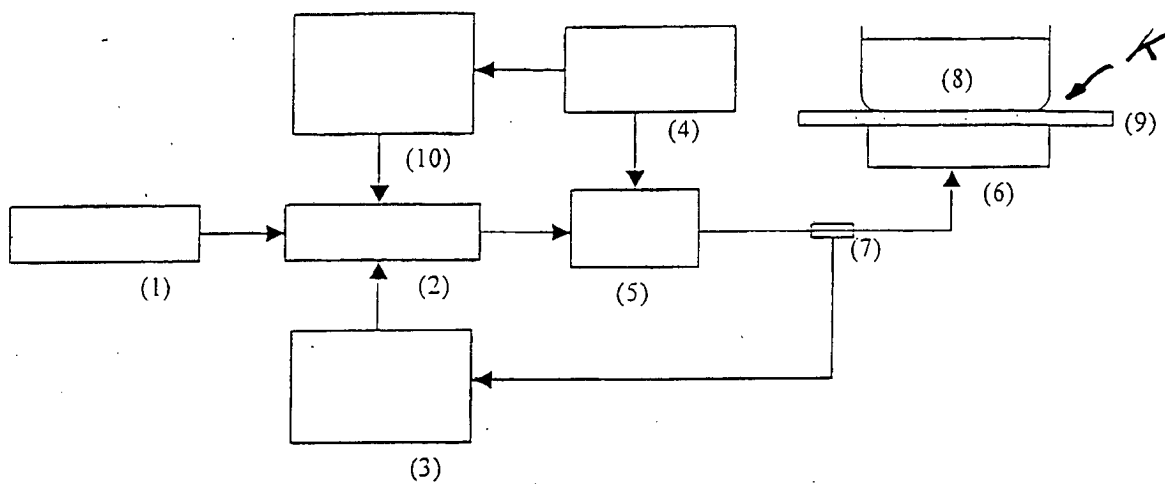


Fig.1,.

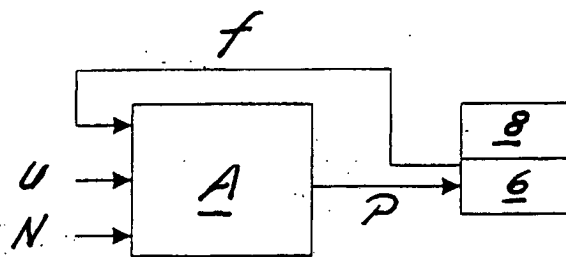


Fig.3,.

