



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 561 206 A2**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **93103272.6**

(51) Int. Cl.⁵: **H05B 6/06, H05B 6/12**

(22) Anmeldetag: **02.03.93**

(30) Priorität: **14.03.92 DE 4208252**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.09.93 Patentblatt 93/38

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT

(71) Anmelder: **E.G.O. Elektro-Geräte Blanc u.
Fischer
Rote-Tor-Strasse
D-75038 Oberderdingen(DE)**

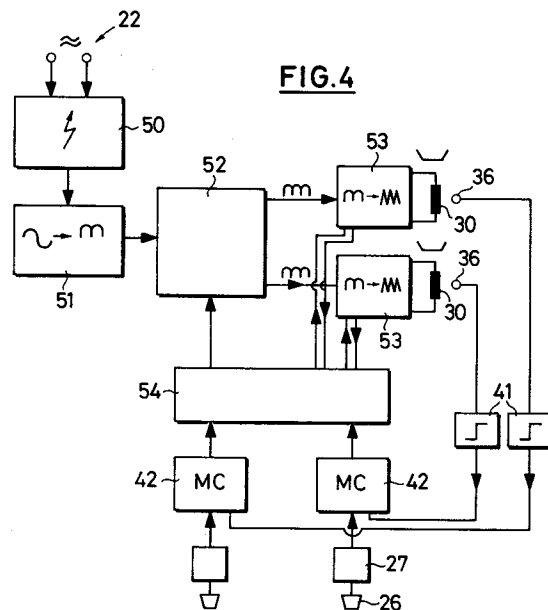
(72) Erfinder: **Fettig, Günter
Vogelsang 14
W-7500 Karlsruhe-Grötzingen(DE)**

Erfinder: **Horn, Jürgen
Im Steinig 6
W-7527 Kraichtal 6(DE)
Erfinder: **Bogdanski, Franz
Kirchberg 28
W-7519 Oberderdingen(DE)
Erfinder: **Essig, Willi
Tribergstrasse 3
W-7030 Böblingen(DE)******

(74) Vertreter: **Patentanwälte Ruff, Beier,
Schöndorf und Mütschele
Willy-Brandt-Strasse 28
D-70173 Stuttgart (DE)**

(54) **Induktive Kochstellenbeheizung.**

(57) Eine induktive Kochstellenbeheizung wird durch eine Schwingungspaketsteuerung gesteuert bzw. geregelt, die ein symmetrisches Muster aus vollständigen Netz-Halbwellen verwendet. Die Schaltung erfolgt jeweils im Nulldurchgang und ist so symmetrisch, daß sich kein Gleichspannungsanteil im Netz ergibt. Sie enthält ferner eine optische Temperaturüberwachung der die Kochstelle abdeckenden Platte (12) mit einem Infrarot-Photofühler (36), der die Temperatur aufgrund seines vorbestimmten Spektralbereiches ermittelt.



EP 0 561 206 A2

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft eine induktive Kochstellenbeheizung für Kochgefäße o. dgl.

Induktionsbeheizungen haben den Vorteil einer sehr trägheitsarmen Wärmeerzeugung unmittelbar im Kochgefäß, nämlich im Kochtopfboden. Das Kochgerät selbst bleibt weitgehend kalt. Ihr Nachteil ist der relativ hohe Bauaufwand und die schwierige Steuerbarkeit. Da zur notwendigen Hochfrequenzenerzeugung und ihrer Steuerung elektronische Bauteile benötigt werden und andererseits durch die Verlustwärme in der Elektronik und der Induktionsspule sich die Induktionserzeugungsmittel doch stärker erwärmen, war es notwendig, die Umwandlungs- und Steuerelektronik getrennt von der Kochstelle anzuordnen. Dadurch wurde der Einbau in normale Kochherde oder Kochmulden behindert und Induktionskochstellen waren daher meist in Sondergeräten eingebaut.

Aufgabe

Aufgabe der Erfindung ist es, bei einer Kochstellenbeheizung eine verlustarme und daher mit geringer Eigenerwärmung arbeitende, leicht steuer- bzw. regelbare Kochstellenbeheizung zu schaffen.

Lösungen und Erläuterungen

Diese Aufgabe wird durch den Anspruch 1 gelöst.

Im Gegensatz zu der sonst üblichen Phasenanschnittsteuerung hat die Schwingungspaketsteuerung nach der Erfindung keinen Gleichspannungsanteil und ist daher praktisch ohne Netz-Rückwirkung. Auch entfällt die Bildung von Oberwellen weitgehend, so daß auch die Funkentstörung vereinfacht wird. Dazu trägt auch bei, daß der Hochfrequenzwechselrichter freischwingend ausgebildet ist, d. h. seine Frequenz strom- und dämpfungsabhängig ändert. Das ist insofern ungewöhnlich, als der Schwingkreis durch eine Steuerungs-Taktfrequenz einer phasengesteuerten Schleifenschaltung (PLL) gesteuert ist, die jedoch im Leistungsbetrieb die Frequenz des Schwingkreises übernimmt. Die elektronischen Schalter schalten dabei auch im Nulldurchgang.

Durch das Steuerungsprinzip der vollen Halbwellensteuerung arbeitet der Umrichter immer im Punkt des maximalen Wirkungsgrades. Er hat daher insbesondere einen hohen Fortkoch-(Teilleistungs)-Wirkungsgrad. Dadurch können auch die Leistungsbaulemente entsprechend kleiner ausfallen und aus handelsüblichen Elementen bestehen. Das Steuerungsprinzip ist bezüglich der Netzurückwirkung optimiert. Auch der Einfluß auf Herzschrittmarker ist minimiert.

Durch die Auswahl der Halbwellensteuerung im Grundmuster (Teilintervallen), die wenige Netzperioden (z. B. sechs Halbwellen) umfassen und die Variation, Wiederholung oder Kombination dieser Teilintervalle innerhalb eines Gesamtzeitintervalls in der Größenordnung von einigen Sekunden (zwischen 1 und 10 s, vorzugsweise ca. 2 s) ergibt sich eine große Variationsbreite von Leistungseinstellmöglichkeiten. Dabei ist der Einstellbereich auch leicht nichtlinear über den Einstellweg (Knebelstellung) auszubilden, so daß er ergonomisch optimiert werden kann. Kleinere Leistungen können feiner justierbar sein.

Durch den freischwingenden Umrichter ergeben sich geringe Schaltverluste. Es ist daher auch keine Überdimensionierung der elektronischen Leistungsschalter (IGBT's) notwendig. Es ergibt sich auch keine konstante Frequenz, vielmehr tritt durch Sättigungseffekte Frequenzmodulation auf.

An sich ist in einer Induktionskochstelle eine Temperaturüberwachung nicht notwendig, weil die Wärme erst außerhalb der Kochstelle, nämlich im Kochgefäß, entsteht. Trotzdem kann von dort aus Wärme auf die Platte übertragen werden und somit die Glaskeramikplatte und unzulässig überhitzen. Ein Abfühlen dieser Platte ist über herkömmliche Mittel nur schwer durchzuführen. Daher wird gemäß der Erfindung eine neuartige optische Meßeinrichtung zur Temperaturmessung der Platte verwendet. Sie enthält einen Infrarot-Fühler, beispielsweise eine Silicium-Fotodiode, der eine Temperaturmessung unter Ausnutzung des Planck'schen Strahlungsgesetzes durchführt. Mit steigender Temperatur der Glaskeramikplatte erhöht sich auch das Maximum der Frequenz der abgestrahlten Photonen (Wien'sches Verschiebungsgesetz). Ab einer bestimmten Temperatur entspricht die Energie der abgestrahlten Photonen der spektralen Empfindlichkeit des Fühlers, so daß ein auswertbares Signal entsteht, das zur Abschaltung oder Leistungsreduzierung der Beheizung verwendet wird.

Da sich solche Überhitzung der Glaskeramikplatte praktisch nur dann einstellen kann, wenn die Beheizung bestimmungswidrig gebraucht wird, beispielsweise durch Aufstellen eines leeren Topfes, sollte die Temperaturbegrenzung eine Sperrfunktion haben, d. h. nach Ansprechen der Temperaturbegrenzungsschaltung sollte die Kochstelle ausgeschaltet bleiben, bis sie manuell ausgeschaltet und dann wieder eingeschaltet wird. Dies ist durch die Steuerelektronik, beispielsweise einen Mikro-Computer, leicht vorzusehen.

