

(19)



(11)

EP 2 271 175 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
05.01.2011 Patentblatt 2011/01

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

(21) Anmeldenummer: **10178369.4**

(22) Anmeldetag: **24.10.2003**

(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**

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

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

(74) Vertreter: **Schröer, Gernot H.**
Meissner, Bolte & Partner GbR
Bankgasse 3
90402 Nürnberg (DE)

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en)
nach Art. 76 EPÜ:
03024314.1 / 1 420 613

Bemerkungen:

Diese Anmeldung ist am 22-09-2010 als
Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten
Anmeldung eingereicht worden.

(71) Anmelder: **Electrolux Home Products Corporation**
N.V.
1930 Zaventem (BE)

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

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur thermischen Überwachung eines induktiv erwärmbaren Gargefäßes durch Überwachung der vom Gargefäß beein-

flussten Frequenz (f) des die induktive Erwärmung bewirkenden Wechselstroms (I). Darüber hinaus betrifft die Erfindung eine entsprechende Vorrichtung.

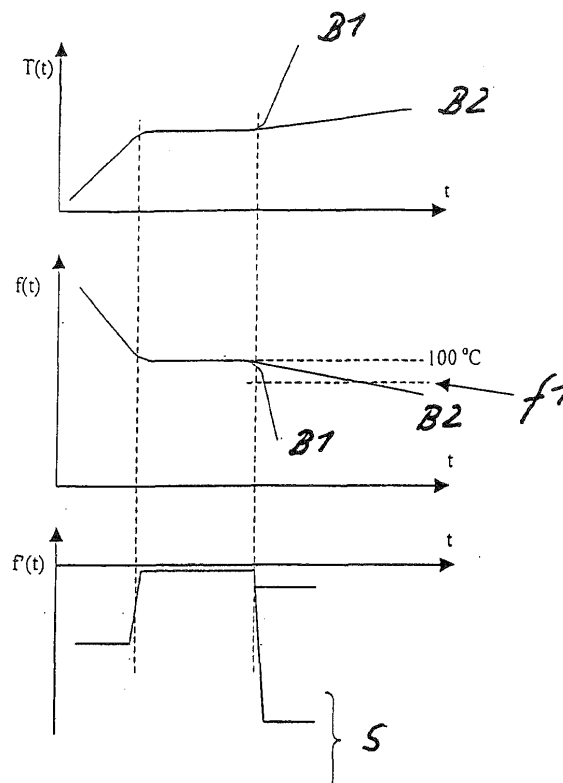


Fig.6, .

EP 2 271 175 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur thermischen Überwachung eines induktiv erwärmbaren Gargefäßes.

[0002] 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.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur thermischen Überwachung eines induktiv erwärmbaren Gargefäßes zu schaffen, die einfach und trägheitsarm arbeiten.

[0004] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 11 gelöst. Vorteilhafte Ausbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0005] Verfahrenseitig erfolgt die thermischen Überwachung des induktiv erwärmbaren Gargefäßes durch Überwachung der Frequenz (f) des die induktive Erwärmung bewirkenden Wechselstroms (I).

[0006] 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.

[0007] Gemäß einer ersten Ausbildung erfolgt die Überwachung auf insbesondere qualitative bzw. sprunghafte Änderungen des Temperatur-Zeit-Verlaufs (T(t)) vorzugsweise als Überwachung auf insbesondere qualitative bzw. sprunghafte Änderungen des Frequenz-Zeit-Verlaufes (f(t)) und/oder auf Änderungen und/oder absolute Werte der ersten Ableitung (f'(t)) des Frequenz-Zeit-Verlaufes (f(t)).

[0008] Gemäß einer zweiten Ausbildung erfolgt die

Überwachung auf absolute Temperaturen (T) durch Zuordnung vorbestimmter Frequenzen (f) und/oder Frequenzverhältnisse (f/f-start) zu vorbestimmten Temperaturen (T) und/oder umgekehrt.

[0009] Entsprechend erfolgt die Überwachung auf das Sieden eines im Gargefäß befindlichen Gargutes und/oder auf das Leerkochen des Gargefäßes bzw. das Trockenkochen des darin befindlichen Gargutes als Überwachung des Frequenz-Zeit-Verlaufes (f(t)) auf vorbestimmte qualitative bzw. sprunghafte Änderungen und/oder auf vorbestimmte Änderungen und/oder Absolutwerte der ersten Ableitung (f'(t)) des Frequenz-Zeit-Verlaufes (f(t)).