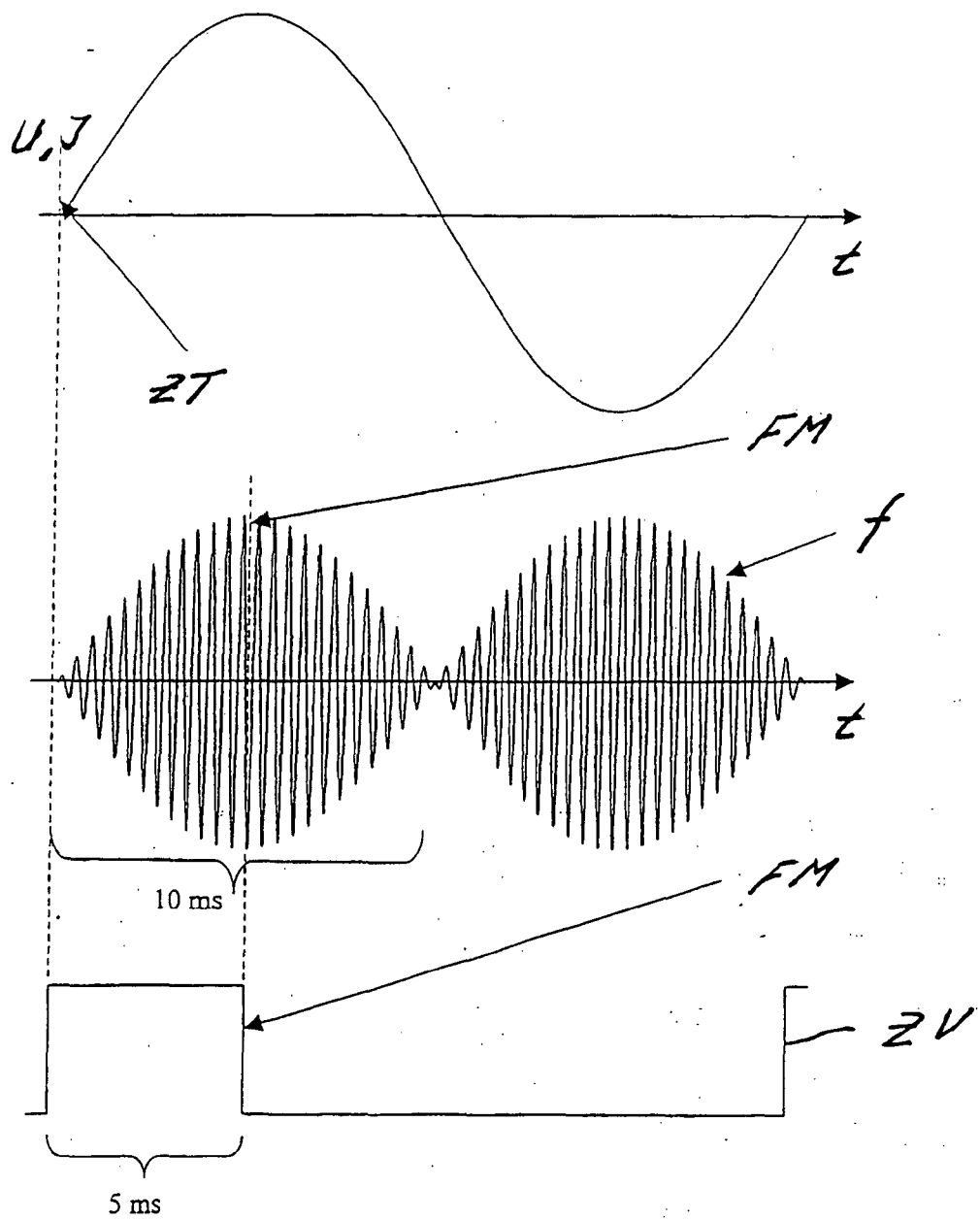


Fig.2,

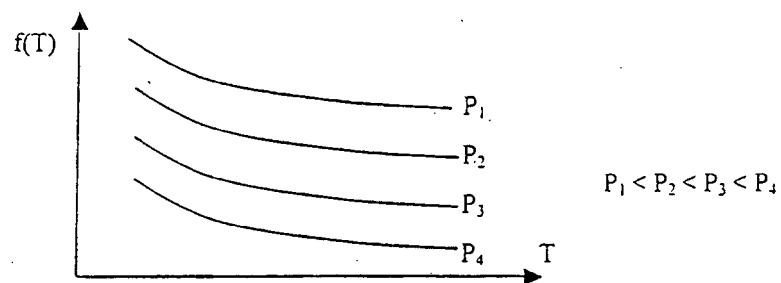


Fig.4,

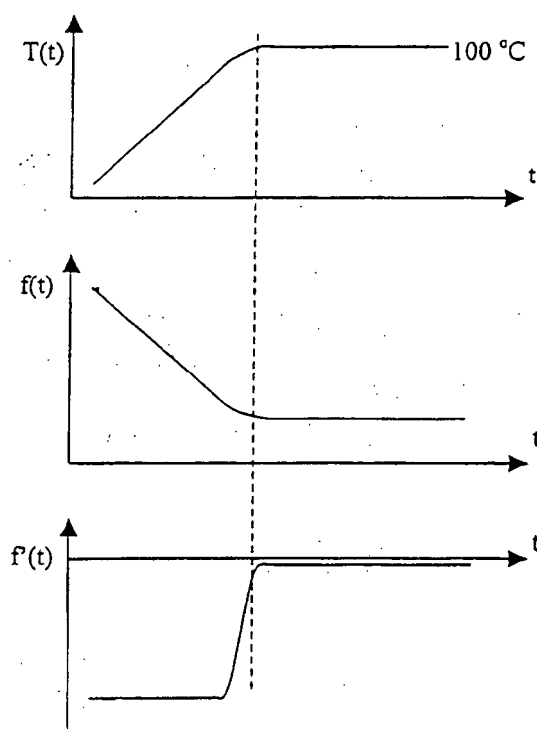


Fig.5,

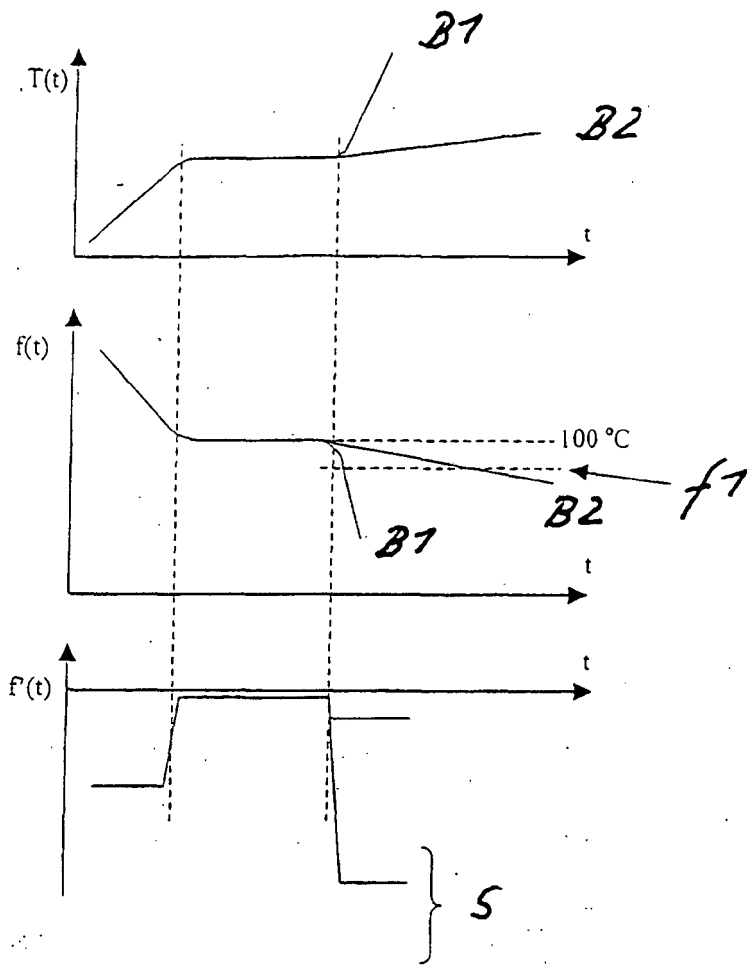


Fig.6,

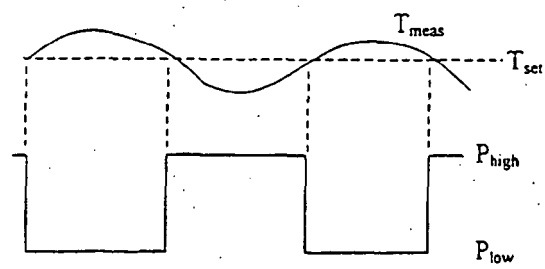


Fig.7,

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

- EP 0806887 A1 **[0002]**
- US 3781506 A **[0003]**
- US 6469282 B1 **[0004]**