Diese und weitere Merkmale der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei einer Ausführungsform der Erfindung und auf ande-

ren Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird.

Figuren-Kurzbeschreibung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im folgenden näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1

eine Draufsicht auf ein Bauelement zur induktiven Kochstellenbeheizung,

Fig. 2

einen schematischen Längsschnitt durch das Bauelement,

Fig. 3

einen Querschnitt,

Fig. 4

ein Blockschaltbild der Steuerung und Leistungsversorgung von zwei Induktionsspulen,

Fig. 5

ein teilweise detaillierteres Schaltbild für den Betrieb einer Induktionsspule,

Fig. 6 + 7

schematische Darstellungen einer Abschirmung, (Fig. 8a) - d)

Darstellungen "Strom über Zeit" verschiedener Impulsgrundmuster,

Fig. 9

eine tabellarische Darstellung der Zusammensetzung einzelnen Leistungsstufen aus Grundimpulsmustern,

Fig. 10

ein erläuterndes Diagramm eines Strom/Zeitverlaufes,

Fig. 11a) + b)

den Strom/Zeitverlauf und die zugehörigen Einschaltzeiten eines Topferkennungs-Prüfzyklus und

Fig. 12

einen Querschnitt durch eine Litze, aus der eine Induktionsspule aufgebaut ist.

Bauelement

Die Fig. 1 bis 3 zeigen ein Bauelement 11 für zwei Induktions-Kochstellen 10. Es ist zur Anordnung unter einer Platte 12 vorgesehen, beispielsweise einer Glaskeramik-Platte. Das Bauelement bildet eine kompakte, relativ flache, handhabbare Baueinheit, die mit Ausnahme des Netzanschlusses und eines Einstell- und Regelorgans 27 mit Einstellknopf 26, das auch eine Leistungssteuereinrichtung beinhalten kann, die alle zum Betrieb notwendigen Elemente enthält. Das Bauelement kann beispielsweise durch nicht dargestellte Federelemente von unten an die Platte 12 angedrückt werden. Durch diese Anordnung und den Einschluß

aller wesentlichen Bauteile läßt sich die Induktions-Beheizung auch anstelle und zusätzlich zu üblichen Strahlungs-Kochstellen in einem Glaskeramik-Kochfeld anordnen.

5 Das Bauelement enthält in einer Blechschale 23 einen Kühlkörper 15, vorzugsweise ein Aluminiumformteil mit oben weitgehend geschlossener Fläche und Kühlrippen 18 an der Unterseite, die zwischen sich Kühlkanäle 19 bilden. Sie verlaufen etwa längs einer die beiden Kochstellen 10 verbindenden Achse 9. An der Oberseite besitzt der Kühlkörper Ausnehmungen 29, in denen Induktionserzeugungsmittel 14 angeordnet sind, die jeweils einer Kochstelle 10 zugeordnet sind. An der Unterseite des Kühlkörpers ist eine Platine 16 vorgesehen, beispielsweise mit den äußeren Kühlrippen verschraubt, so daß die Kühlkanäle 19 und weitere, ebenfalls als Kühlkanäle dienende größere Räume 28 an der Unterseite des Kühlkörpers 15 einschließen. In diesen sind, vorzugsweise in wärmeleitender Verbindung mit dem Kühlkörper 15, elektronische Leistungssteuerelemente 21 angeordnet. Die Platine trägt ebenfalls elektronische Bauelemente, jedoch vorwiegend die zur Steuerung eingesetzten, mit relativ kleinen Strömen und daher geringerer Erwärmung arbeitenden Elemente. Das ganze ist passend in eine Blechschale eingesetzt. Die Platine könnte aber auch selbst die untere Abdeckung bilden. Im Bereich einer kurzen Randseite 24 des langgestreckt rechteckigen Bauelementes 11 sind Lüftungsöffnungen 25 vorgesehen, durch die ein in einer Ausnehmung des Kühlkörpers 15 angeordneter Ventilator 37 Luft ansaugt bzw. nach Durchströmen der Kühlkanäle 19, 28 ausbläst. Auch ein mittig auf dem Kühlkörper angeordneter Ventilator mit einem Luftaustritt nach zwei oder mehr Seiten ist möglich. Dadurch werden die Leistungssteuerelemente und die Steuerelektronik unmittelbar vom Kühlluftstrom gekühlt und die Leistungssteuerelemente geben zudem ihre Wärme durch Leitung an den luftgekühlten Kühlkörper ab.

Induktionsspule

45 Die Induktionserzeugungsmittel 14 bestehen aus einer Induktionsspule 30 in Form einer flachen, scheiben- bzw. ringförmigen Platte, darunter angeordneten Magnet-Rückschlußmitteln 31 und einer thermischen Isolierung 32 an der der Platte zugekehrten Seite, in deren Bereich eine Abschirmung 33 vorgesehen sein kann.

Die Induktionsspule 30 enthält als Wendel und/oder Spirale gewickelte Litzen 38, die aus Einzelleitern 39 (siehe Figur 12) aufgebaut sind. Die Litze 38 ist aus mehreren, vorzugsweise fünf bis neun, im vorliegenden Falle sieben Kardeelen 40 aufgebaut, die miteinander verseilt sind und ihrerseits eine Anzahl zwischen fünf und neun, vorlie-

gend sieben miteinander verseilter Einzeldrähte enthalten. Die Einzelleiter sind auf übliche Weise, beispielsweise durch eine wärmebeständige Lack-schicht, elektrisch gegeneinander isoliert.

Die aus Kupfer bestehenden Einzelleiter 39 haben einen Durchmesser d zwischen 0,1 und 0,4 mm, vorzugsweise 0,2 mm. Dieser Wert gilt für die hier bevorzugte Frequenz des der Induktionsspule zugeführten Stromes zwischen 20 und 30 kHz, vorzugsweise ca. 25 kHz. Im einzelnen läßt sich auch für andere Frequenzen ein Basiswert D des Durchmessers des Einzelleiters nach folgender Formel ermitteln:

$$D = 1/\sqrt{\pi \cdot x \cdot f \cdot \mu}$$

wobei D in Metern ermittelt wird. Die elektrische Leitfähigkeit x des Einzelleitermaterials ist in $A/V \cdot m$, dessen Permeabilität μ in $V \cdot s/A \cdot m$ einzusetzen ist und die Frequenz f in $1/s$. Die bevorzugt verwendete Drahtstärke d liegt vorzugsweise zwischen einem Viertel und drei Viertel des nach dieser Formel berechneten Basiswertes D . Es hat sich erstaunlicherweise gezeigt, daß bei diesen geringen Durchmessern des Einzelleiters die Verlustleistung in der Induktionsspule 30 wesentlich gesenkt werden konnte.

Nach bisher vorliegenden Erkenntnissen, die auch durch theoretische Rechnungen als erwiesen galten, sollten die Spulenverluste zwar bei Verringerung des Durchmessers d bis zu einem Wert gleich dem Basiswert D nach der o. g. Formel abnehmen, danach aber kaum noch. Die theoretischen, bisher als gesichert geltenden Erkenntnisse gingen von dem Skin-Effekt eines Einzelleiters aus und ermittelten für den o. g. Durchmesser D eine optimale Größe, weil dann der gesamte Durchmesser trotz der Stromverdrängung zur Oberfläche hin gleichmäßig durchflossen sei. Der Basiswert D entspricht der Eindringtiefe des Stromes in eine Leiteroberfläche, wobei wegen der runden Drahtform sich ein Eindringen von allen Seiten gleichzeitig ergibt und somit eine gleichmäßige Strombelegung über den Querschnitt. Die von dieser Theorie ausgehende Überlegung wurde jedoch erstaunlicherweise durch Versuche widerlegt. Bevorzugt wäre sogar ein Durchmesser von weniger als 0,2 mm, d. h. geringer als der Hälfte des Basiswertes D , jedoch setzen die mechanischen Möglichkeiten der Verarbeitung einer Durchmesser-Verkleinerung irgendwann ein Ende.

