

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 537 565 A2**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **92116826.6**

(51) Int. Cl.⁵: **H05B 6/04**

(22) Anmeldetag: **01.10.92**

(30) Priorität: **14.10.91 DE 4133981**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.04.93 Patentblatt 93/16

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB GR

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
Wittelsbacherplatz 2
W-8000 München 2(DE)

(72) Erfinder: **Fischer, Gerhard, Dipl.-Ing. (FH)**
Hans-Geiger-Strasse 37
W-8520 Erlangen(DE)
Erfinder: **Knaak, Hans-Joachim, Dr.**
Lampertsbühl 47
W-8520 Erlangen(DE)
Erfinder: **Hümmer, Bernhard, Dipl.-Ing.**
Burglesau 35 1/2
W-8604 Schesslitz(DE)

(54) **Einrichtung zum Erwärmen von Werkstücken.**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf die Anpassung eines Induktors (7) zum Erwärmen von Werkstücken mit Hilfe einer Transformationsschaltung (6) aus Induktivitäten (20, 21) und Kondensatoren (18).

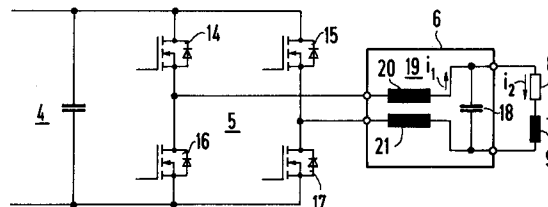


FIG 2

EP 0 537 565 A2

Die Erfindung bezieht sich auf eine Einrichtung zum Erwärmen von Werkstücken mit einem Induktor, der durch einen lastkreisgeführten Schwingkreisumrichter gespeist ist.

Umrichteranlagen der eingangs genannten Art, bei denen sehr häufig der Induktor mittels eines Übertragers an den Umrichter angepaßt wird, sind beispielsweise aus den nachfolgenden Literaturstellen bekannt:

1. Kegel, K.; von Starck, A.: Verfahren und Anlagen zur induktiven Erwärmung und Wärmebehandlung von metallischen Werkstücken; elektrowärme international 47, B 4, August 1989, S. B 202 - 207.
2. Matthes, H.-G.: Stromrichtertechnik für induktives Rühren und Erwärmen sowie andere Einsatzbeispiele im Frequenzbereich von 5 Hz bis 200 kHz; 31. Intern. Wiss. Koll. TH Ilmenau, Vortragsreihe "Elektrotechnische Verfahren" 1986, S. 145 - 147.
3. Frank, W.E.; Der, C.F.: Solid state RF generators for induction heating applications; IEEE IAS 1982 Conference Record, 1982, S. 939 - 944.
4. Frank, W.E.: New induction heating transformers; IEEE Trans. on Magnetics, Vol. MAG-18, No. 6, November 1982, S. 1752 - 1754.
5. Eckhardt, H.J.: Senderöhre, Thyristor oder Mosfet im Frequenzwandler für das induktive Randschichthärten und ihr Einfluß auf die Anwendungstechnik, elektrowärme international 47, B 4, August 1989, S. B 192 - 201.

Beim induktiven Rohrschweißen werden heute ein- oder mehrwindige Induktoren eingesetzt, wobei die einwindigen Induktoren hauptsächlich bei Röhren größeren Durchmessers und die mehrwindigen Induktoren bei Röhren kleineren Durchmessers Anwendung finden. Aufgrund der gewünschten Vorschubgeschwindigkeit und der Charakteristika von Rohr und Induktor verlangen mehrwindige Induktoren im Betrieb hohe Spannung bei relativ wenig Strom und einwindige Induktoren hohen Strom bei relativ wenig Spannung.