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

- auf eine vorbestimmte qualitative bzw. sprunghafte Änderung des Frequenz-Zeit-Verlaufes (f(t)) aus Richtung einer im wesentlichen linear abfallenden Frequenz (f) in Richtung einer im wesentlichen konstanten Frequenz (f) und/oder
- 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 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 qualitative bzw. sprunghafte Änderung des Frequenz-Zeit-Verlaufes (f(t)) aus Richtung einer im wesentlichen konstanten Frequenz (f) in Richtung einer im wesentlichen linear abfallenden Frequenz (f) und/oder
- 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] Die Zuordnung der Frequenzen (f) und/oder Frequenzverhältnisse (f/f -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 -start) zu den Temperaturen (T) kann aber auch in Abhängigkeit von vorbestimmten Leistungen (P) erfolgen.

[0016] 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 -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.

[0017] 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.

[0018] 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 Ermittlung 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.

[0019] Die dritten Mittel weisen insbesondere erste Speichermittel auf, mit denen vorbestimmte qualitative bzw. sprunghafte Änderungen von Frequenz-Zeitverläufen ($f(t)$) und/oder vorbestimmte Änderungen und/oder Absolutwerte erster Ableitungen ($f'(t)$) von Frequenz-Zeit-Verläufen ($f(t)$) speicherbar sind, die als Referenzdaten insbesondere ein Sieden eines im Gargefäß befindlichen Gargutes und/oder ein Leerkochen des Gar-

gefäßes bzw. ein Trockenkochen des darin befindlichen Gargutes repräsentieren.

[0020] Die dritten Mittel können aber auch zweite Speichermittel aufweisen, mit denen vorbestimmte Frequenz-Temperatur-Verläufe ($f(T)$) und/oder Frequenzverhältnis-Temperaturverläufe (f/f -start(T)) speicherbar sind, insbesondere je Gargefäßeigenschaft und/oder Leistung.

[0021] 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. 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 zu Wechselströmen bzw. entsprechenden Leistungen verrechenbar sind, die die Temperatur des Gargefäßes entsprechend der eingegebenen und/oder gespeicherten Daten beeinflussen.

[0022] Die Beeinflussung der Temperatur kann in deren vorbestimmter Verringerung bei ermitteltem Sieden und/oder ermitteltem Leer- bzw. Trockenkochen und/oder in deren Einstellung bzw. Aufrechterhaltung entsprechend eingegebener Nutzerdaten bestehen.

[0023] Ein erfindungsgemäßes Kochgerät weist wenigstens eine der vorbeschriebenen Vorrichtungen auf.

[0024] 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 unterschiedliche 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 Trockenkochen eines im Gargefäß befindlichen Gargutes.

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

[0025] Um in einem Gargefäß oder einem Gargerät eine gewünschte Temperatur einzustellen, wird die Leistung der das Gargefäß aufnehmenden Kochzone gere-

gelt. 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.

[0026] 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.

[0027] 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.

[0028] 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).

[0029] 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.

[0030] 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 Polynom Anpassung, 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.

[0031] 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 durchzuführen.

[0032] Dieses Verfahren erfordert eine Identifikation des benutzen Geschirrs 8.

[0033] 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.

[0034] 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.

[0035] Im Folgenden werden die Steuer- bzw. Regelalgorithmen A beschrieben.

[0036] 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.

[0037] 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.

[0038] 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 $f(T, P)$ nach Fig. 4 für die zur Nutzung vorgesehenen Leistungsniveaus heranzuziehen.

[0039] 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 $f(T, P$ -high) und $f(T, P$ -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.

[0040] 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.