Versuche haben gezeigt, daß die Verluste durch Wirbelströme und ohmsche Verluste in den Einzelleitern infolge der von der Spule selbst erzeugten Induktion bei aufgrund der bisherigen Theorie üblicherweise angewendeten Drahtstärken (gleich dem Basiswert D von 0,4 mm bei 25 kHz Frequenz) bei 70 - 100 W liegen, während sie bei

einer Spule gleicher Leistung bei einem Draht-durchmesser d von 0,2 mm halbiert sind und nur etwa 40 W betragen. Dadurch ist die Spulenerwärmung wesentlich geringer und neben nicht unerheblicher Energieeinsparung können sonst auftretende Probleme mit der Spulenisolierung und der Wärmeabfuhr aus der Spule ausgeschaltet werden.

Rückschlußmittel

Unter der Spule liegt, ebenfalls als flache, ringförmige Schicht mit einer mittleren Öffnung 35, das magnetische Rückschlußmittel 31, das aus Ferritsegmenten aufgebaut ist. Es schließt das an der Unterseite der Induktionsspule entstehende magnetische Feld mit geringem magnetischen Widerstand, jedoch hohem elektrischen Widerstand, so daß auch dort die Wirbelstromverluste gering bleiben. Daher entsteht an der Unterseite der Induktionserzeugungsmittel 14 kein wesentliches Induktionsfeld. Die magnetischen Rückschlußmittel 31 bilden ferner eine Wärmeleitbrücke zwischen der Induktionsspule 30 und dem Kühlkörper, an dem sie anliegen, so daß die Spulen-Verlustwärme unmittelbar in den Kühlkörper abgeführt wird.

Thermische Isolation

Die thermische Isolation 32 liegt in Form einer die Induktionsspule 30 abdeckenden Platte mit mittlerer Öffnung 35 zwischen dieser und der Glaskeramikplatte 12. Sie besteht aus einem sehr gut wärmedämmenden und möglichst auch elektrisch isolierenden Material, beispielsweise einem pyrogenen Kieselsäure-Aerogel, das zu einer Platte verpreßt ist.

Es erscheint ungewöhnlich, das eigentliche Heizelement, nämlich die Induktionsspule, thermisch gegenüber dem wärmeaufnehmenden Kochgefäß abzuschirmen. Selbst wenn man berücksichtigt, daß die Energieübertragung durch Induktion und nicht durch Wärmeübertragung selbst geschieht, so sollte man meinen, daß zumindest für die Wärmeabfuhr der Verlustwärme in der Induktionsspule ein möglichst guter Wärmeschluß zum Verbraucher hin, dem Kochgefäß 13, vorteilhaft wäre. Es hat sich aber gezeigt, daß die Induktionsspule, insbesondere bei dem vorher erwähnten verlustarmen Spulenaufbau, so wenig Wärme erzeugt, daß durch eine Wärmebrücke zum Verbraucher diesem eher Wärme entzogen als ihm zugeführt würde. Durch die Wärmedämmung wird die Induktionsspule auf einem niedrigeren Temperaturniveau gehalten, was für die Spulenauslegung und -isolation Vorteile hat. Es ergibt sich ferner eine Wirkungsgradverbesserung dadurch, daß die Wärme des Kochgefäßes 13 nicht durch die Glaskeramikplatte nach unten abgeleitet wird. Die thermische

Isolation 32 bildet vorteilhaft auch gleichzeitig eine elektrische Isolation gegen die Glaskeramikplatte 12, die bei erhöhter Temperatur elektrisch leitfähig wird.

Platten-Überwachung

Im Bereich der mittleren Öffnung 35, die durch Isolation 32, Induktionsspule 30 und Rückschlußmittel 31 hindurchgeht, ist ein optischer Fühler 36 angeordnet, der die von der Glaskeramikplatte herkommende Strahlung aufnimmt. Er überwacht somit mittelbar die der Glaskeramikplatte gefährlich werden könnende Temperatur des Kochgefäßes mittels berührungsloser Messung, die sonst im Magnetfeld einer Induktionskochstelle nur schwierig durchzuführen wäre. Es handelt sich also um eine Messung der Ursache für die Temperaturgefährdung der Glaskeramikplatte, da diese nur vom Kochgefäß erwärmt wird. Die Glaskeramik läßt die Strahlung weitgehend durch und ist daher selbst kaum berührungsfrei zu messen. Bei anderen Plattenmaterialien können diese auch selbst die Strahlungsquelle sein.

Der optische Fühler ist ein Infrarot-Detektor, dessen spektrale Empfindlichkeit im Infrarot-Bereich liegt. Bei steigender Temperatur des Kochgefäßes erhöht sich auch das Maximum der Frequenz der abgestrahlten Photonen nach dem Wien'schen Verschiebungsgesetz. Ab einer vorgegebenen Temperatur entspricht die Energie der abgestrahlten Photonen der spektralen Empfindlichkeit des IR-Detektors, so daß ein auswertbares Signal entsteht, das dann zur Abschaltung oder Verringerung der Leistung der Induktionsbeheizung verwendet wird. Dazu wirken die optischen Fühler 36 jeder Induktions-Kochstelle über Komparatoren 41 auf einen Mikro-Computer 42 ein (Fig. 4), von denen je einer zur Steuerung und Regelung einer Induktions-Kochstelle vorgesehen ist. Er ist jeweils über das Einstellorgan mit dem Einstellknopf 26 auf eine bestimmte Temperatur oder Leistungsstufe einstellbar. Die optischen Fühler 36 können Silicium-Dioden sein.

Alternativ könnten auch Meßwiderstände an die Platte angelegt werden, z. B. zwischen Isolation und Platte im Spulenbereich, wenn die Meßwiderstände vom Magnetfeld nicht oder nur wenig beeinflusst werden und eine Beeinflussung schaltungstechnisch oder im Meßprogramm kompensiert wird.

Abschirmung

Die Abschirmung 33 ist zwischen Induktionsspule 30 und Glaskeramikplatte 12 vorgesehen. Sie kann an der Unter- oder Oberseite der thermischen Isolierung 32 liegen oder vorteilhaft in sie eingebettet sein. Die Abschirmung besteht aus einem bei-

spielsweise in den Figuren 4 und 6 dargestellten Draht- oder Bandgebilde, das wirbelstromarm ausgebildet ist. Das bedeutet einerseits, daß die Dicke der einzelnen Strukturelemente 45 (Drähte, Streifen o. dgl.) geringer ist als die Strom-Eindringtiefe bei der verwendeten Frequenz und andererseits die Strukturen keinesfalls elektrisch geschlossen sind. Es ist daher in Fig. 6 ein offener Ringleiter 46 mit nach innen ragenden Ästen 45 vorgesehen, die unterschiedlich lang sind, so daß die gesamte Fläche gleichmäßig belegt wird. Der Ring 46 ist mit einer Erdung 34 verbunden, beispielsweise durch Anschluß an die geerdete Blechschale 23 des Bauelementes 11 (Fig. 1).

Fig. 7 zeigt eine Struktur, bei der von einem Mittelpunkt, an dem die Erdung angreift, Äste mit Leiterstrukturen 45 nach außen reichen, die ebenfalls so verästelt sind, daß sie das Kochfeld möglichst gleichmäßig abschirmen.

Durch diese Abschirmung wird, ohne daß wesentliche Verluste entstehen, das um die Induktionsspule herum ausgebildete elektrische Feld nach oben hin abgeschirmt und damit die elektrische Störstrahlung. Ferner können die Ableitströme vom Kochgefäß reduziert werden. Die Abschirmung könnte auch durch eine geerdete Schicht aus einem Widerstandsmaterial gebildet sein. Wesentlich ist, daß das Material unmagnetisch ist und zur Vermeidung von Wirbelstromverlusten einen gegenüber metallischen Leitern relativ hohen elektrischen Widerstand hat.

Basisschaltung

In Fig. 4 ist im Blockschaltbild und in Fig. 5 etwas detaillierter die Energieversorgung, Regelung und Steuerung der Induktionsspulen 30 dargestellt. Fig. 4 zeigt, daß der von dem Netzanschluß 22 kommende Wechselstrom über eine Funkentstörung 50 und Gleichrichtung 51 einem gemeinsamen Zwischenkreis 52 zugeführt wird, von dem aus beide Umrichter 53, die man auch als Hochfrequenz-Generatoren bezeichnen könnte, für jede Induktionsspule 30 versorgt werden. Zwischenkreis und Umrichter werden von einer Steuerung 54 gesteuert, die ihrerseits von den Mikro-Computern (MC) 42 Signale erhält.