Wie eingangs erwähnt, wird häufig zur Lösung der Anpassungsprobleme ein Transformator zwischen Induktor und Umrichter geschaltet. Im Übertrager entstehen relativ hohe Verluste; außerdem sind derartige Übertrager aufwendig zu bauen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen Induktor, insbesondere einen einwindigen Induktor geringen Widerstands auf einfache Art so hinsichtlich seines Widerstandes zu transformieren, daß der Umrichter optimal ausgenutzt wird, z.B. im Hinblick auf die Verluste und die Ausnutzung der Halbleiterbauelemente.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine dem Induktor zugeordnete Transformationschaltung gelöst, die aus einer dem Induktor parallelgeschalteten Kapazität und einer galvanisch in

Reihe zur Parallelschaltung liegenden Transformationsinduktivität besteht und derart ausgelegt ist, daß im Arbeitspunkt der elektrische Widerstand des Gesamtschwingkreises durch Resonanztransformation an den Umrichter angepaßt ist. Auf diese Weise kann beispielsweise bei einem Umrichter-ausgangsstrom von 2000 Ampere ein Strom von 4000 Ampere im Induktor erzeugt werden, und zwar ohne den Einsatz eines aufwendigen Anpaßübertrages. In der Praxis kommt man ohne weiteres auch auf höhere Stromverhältnisse, z.B. auf 1 : 5. Entsprechend werden auch die Verluste im Umrichter verringert.

Vorteilhafterweise wird der Umrichter als Hochfrequenztransistor-Umrichter, z.B. mit MOSFET-Transistoren oder IGBT-Bauelementen ausgeführt.

Mit Vorteil wird ferner auch eine modulare Aufteilung und Aufbau der Transformationsinduktivität und/oder des Umrichters gewählt.

Anhand einer Zeichnung sei ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher beschrieben; es zeigen:

- Fig. 1 das Prinzipschaltbild der Spannungsversorgung eines Induktors,
- Fig. 2 die Transformationsschaltung in Verbindung mit Umrichter und Induktor,
- Fig. 3 einen modularen Aufbau der Schaltung und
- Fig. 4 den Verlauf der Phase der Umrichter-ausgangsspannung im Verhältnis zum Umrichter-ausgangsstrom als Funktion der Frequenz.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich, wird aus einem Drehstromnetz 1 über einen Transformator 2 und einen steuerbaren Gleichrichter 3 eine Gleichspannung erzeugt, die in der Höhe veränderbar ist. Diese wird im Zwischenkreis 4 geglättet und gepuffert.

Die Gleichspannung wird anschließend durch einen Hochfrequenztransistor-Umrichter 5 in eine pulsförmige Wechselspannung verwandelt und über eine Transformationsschaltung 6 einem Induktor 7 zugeführt, der im Ersatzschaltbild als Widerstand 8 und Induktivität 9 dargestellt ist.

Für den Gleichrichter 3 und den Umrichter 5 sind Regeleinrichtungen 11 und 12 vorgesehen, denen Istwerte 13 aus dem durch Induktor 7 und Transformationsschaltung 6 gebildeten Schwingkreis zugeführt werden. Neben diesen elektrischen Istwerten können auch noch andere Meßgrößen, wie z.B. die Temperatur des Werkstückes usw. für die Regelung herangezogen werden. Der grundsätzliche Aufbau einer derartigen Schaltung und die Regelung des Umrichters sind aus den eingangs zitierten Literaturstellen bekannt.

Wie aus Fig. 2 ersichtlich, wird das Problem der Anpassung des Induktors 7 an den Umrichter

5, der z.B. aus MOS-FET-Transistoren 14, 15, 16 und 17 in Vollbrückenschaltung besteht, durch eine Transformationsschaltung 6 gelöst, die zusammen mit dem Induktor 7 den Schwingkreis des Umrichters bildet.

Die Transformationsschaltung 6 besteht aus einem oder mehreren parallel zum Induktor 7 geschalteten Kondensatoren 18, die die Kapazität des Schwingkreises bilden und einer Transformationsinduktivität 19, die in zwei Teilinduktivitäten 20 und 21 aufgeteilt sein kann. Diese Teilinduktivitäten 20, 21 liegen in Reihe zur Parallelschaltung aus Kapazität 18 und Induktor 7. Die Bemessung der Induktivitäten 20 und 21 in bezug auf Kapazität 18 und Induktor 7 ist z.B. so gewählt, daß der Umrichter-
ausgangsstrom i_1 , der auch in der Induktivität 19 fließt, sich zum Strom i_2 durch den Induktor 7 wie 1 : 4 verhält. D.h. fließen z.B. als Umrichter-
ausgangsstrom 2000 Ampere, so fließen im Induktor 7 8000 Ampere. Im gewählten Arbeitspunkt A (vgl. z.B. Fig. 4) von z.B. $f=300$ kHz sind dann Umrichter-
ausgangsstrom und Umrichter-
ausgangsspannung, wie Figur 4 erkennen läßt, in der Phase ϕ nicht mehr sehr stark voneinander verschieden. Für praktisch bedeutsame Fälle entspricht das Verhältnis der Ströme dem umgekehrten Verhältnis der Induktivitäten.