[0041] Dem Nutzer stehen so auf erfindungsgemäße Weise Geräteeigenschaften zur Verfügung, die sowohl die Funktionalität als auch die Sicherheit positiv beeinflussen. Diese Merkmale sind allgemein:

- Siedeerkennung:

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

- Leer- bzw. Trockenkocherkennung:

Die Leistung wird trägheitsarm abgeschaltet, wenn das Wasser aus dem Gargefäß entwichen 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),

a) bei dem die Überwachung auf qualitative bzw. sprunghafte Änderungen des Temperatur-Zeit-Verlaufs (T(t)) als Überwachung auf qualitative bzw. sprunghafte Änderungen des Frequenz-Zeit-Verlaufes (f(t)) und/oder auf Änderungen und/oder absolute Werte der ersten Ableitung (f'(t)) des Frequenz-Zeit-Verlaufes (f(t)) erfolgt und

b) 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.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem

a) 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 qualitative bzw. sprunghafte Änderungen des Frequenz-Zeit-Verlaufes (f(t)) und/oder auf vorbestimmte Änderungen und/oder Absolutwerte der ersten Ableitung (f'(t)) des Frequenz-Zeit-Verlaufes (f(t)) erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem

a) die Überwachung auf das Sieden bzw. Aufkochen als Überwachung auf eine vorbestimmte qualitative bzw. sprunghafte Änderung des Frequenz-Zeit-Verlaufes (f(t)) aus Richtung einer im wesentlichen linear abfallenden Frequenz (f) in Richtung einer im wesentlichen konstanten Frequenz (f) und/oder 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 und/oder auf einen vorbestimmten

Wert der ersten Ableitung (f'(t)) des Frequenz-Zeit-Verlaufes (f(t)) erfolgt, und/oder bei dem

b) die Überwachung auf das Leer- bzw. Trocknenkochen als Überwachung auf eine vorbestimmte qualitative bzw. sprunghafte Änderung des Frequenz-Zeit-Verlaufes (f(t)) aus Richtung einer im wesentlichen konstanten Frequenz (f) in Richtung einer im wesentlichen linear abfallenden Frequenz (f) und/oder 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.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder Anspruch 3, bei dem die vorbestimmte(n) qualitative(n) bzw. sprunghafte(n) Änderung(en) des Frequenz-Zeit-Verlaufes (f(t)) 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) liegen.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, bei dem der Wechselstrom (I) bzw. die entsprechende Leistung (P) auf einen vorbestimmten Wert reduziert, insbesondere 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 vorhergehenden Ansprüche, 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, die insbesondere für die Nutzung vorgegeben oder vom Nutzer abgefragt werden, beispielsweise durch Vorgabe einer Auswahlliste, erfolgt und/oder bei dem die Zuordnung der Frequenzen (f) und/oder Frequenzverhältnisse (f/f-start) zu den Temperaturen (T) in Abhängigkeit von vorbestimmten Leistungen (P) erfolgt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem unter der Annahme, dass sich das Gargefäß zu Beginn auf Raumtemperatur (T-start) befindet, der eine Startfrequenz (f-start) zugeordnet ist, der Messwert als relative Frequenz (f-rel) als Quotient (f/f-start) der Frequenz (f) und der Startfrequenz (f-start) ausgedrückt wird, wobei sich insbesondere die Abweichungen zwischen unterschiedlichen Gargefäßen aufgrund des

relativen Frequenzniveaus vermeiden lassen, wobei insbesondere der Wert der relativen Frequenz (f_{rel}) für 250 °C bei ungefähr 0,83 für ein breites Register von Gargefäßen liegt, die dem Nutzer bei Benutzung dieser Methode empfohlen werden kann, und/oder wobei insbesondere die Eigenschaften des Gargefäßes für die Nutzung vorgegeben oder vom Nutzer abgefragt werden, beispielsweise durch Vorgabe einer Auswahlliste.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 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 zuordnenbaren Leistungen ausgewählt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit wenigstens einem der folgenden weiteren Merkmale:

- die thermische Überwachung ist trägheitsarm,
- die Temperatur wird direkt im Boden des Gargefäßes nahe dem Gargut gemessen und ermittelt,
- es ist kein separater Übertragungskanal für Messdaten vom Gargefäß zur Kochmulde vorgesehen,
- das Verfahren wird zur Überwachung und/oder Steuerung des Garprozesses in einem induktiv erwärmbaren Gargefäß verwendet, 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,
- der Schwingkreis des Induktionsheizsystems besteht aus einem Wechselrichter (5) und einer Induktionsspule (6), die unter einer ein Kochgerät bzw. Kochgeschirr als Gargefäß (8) tragenden Oberfläche (9), beispielsweise einer Glas-keramikplatte, angeordnet ist, in dem ferromagnetischen Boden des Gargefäßes (8) wird durch Wirbelströme, die durch das Magnetfeld der Induktionsspule (6) induziert werden, Wärme erzeugt und der Oszillationsstrom (Größe