In Fig. 5 ist die Schaltung einer Induktionsspule 30 detaillierter dargestellt, wobei Steuerung, Umrichter 53 und Induktionsspule 30 einer zweiten Kochstelle, die auch an den Zwischenkreis 52 angeschlossen ist, der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt ist. Wegen der Einzelheiten der Schaltung wird ausdrücklich auf Fig. 5 hingewiesen.

Jede Induktionsspule 30 liegt in einem Schwingkreis mit einer Halbbrücken-Schaltung, d. h. es sind zwei Zweige 55, 56 vorgesehen, in denen jeweils ein Kondensator 57, 58 und ein

elektronischer Schalter 60, 61 liegt. Dabei kann es sich um IGBT-Bauelemente handeln, d. h. elektronische Halbleiter-Bauelemente, die mehrere Transistorfunktionen beinhalten und, von der Steuerung 62 angesteuert, außerordentlich schnell schalten können. Parallel zu diesen Leistungsschaltern 60, 61 ist je eine Freilaufdiode 63, 64 und ein Widerstand 65, 66 geschaltet. Diese Elemente bilden den als Schwingkreis ausgebildeten Umrichter 53, dem der Zwischenkreis 52 und die Gleichrichtung 51 vorgeschaltet ist. Eine Gleichrichterbrücke erzeugt eine pulsierende Gleichspannung, bei der also durch Gleichrichtung des Netz-Wechselstroms Sinus-Halbwellen der jeweils gleichen Polarität aneinandergereiht sind. Die Ausgänge der Gleichrichterbrücke 51 sind an die beiden Zweige 55, 56 gelegt. Im Zwischenkreis ist ein gemeinsamer Kondensator 67 zwischen den beiden Zweigen und ein von einem elektronischen Schalter 69 geschalteter Widerstand 68 vorhanden. Bei dem Schalter 69 kann es sich um einen MOS-FET handeln, der im Zusammenwirken mit dem Widerstand vermeidet, daß beim Einschalten des Umrichters Knackgeräusche auftreten. Er entlädt den Zwischenkreis.

Im Ansteuerungsweg zu den Schaltern 60, 61 ist je eine Ansteuereinheit 80 vorgesehen, die eine galvanische Trennung zwischen dem Niederspannungsteil 54 und der Leistungsseite enthält, beispielsweise durch Optokoppler. Ferner werden darüber die Schalter mit der Steuerenergie versorgt. Diese wird über Versorgungseinheiten 81 zugeführt, die in den Zweigen der Widerstände 65, 66 liegen und die je eine Zener-Diode 82 und eine Diode 83 sowie einen Kondensator 84 enthält. Die Zener-Diode begrenzt die Spannung auf die für die Schalter 60, 61 erforderliche Steuerspannung und Diode und Kondensator wirken als Gleichrichtung. Es wird dadurch ein einfaches "Netzgerät" für die Schalter-Ansteuer-Energie geschaffen, das seine Energie aus dem Widerstandszweig bezieht, d. h. aus einer ohnehin zur Verfügung stehenden Energiequelle. Die Widerstände werden dadurch geringere Verlustenergie erzeugen und trotzdem werden die übrigen Verhältnisse nicht beeinträchtigt, z. B. der Stromwert am Punkt 70.

Der dargestellte Schwingkreis im symmetrischen Schaltungsaufbau könnte auch durch einen mit unsymmetrischem Aufbau ersetzt werden, bei dem statt der beiden Schwingkreiskondensatoren 57, 58 nur einer vorgesehen ist. Der Schwingkreis nimmt dann nur halbseitig Energie aus dem Netz auf. Insbesondere in Fällen, in denen es nicht auf die Einhaltung bestimmter Funkentstörwerte ankommt, könnte dieser schaltungstechnisch einfachere Aufbau vorteilhaft sein.

An einem Abgreifpunkt 70 zwischen der Induktionsspule 30 und den Kondensatoren 57, 58 des Schwingkreises ist eine Schaltsteuerung 71 für den

Umrichter 53 angeschlossen, die ein Abtaste-Halteglied 72, einen Grenzwertspeicher 73, einen Komparator 74 und einen Ja/Nein-Speicher 75 enthält.

Diese Schaltsteuerung ist dazu vorgesehen, die Induktionsbeheizung sofort abzuschalten, wenn keine Leistungsabnahme erfolgt, beispielsweise wenn das Kochgefäß 13 von der Kochstelle entfernt ist und sie erst wieder einzuschalten, wenn ein Kochgefäß vorhanden ist. Dazu wird in relativ kurzen Zeitabständen eine Überprüfung vorgenommen, ob ein Abnehmer vorhanden ist. Dies geschieht durch eine Messung der Dämpfung der Induktionsspule 30.

15 Leistungssteuerung

Die Einschaltung des Schwingkreises erfolgt grundsätzlich im Nulldurchgang der Netzspannung, und zwar nach einem bestimmten Schema, das vom Mikro-Computer 42 vorgegeben wird und im folgenden noch erläutert wird. Der Schwingkreis wird über die elektronischen Leistungsschalter 60, 61 gesteuert, und zwar von der Steuerung 62 aus. Vor jeder Halbwelle der erzeugten Hochfrequenzspannung, die in der Größenordnung von 25 kHz liegt, erfolgt im Nulldurchgang eine Umschaltung zwischen den Leistungsschaltern 60, 61. Es entsteht damit ein vollkommen freischwingender Umrichter bzw. Wechselrichter 53, der geringe Schaltverluste hat. Zur Leistungseinstellung bzw. -regelung wird, wie noch erläutert wird, keine Phasenanschnitt-Steuerung verwendet, die in einer erzwungenen Schwingung resultieren würde. Die Frequenz ist nicht konstant und kann sich entsprechend der Sättigungseffekte durch Frequenzmodulation einstellen. Dadurch ist keine Überdimensionierung der elektrischen Leistungsschalter 60, 61 notwendig und es folgt auch eine geringe Oberwellenerzeugung.

Die Leistungseinstellung erfolgt durch eine Schwingungspaketsteuerung. Der Umrichter ist dabei im normalen Betrieb immer für eine volle Netzhalbwelle eingeschaltet. Grundlage der Leistungseinstellung ist, daß unterschiedliche Leistungsstufen durch Einschaltmuster bestimmt sind, die aus einer Aneinanderreihung bzw. Kombination gleicher oder auch unterschiedlicher, in sich symmetrischer Grundmuster von Wellenpaketen bestehen. Durch die vollständige Symmetrie wird eine Netzurückwirkung minimiert.

Die Figuren 8 und 9 zeigen ein Beispiel eines Musterbelegungsplans für eine solche Schwingungspaketsteuerung:

Ein Gesamt-Zeitintervall Z von 2,1 Sekunden Dauer ist in 35 Teilintervalle T von je 60 Millisekunden, d. h. sechs Netz-Halbwellen bei einer Frequenz von 50 Hz unterteilt. Es gibt insgesamt vier Grundmuster von Teilintervallen T, die in Fig. 8 a) bis d) als

Diagramme "Spannung über Zeit" dargestellt sind: Fig. 8 a) zeigt ein Teilintervall T mit der Bezeichnung "X", in dem alle sechs Netzhalbwellen vorhanden sind. Es ist also ein "Volleistungs"-Intervall.

Fig. 8b) zeigt ein Teilintervall T mit der Bezeichnung "X", bei dem insgesamt vier Netzhalbwellen so verteilt sind, daß sich insgesamt eine symmetrische Verteilung ergibt. Gegenüber dem "Volleistungs"-Muster nach Fig. 8 a) fehlt die dritte und sechste Netzhalbwelle (je eine positive und eine negative), so daß dieses Teilintervall "X" mit zwei Drittel Leistung belegt ist.

Fig. 8 c) enthält insgesamt nur zwei Netzhalbwellen, und zwar die erste als positive und die vierte als negative. Auch hier ergibt sich eine symmetrische Aufteilung. Dieses Teilintervall T mit der Bezeichnung "Y" hat also einen Leistungsanteil von einem Drittel.