Fig. 3 zeigt den modularen Aufbau, und zwar sind hier an den Gleichspannungszwischenkreis 4 einzelne Transistormodule 22 angeschlossen, die jeweils über zugeordnete Transformationsinduktivitäten 23, 24 den Induktor 7 speisen.

Patentansprüche

1. Einrichtung zum Erwärmen von Werkstücken mit jeweils mindestens einem
 - a) lastgeführten Hochfrequenzschwingkreis-Umrichter (5),
 - b) einem Induktor (7), der zusammen mit einer Transformationsschaltung den elektrischen Schwingkreis (6, 7) bildet,
dadurch gekennzeichnet, daß die Transformationsschaltung (6) aus
 - c) einer dem Induktor (7) parallelgeschalteten Kapazität (18) und
 - d) einer galvanisch in Reihe zur Parallelschaltung liegenden Transformationsinduktivität (19) besteht und
 - e) so ausgelegt ist, daß im Arbeitspunkt (A) der elektrische Widerstand des Gesamtschwingkreises (6, 7) durch Resonanztransformation an den Umrichter angepaßt ist.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** eine Aufteilung der Transformationsinduktivität (19) in einzelne, gegebenenfalls magnetisch gekoppelte Teilinduktivitäten

(20, 21).

3. Einrichtung nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** eine modulare Aufteilung der Transformationsinduktivität (23, 24) und/oder des Umrichters (5).
4. Einrichtung nach Anspruch 1 **gekennzeichnet durch** die Verwendung eines transistorierten Hochfrequenzschwingkreis-Umrichters (5).