und Frequenz) durch die Induktionsspule unterliegt dem Einfluss verschiedener Elemente des Schwingkreises, deren eines die Impedanz des Systems Induktionsspule (6)/Gargefäß (8) ist, welche Impedanz (Z) beeinflusst wird durch die Temperatur (T) im Gefäß- oder Geschirrboden, insbesondere aufgrund von Änderungen der elektromagnetischen Eigenschaften des Bodenmaterials, welche wiederum die Schwingungsfrequenz (f) des Wechselrichters (5) beeinflusst, was schließlich zur Messung der Temperatur (T) im Gefäßboden genutzt wird,

- der Spulenstrom (I) wird mittels eines Stromwandlers 7 gemessen, wobei die Schwingungsfrequenz (f) von typischerweise 20 bis 60 kHz mit der gleichgerichteten Netzstromversorgung moduliert wird und dieses Signal an eine Frequenzmess-Schaltung (3) führt, 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 Regelalgorithmen (A) enthält und eine Filterung des Signals sichert, falls dieses rauscht, wobei der Algorithmus (A) die geeignete Leistung (P) für die Kochzone (K) berechnet, um die gewünschte Funktionalität zu sichern, basierend auf den Informationen über die Frequenz (f), die Spannungsversorgung (U) und die mittels Nutzerschnittstelle eingegebenen Nutzereinstellungen (N),
- die Betriebsfrequenz des Induktions-Wechselrichters 5 bewegt sich insbesondere im Bereich zwischen 20 und 60 kHz, abhängig vom Leistungsniveau und die Frequenz f (d. h., die Umkehrung der Periodendauer eines Zyklus) variiert auch über die gleichgerichtete Sinuskurvenperiode,
- die Frequenz (f) wird gemessen, wenn die Netzspannung ihr Maximum hat,
- eine Zeitschaltung mit einer Verzögerungszeit von beispielsweise 5 ms, die im Nulldurchgang der Netzspannung ausgelöst wird, löst nach Ablauf der Verzögerungszeit die Frequenzmessung aus
- 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) und davon wird die Periodenzeit der Schwingungen (6-20, abhängig von der Frequenz) errechnet und davon wiederum die Mittenfrequenz, wobei Beeinflussungen der Frequenz durch Änderungen in der Netzstromversorgung können durch Messung der Spannung (durch die Spannungsmesseinrichtung 10) und Verrechnung mit empirisch ermit-

- telten Werten oder Formeln korrigiert werden können, und wobei die korrigierte und/oder unkorrigierte Frequenz dann in den Algorithmen benutzt wird, um Temperaturen zu signalisieren - 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), wobei insbesondere die Messdaten mit einer Kurvenanpassungsmethode, beispielsweise einer Polynomanpassung, an eine akzeptierte Genauigkeit angepasst werden und/oder wobei man am Ende dieses Abschnitts eine Beziehung $f(T)$ für ein bestimmtes Geschirr erhält, und wobei, da die Frequenz (f) vom Leistungsniveau (P) abhängt, dies für die anderen zu nutzenden Leistungsniveaus zu wiederholen ist, um schließlich eine Beziehung $f(T, P)$ zu haben, die in der Steuerlogik als Kalibrierungskurve (für ein bestimmtes Geschirr) gespeichert wird, wobei die $f(T)$ -Kalibrierungskurven für Leistungen P1, P2, P3 und P4 insbesondere abfallend sind, - 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), - für langsame Trockenkochprozesse (Gargut mit geringem oder mittleren Wassergehalt) steigt die Temperatur (T) nicht so schnell und es wird das stabile Frequenzniveau während des Siedens (Kochens) als Referenzniveau genutzt, um eine Kalibrierung bzgl. 100 °C vorzunehmen, und, 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, - 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 und werden hierfür Kalibrierungskurven $f(T, P)$ für die zur Nutzung vorgesehenen Leistungsniveaus herangezogen.
- 10.** Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit wenigstens einem der folgenden weiteren Merkmale:
- die Temperaturregelung wird als Thermostatsfunktion durchgeführt und die Leistung der Kochzone wird auf zwei unterschiedliche Niveaus P-high und P-low gesetzt, 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