Fig. 8 d) zeigt die Nulleistung, d. h. während dieses Teilleistungsintervalles "0" wird keine Leistung freigegeben.

Fig. 9 zeigt nun die Belegungspläne unter Verwendung der insgesamt 35 Teilintervalle T, die zusammen das Zeitintervall Z von 2,1 Sekunden Dauer bilden. Es sind dort lediglich beispielsweise verschiedene Leistungsstufen, beispielsweise entsprechend der Knebelstellung des Einstellknopfes 44, dargestellt, denen die unterschiedlichsten Kombinationen der Grundmuster entsprechend Fig. 8, jeweils hintereinandergereiht, zugeordnet sind. Aus den dahinter angegebenen Prozentsätzen der Leistungsfreigabe ist zu erkennen, daß auf diese Weise die Leistungskennlinie bei einer leistungsgesteuerten Induktionskochstelle beliebig den Praxisforderungen angepaßt werden kann. So ist beispielsweise die Leistung in den unteren Einstellstufen viel feiner regulierbar als in den oberen, was den Anforderungen der Praxis entspricht. Da jedes Grundmuster "Y" nach Fig. 8 c) nur weniger als einem Prozent Leistung innerhalb des Zeitraumes Z entspricht, kann die Leistung also prozentweise angepaßt werden. Es können dabei auch durchaus völlig unregelmäßige oder auch unstetige Verläufe erzielt werden, wenn sich dies als zweckmäßig herausstellt. Trotzdem ist jeweils eine Schaltung im Nulldurchgang der Spannung sichergestellt.

Fig. 8 zeigt positive und negative Netzhalbwellen, wie sie vor der Gleichrichtung vorliegen, um die Rückwirkungsfreiheit auf das Stromnetz zu demonstrieren. Im Schwingkreis liegen Netzhalbwellen in Form von gleichgerichtetem Wechselstrom vor.

In dem Zeitintervall Z, das beim erläuterten Beispiel 2,1 Sekunden beträgt, jedoch beliebig lang sein kann und in beliebig bemessene Teilintervalle T unterteilt sein kann, werden also die Grundmuster durch den Mikro-Computer gesteuert beliebig gemischt und erzeugen so eine netzseitig gleich-

stromfreie Steuerung bzw. Regelung in relativ kurzen, jedoch jeweils eine ganze Netzhalbwelle enthaltenen Impulsen. Die Einstellung kann über die Einstellelemente 43, wie in Fig. 9 dargestellt, rein leistungsabhängig sein, es können jedoch auch Regeleinflüsse von Temperaturfühlern o. dgl. mit auf den Mikro-Computer einwirken, so daß ein Regelkreis entsteht.

Der Start des Schwingkreises zur Erzeugung der die Induktionsspule 30 speisenden Hochfrequenz beginnt also grundsätzlich im Nulldurchgang der Netzspannung und Amplitude wie Frequenz im Schwingkreis ändern sich mit dem Ansteigen und Abfallen von Strom und Spannung über die einzelnen Netzhalbwellen. Die Frequenz ist also am Beginn jeder Halbwellen größer und nimmt im Bereich von deren Maximum ab, weil der Umrichter frei schwingt. Ferner ändert sich die Frequenz nicht nur mit dem Strom, sondern auch mit dem Topfmaterial, weil beispielsweise durch magnetische Sättigung im Topfboden die Induktivität nicht konstant ist. Wenn die Induktivität der Gesamtanordnung kleiner wird, ergibt sich eine höhere Frequenz. Diese Anordnung hat auch Vorteile bezüglich der Funkentstörbarkeit, weil breitbandige Störer leichter zu entstören sind. Außerdem werden weniger Oberwellen erzeugt, weil Phasenanschnitt nicht nötig ist.

30 Topferkennung

Die anhand von Fig. 5 dargestellte Topferkennung, die auch einen Schutz der Umgebung gegen zu starke Induktionsfelder und einen Selbstschutz des Umrichters bewirkt, arbeitet wie folgt:

Wenn bei eingeschalteter Kochstelle das Kochgefäß von dieser entfernt wird, so steigt der Strom im Schwingkreis stark an, weil die Dämpfung abnimmt. Der Strom im Umrichter wird im Punkt 70 abgegriffen und von dem Abtast-Halteglied 72 detektiert. Überschreitet er einen in dem Grenzwertspeicher 73 gespeicherten Grenzwert, so wird der Umrichter über die Steuerung 62 ausgeschaltet, indem die Leistungsschalter 60, 61 geschlossen bzw. nicht mehr geöffnet werden. Dies kann auch innerhalb einer Netzhalbwelle geschehen. Die im Schwingkreis dann vorhandene Energie wird über die Freilaufdioden 63, 64 in den Zwischenkreis 52 zurückgeleitet. Die Abschaltung arbeitet also in Abhängigkeit vom Strom im Schwingkreis außerordentlich schnell und verlustfrei.

Trotz eingeschalteter Kochstelle wird dann keine Leistung freigesetzt, bis wieder ein geeignetes Kochgefäß aufgesetzt wird. Diese Einschaltüberprüfung findet am Beginn jedes Zeitintervalls Z (im Beispiel 2,1 Sekunden) statt. Der Prüfvorgang läuft wie folgt ab:

In der Steuerung 62 gibt eine phasengesteuerte Schleifenschaltung (PLL "Phase Locked Loop") die Steuerungstaktfrequenz für die Leistungsschalter 60, 61 vor. Während des Betriebs des Schwingkreises stellt sie sich auf die Frequenz des Hauptschwingkreises ein und schaltet die Leistungsschalter 60, 61 abwechselnd um. Im Leerlauf, d. h. während der Prüfphase gibt die Schleifenschaltung auf Anstoß durch den Mikro-Computer durch Schließen eines der beiden Leistungsschalter 60 oder 61 eine Halbschwingung frei. Vorher war über die Widerstände 65, 66 der Abgreifpunkt 70 auf eine bestimmte Spannung aufgeladen und damit eine gewisse Energie im Schwingkreis vorhanden. Bei der Einschaltung eines der Leistungsschalter fließt demnach für eine Hochfrequenz-Halbwelle Strom. Das Abtast-Kalteglied, z. B. ein Spitzenwert-Detektor, das auch einen Stromwandler enthält, um die tatsächlich fließenden Ströme in Meßströme umzuwandeln, mißt den Strom während dieses Anschlingens und speichert das Ergebnis. Es entspricht dem Wert i_{\max} in Fig. 10. In dem Schwingkreis klingt nun die Amplitude entsprechend dem Energieverbrauch durch die Dämpfung nach einer bestimmten Funktion (entsprechend einer e-Funktion) ab. Falls dieses Abklingen zu langsam vor sich geht, ist die Dämpfung zu niedrig und die Bedingungen für eine Leistungseinschaltung sind nicht gegeben. Dies ist an Fig. 10 beispielsweise demonstriert, wo eine abklingende Schwingung gezeigt ist und die Grenzwerte G1, G2, G3 und G4 beispielsweise die Werte angeben, die im Grenzwertspeicher 73 gespeichert sein könnten. Werden sie überschritten, so bedeutet dies "keine ausreichende Dämpfung" und es wird ein Signal an den Mikro-Computer: "Keine Einschaltung" gegeben.

Die Topferkennung arbeitet also nach dem Prinzip der Dämpfungsmessung, wobei die Prüfung nur mit einer Hälfte des Umrichters arbeitet, so daß der Leistungsschwingkreis nicht anläuft, wozu eine wechselweise Einschaltung der beiden Leistungsschalter 60, 61 nötig wäre.

Beim Ausführungsbeispiel der Schaltung nach Fig. 4 und 5 findet der Prüfvorgang so statt, daß aus der ersten Schwingung beim Einschalten eines der Leistungstransistoren 60 oder 61 für einen sehr kurzen Zeitraum E von beispielsweise 20 Mikrosekunden (etwa eine Halbschwingung in Leerlauf Frequenz) der Stromwert gemessen, durch das Abtast-Halteglied 72 festgehalten und daraus im Grenzwertspeicher 73 die nachfolgenden Grenzwerte, z. B. G1 bis G5 abgeleitet werden. Unter Steuerung durch den Mikro-Computer legt die Schleifenschaltung PLL danach Pausen P in gleicher Größenordnung ein und schaltet dann wiederum den Leistungstransistor ein. Aus dem Stromabfall in der nächsten Schwingung (siehe Fig. 11 a) kann nun durch Vergleich mit den Grenzwerten, was über

den Komparator 74 erfolgt, festgestellt werden, ob der Strom diese Grenzwerte (hier G2 und G3) überschritt. Das Ergebnis dieser Überprüfung wird im Speicher 75 zwischengespeichert.