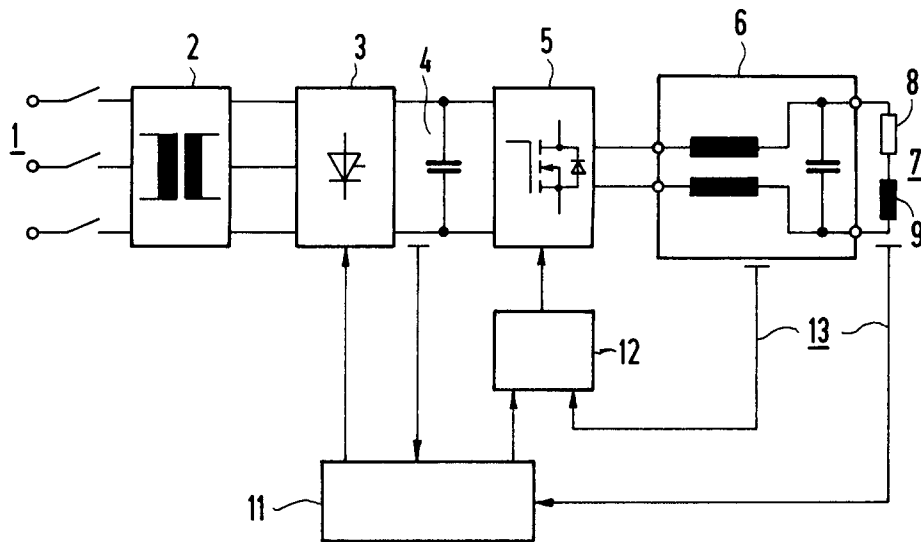


FIG 1

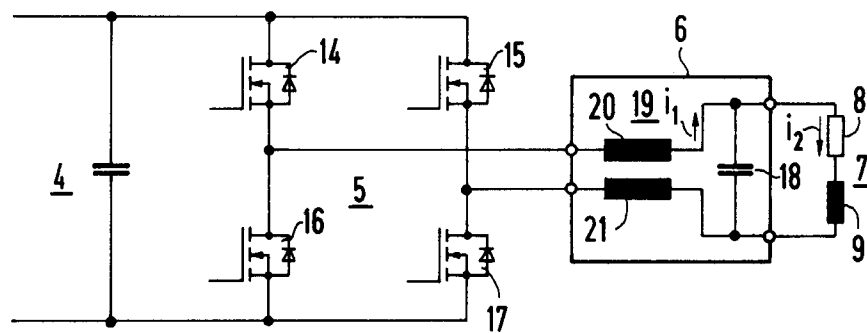


FIG 2

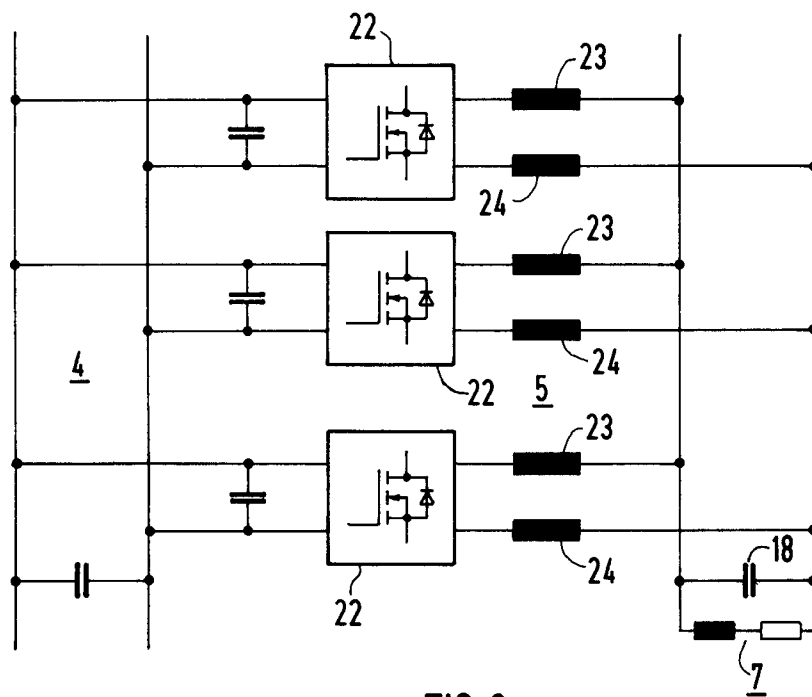


FIG 3

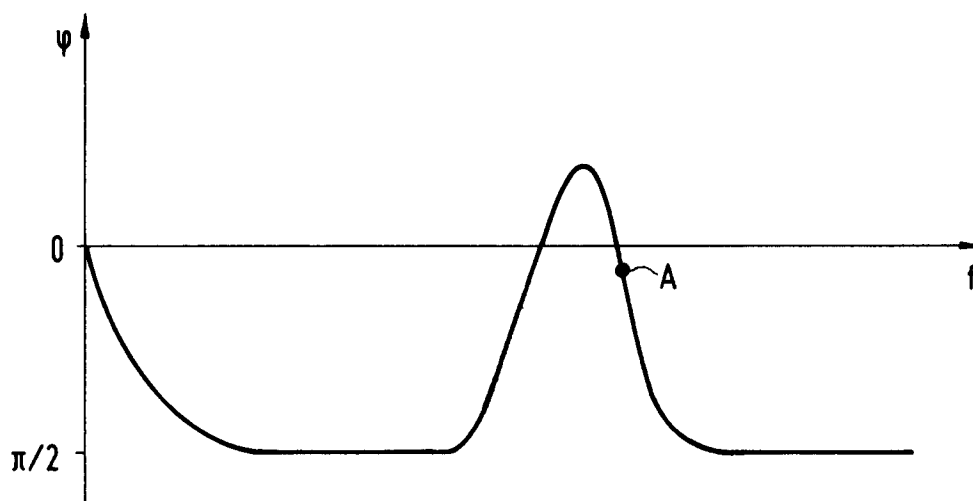


FIG 4