- zu Frequenzen und/oder Frequenzverhältnissen und/oder Frequenzänderungen und/oder Frequenzverläufen und/oder deren ersten Ableitungen werden Temperaturen und/oder Temperaturverhältnisse und/oder Temperaturänderungen und/oder Temperaturverläufe und/oder deren erste Ableitungen zugeordnet und/oder umgekehrt
- Siedeerkennung: Die Leistung wird trägheitsarm auf ein vorbestimmtes Niveau reduziert oder abgeschaltet, wenn der Inhalt des Gargefäßes siedet bzw. aufkocht. Die schnelle Siedeerkennung arbeitet auch als Überkochschutz.
- Leer- bzw. Trockenkocherkennung: Die Leistung wird trägheitsarm abgeschaltet, wenn das Wasser aus dem Gargefäß entwichen 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.

- 11.** Vorrichtung zur thermischen Überwachung eines induktiv erwärmbaren Gargefäßes und zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10, mit

- a) ersten Mitteln (4, 5) zur Bereitstellung eines die induktive Erwärmung bewirkenden Wechselstroms (I),
- b) 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),
- c) bei der die dritten Mittel (2) erste Speicher-

- mittel aufweisen, mit denen vorbestimmte qualitative bzw. sprunghafte Änderungen von Frequenz-Zeitverläufen ($f(t)$) und/oder vorbestimmte Änderungen erster Ableitungen ($f'(t)$) von Frequenz-Zeit-Verläufen ($f(t)$) speicherbar sind, die als Referenzdaten insbesondere 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, und d) 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, insbesondere je Gargefäßseigenschaft und/oder Leistung. 5 10 15
- 12.** Vorrichtung nach Anspruch 11, 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. 20 25
- 13.** Vorrichtung nach Anspruch 11 oder Anspruch 12, 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 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, wobei insbesondere 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. 30 35 40
- 14.** Kochgerät mit wenigstens einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13. 45