Es erfolgt dann noch eine zweite Einschaltung, wo die Grenzwerte G4 und G5 zum Vergleich herangezogen werden. Diese zweite Messung erfolgt sicherheitshalber, um eine Verfälschung durch starke Frequenzabweichung, z. B. bei einem Aluminium- oder Kupfergegenstand statt eines Kochgefäßes Fehler zu vermeiden. Ergibt diese Messung ebenfalls kein Überschreiten der Grenzwerte, so ist die Dämpfung ausreichend und es erfolgt eine Leistungseinschaltung des Schwingkreises durch die Steuerung 62. Da die ganze Messung sich im Bereich von Mikrosekunden abspielte, klang die Energie im Schwingkreis ab, weil sie über den den Leistungsschaltern 60, 61 parallel geschalteten hochohmigen Spannungsteiler 65, 66 in dieser Zeit nicht ersetzt werden konnte. Bis zum nächsten Prüfzyklus am Beginn des nächsten Zeitintervalls Z (nach 2,1 Sekunden) ist jedoch der Schwingkreis über diesen Spannungsteiler wieder mit der entsprechenden Prüfspannung versorgt und eine erneute Prüfung kann beginnen, falls eine Überschreitung der Grenzwerte festgestellt und damit "zu wenig Dämpfung" detektiert wurde und der Schwingkreis nicht im Leistungsbetrieb geschaltet wurde.

Die Prüfung kann mit einem sehr geringen Prüfstrom stattfinden, beispielsweise mit einem Zehntel des Nennstroms bei Leistungsbetrieb. Da außerdem durch die sehr geringen Einschaltzeiten von beispielsweise 20 Mikrosekunden innerhalb des Prüfzyklus von 2 Sekunden der Schwingkreis im Prüfbetrieb ca. nur 1/100.000stel der Gesamtzeit in Betrieb ist, beträgt die Gesamtleistungsfreigabe während der Prüfung nur einen völlig unbedeutenden Bruchteil der Gesamtleistung der Kochstelle und kann sowohl energetisch als auch von der Beeinflussung der Umgebung her vernachlässigt werden. Es liegt beispielsweise bei einer Kochstelle von 2.000 W in der Größenordnung von 1 bis 4 mW.

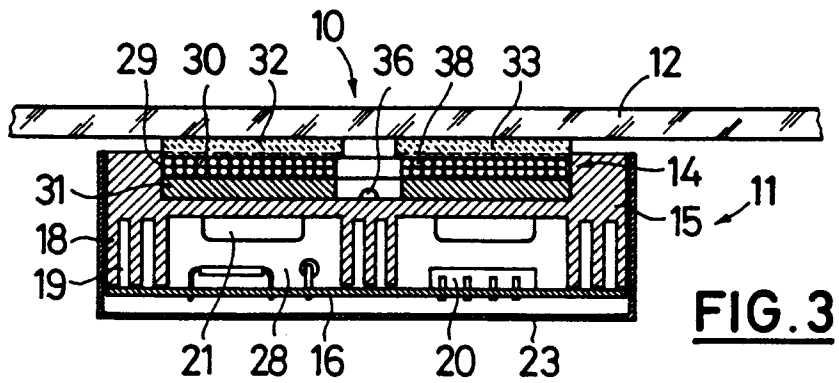
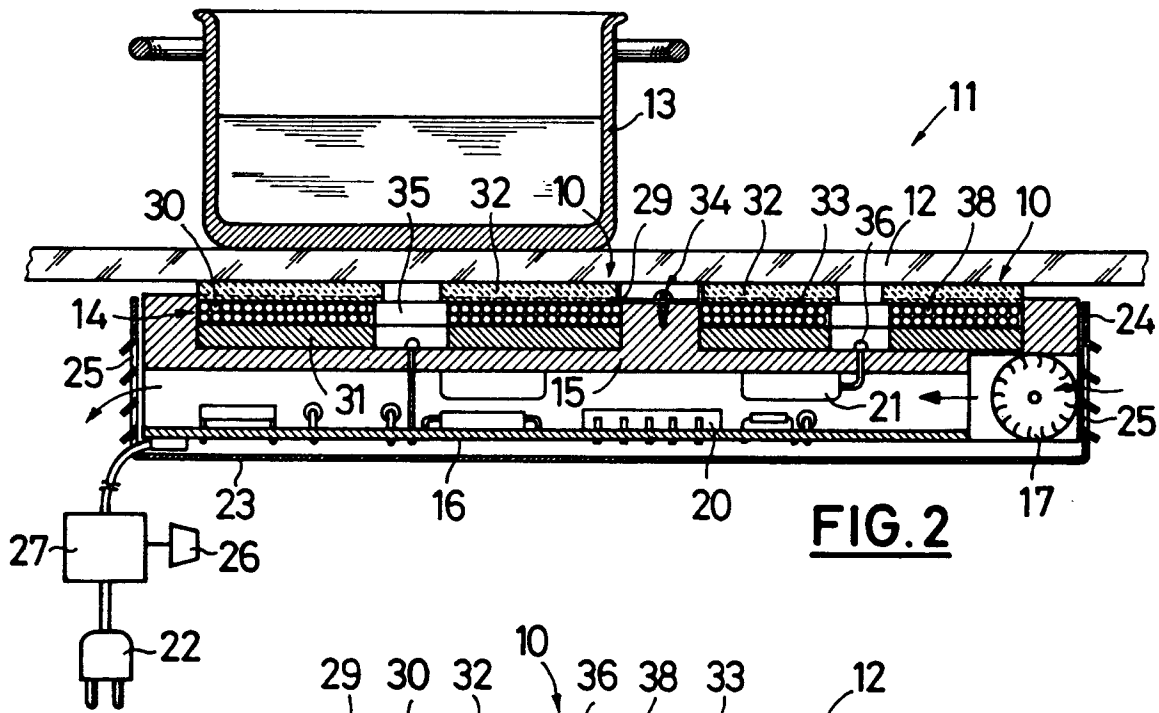
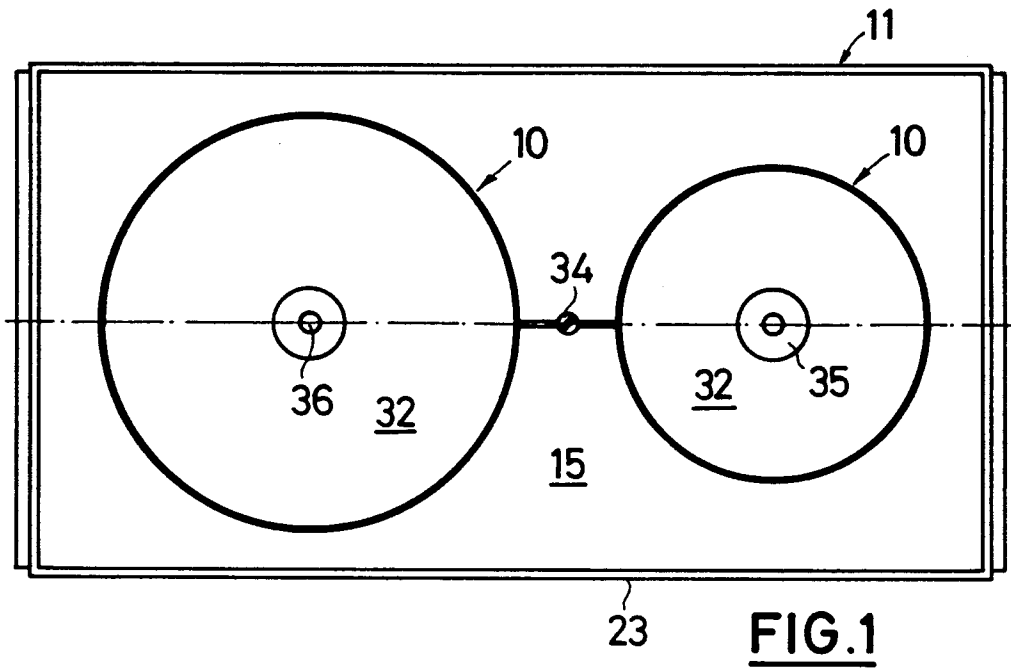
Durch diese Topferkennung mittels Überprüfung der möglichen Leistungsabnahme (Dämpfung) findet also eine sehr zuverlässige, kurzfristig zugreifende und prüfenergiearme Messung statt. Statt der Strommessung im Schwingkreis kann beispielsweise auch eine Spannungsmessung am Schwingkreiskondensator verwendet werden, um durch Messung des Abklingens der Spannungsamplitude einen Vergleich mit den aufgrund der Anfangsmessung ermittelten Grenzwerten die Prüfung durchzuführen.