50

55

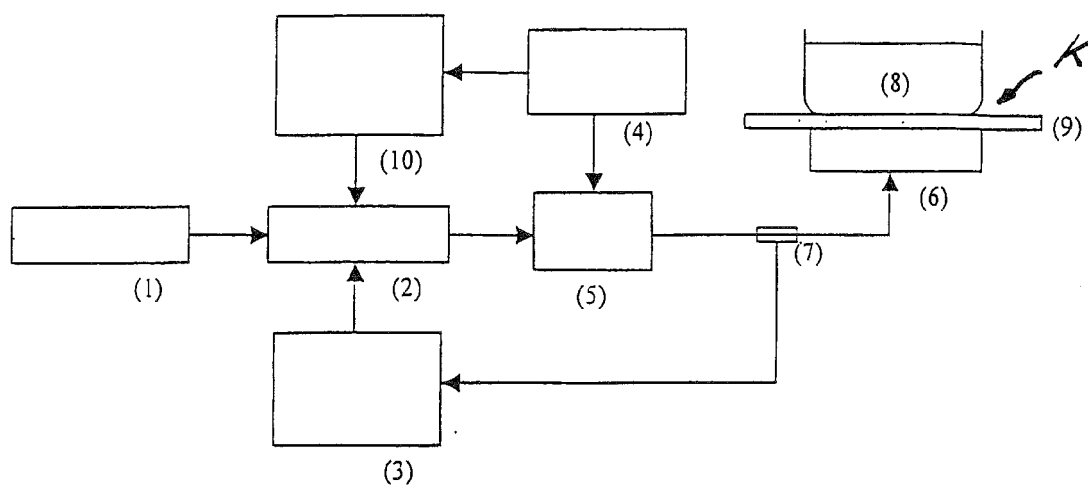


Fig.1,

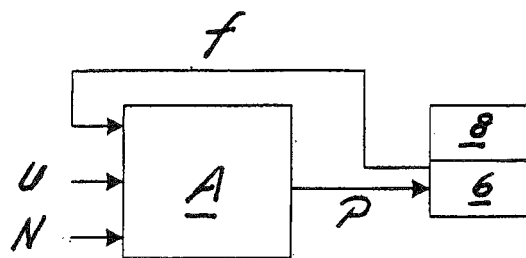


Fig.3,

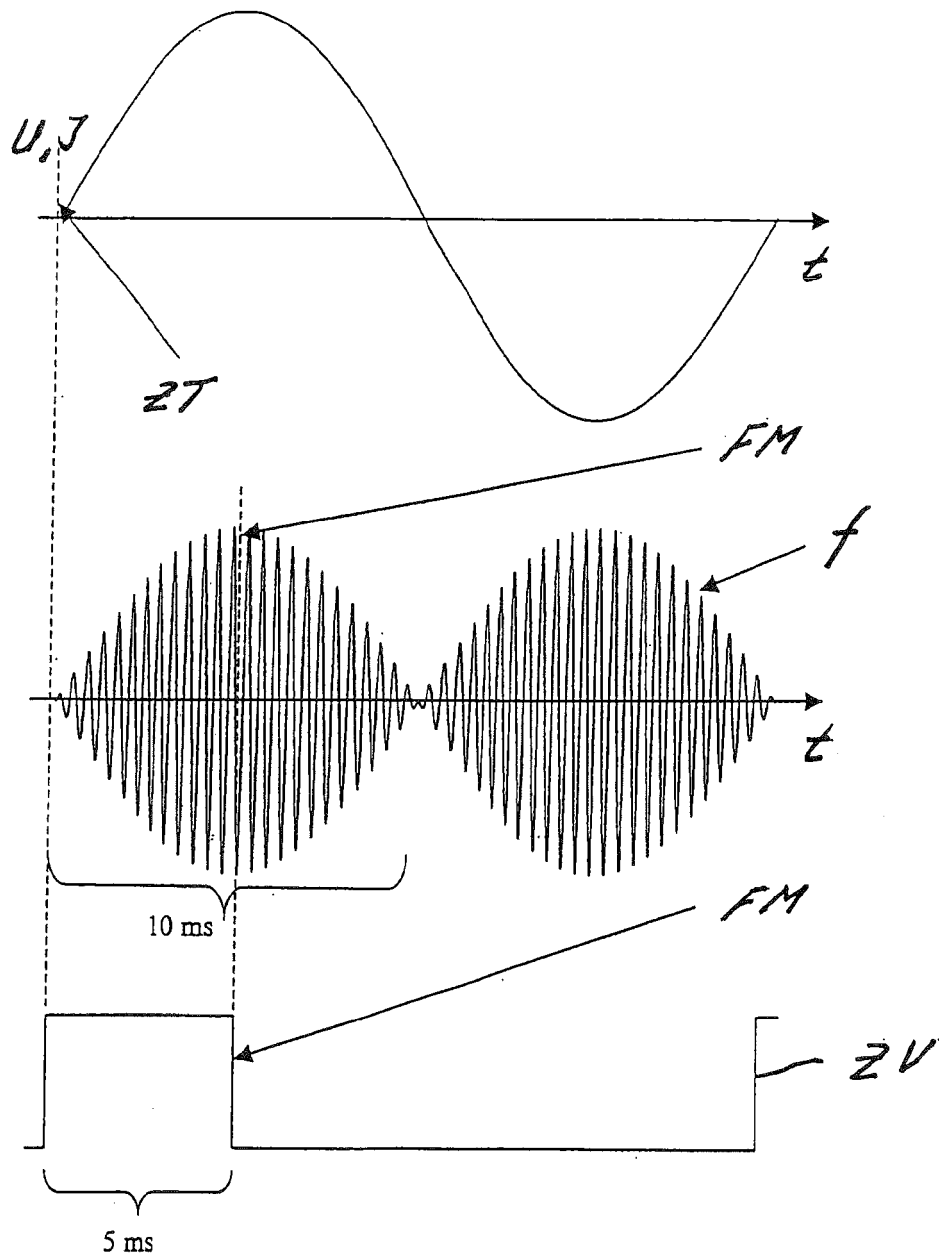


Fig.2,

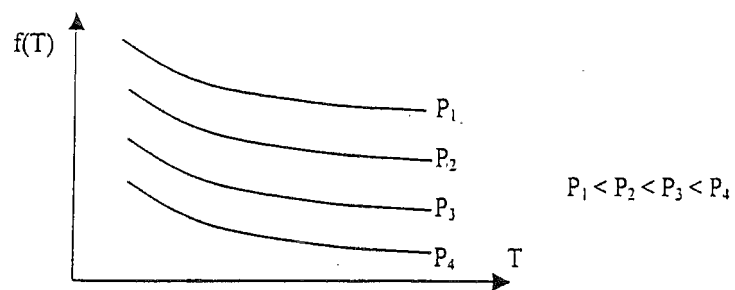


Fig.4,

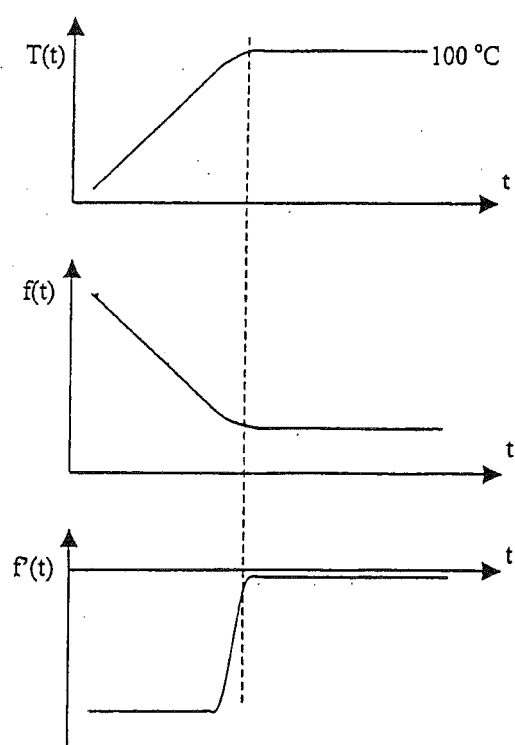


Fig.5,

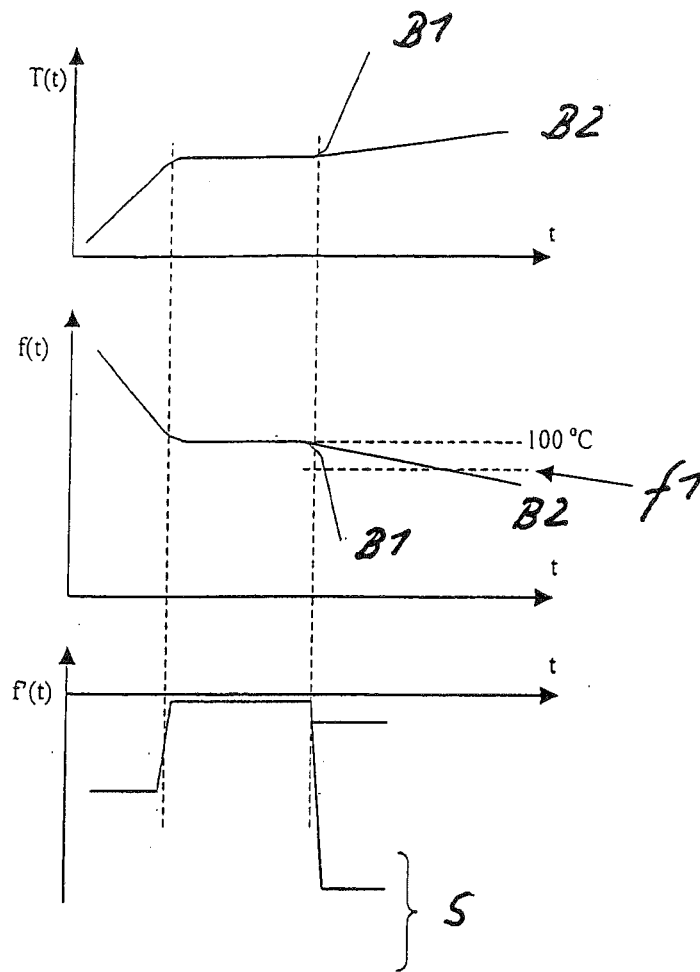


Fig.6,

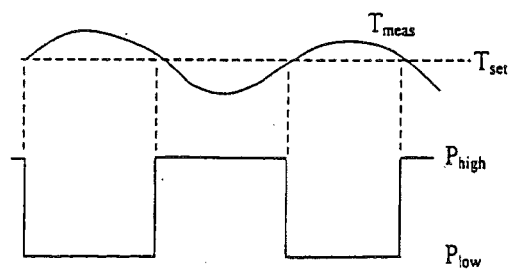


Fig.7,