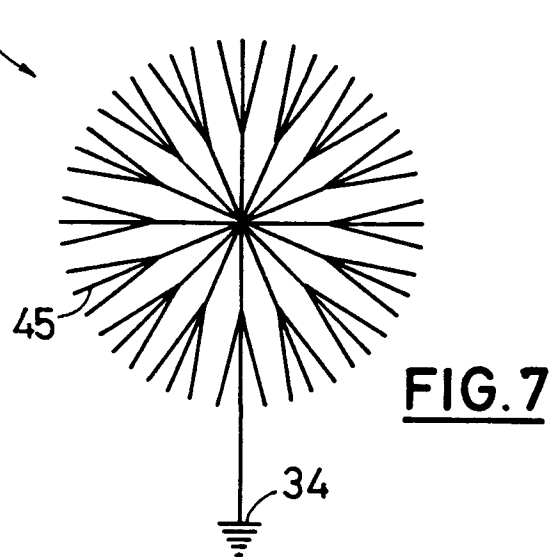
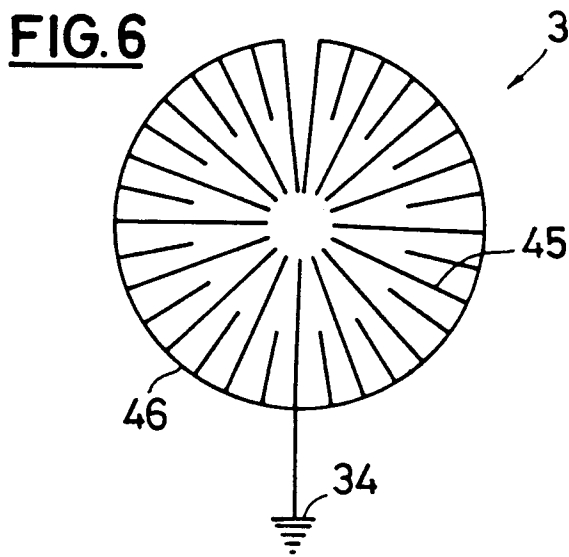
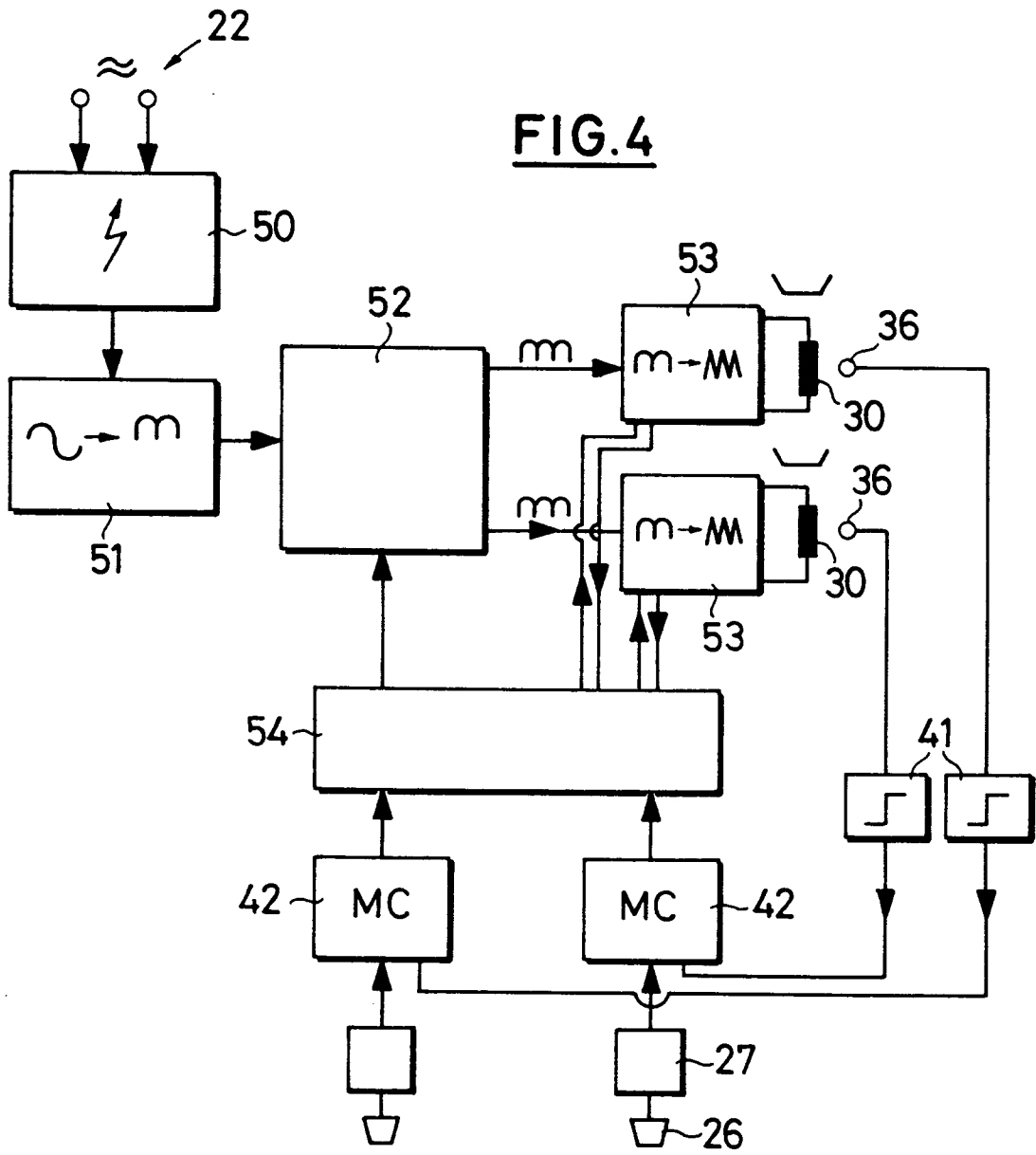
Die Prüfung arbeitet jedenfalls nur mit einer Hälfte des Umrichters, daher läuft der Leistungsschwingkreis während der Prüfphase nicht an. Er-

geben bei den beiden aufeinanderfolgenden Messungen (zweite und dritte Einschaltung des PLL) die im Speicher 75 gespeicherten Werte beide "Dämpfungsausreichend" (Grenzwerte nicht überschritten), so wird in der Steuerung 72 unter Taktgabe der Schleifenschaltung PLL der Schwingkreis durch wechselseitiges Einschalten der Leistungsschalter 60, 61 mit vollem Strom in Gang gesetzt. Die Leistungsfreigabe selbst erfolgt dann entsprechend dem anhand der Figuren 8 und 9 erläuterten Leistungsschema so lange, bis entweder die Kochstelle über das Einstellglied 43 ausgeschaltet wird oder durch Wegnahme des Topfes der Selbstschutz zugreift und die Leistung abgeschaltet wird, so daß sie wieder in die Prüfphase übergeht.

Patentansprüche

1. Induktive Kochstellenbeheizung mit Induktionserzeugungsmitteln (14) und einer elektronischen Steuerung dafür, gekennzeichnet durch eine Schwingungspaketsteuerung. 20
2. Kochstellenbeheizung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Schwingungspaket aus wenigstens einer vollständigen Netz-Halbwellen besteht. 25
3. Kochstellenbeheizung nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch einen freischwingenden Hochfrequenz-Umrichter (53) mit sich ändernder Ausgangsfrequenz, dessen Ein- und Ausschaltung vorzugsweise jeweils im Nulldurchgang der Netzspannung erfolgt. 30
4. Kochstellenbeheizung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen Schwingkreis mit zwei jeweils das Induktionserzeugungsmittel (14) enthaltenden gesonderten Zweigen (55, 56) mit je einem elektrischen Leistungsschalter (60, 61), vorzugsweise IGBT's, die abwechselnd bei jeder Hochfrequenz-Halbwellen einen Zweig (55, 56) zu- bzw. abschalten. 35
5. Kochstellenbeheizung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine über eine geringe Anzahl von Netzspannungsperioden phasensystemmetrische Steuerung der Schwingungspakete. 40
6. Kochstellenbeheizung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen gemeinsamen Zwischenkreis (52) für mehrere, vorzugsweise zwei Hochfrequenz-Umrichter (53), der diesen gleichgerichtete Netzspannung zuführt. 45
7. Kochstellenbeheizung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß unterschiedliche Leistungsstufen durch Einschaltmuster bestimmt sind, die aus einer Aneinanderreihung bzw. Kombination gleich und/oder unterschiedlicher, in sich symmetrischer Grundmuster von Netzspannungshalbwellen, vorzugsweise innerhalb eines bestimmten konstanten Zeitintervalls (Z) bestehen. 50
8. Kochstellenbeheizung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronische Steuerung (62) Schwingkreissteuerungsmittel enthält, die eine phasengesteuerte Schleifenschaltung (PLL) aufweist, die elektronische Leistungsschalter (60, 61) steuert und die vorzugsweise in einer Leerlaufsteuerungs-Taktfrequenz arbeitet, wenn der Schwingkreis nicht im Leistungsbetrieb arbeitet und nach dessen Anlaufen dessen Frequenz übernimmt. 10
9. Induktive Kochstellenbeheizung, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine optische Meßeinrichtung (36, 41) zur Temperaturmessung einer Platte (12), unter der die Beheizung angeordnet ist, die vorzugsweise berührungslos arbeitet und einen im Bereich des Magnetfeldes eines Induktionserzeugungsmittels (14), insbesondere in dessen Mitte, wirksame, jedoch gegebenenfalls außerhalb dieses Bereiches angeordneten Fühler (36) aufweist, wobei ggf. der Fühler (36) einen bestimmten spektralen Empfindlichkeitsbereich aufweist, der vorzugsweise im Bereich infraroter Strahlung liegt. 15
10. Kochstellenbeheizung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung zum Schutz der Platte (12) gegen Überhitzung vorgesehen und auf die induktive Beheizung leistungsmindernd bzw. -abschaltend einwirkt, sowie mit einer Wiedereinschaltsperrung versehen ist. 20
11. Kochstellenbeheizung nach einem der Ansprüche 4 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Leistungsschalter (60, 61) über je eine Ansteuereinheit (80) angesteuert werden, die ggf. eine galvanische Trennung enthält und vorzugsweise über eine Versorgungseinheit (81) mit Steuerenergie versorgt wird, die aus einem Schaltungsteil (65, 66) abgezweigt wird, der dem Schwingkreis eine definierte Anfangsenergie zuführt. 25





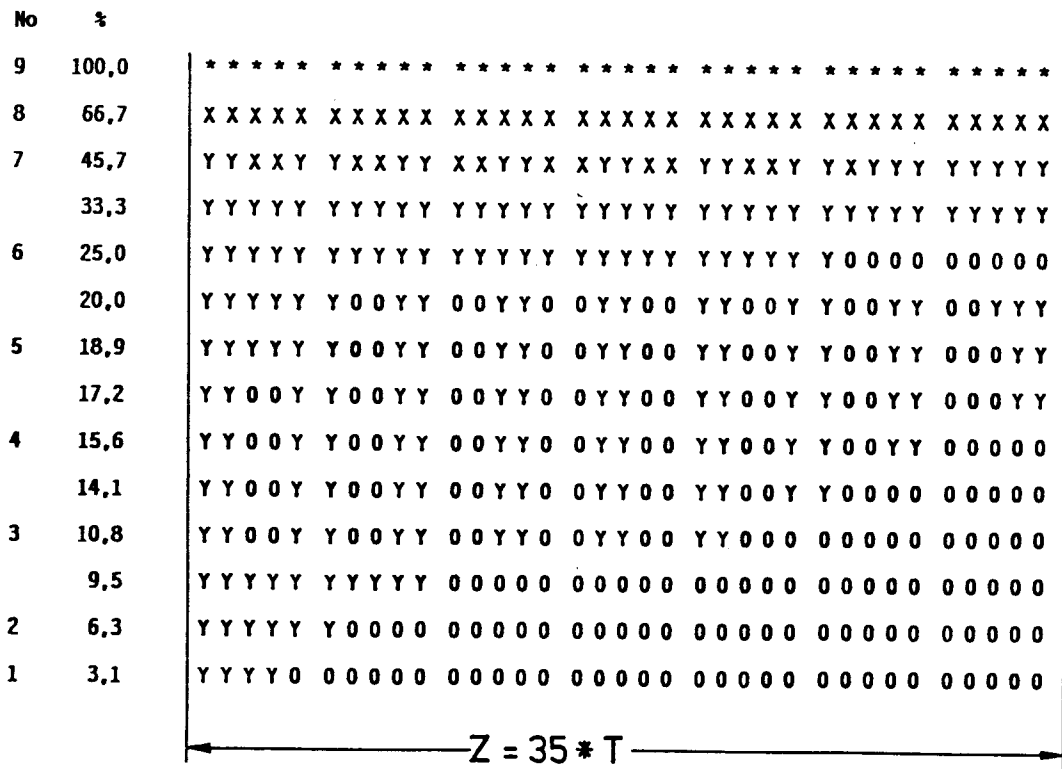
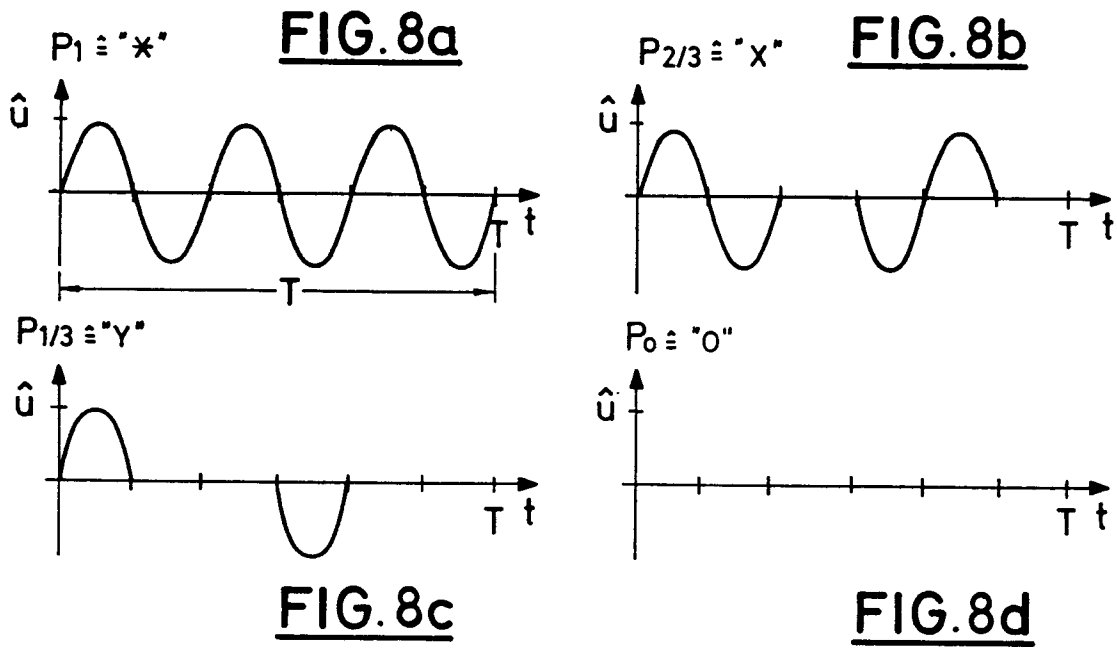


FIG. 9

