



CH 690 891 A5

19



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 690 891 A5

51 Int. Cl.<sup>7</sup>: H 05 B 006/06  
F 24 C 007/08

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

## 12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 00598/96

22 Anmeldungsdatum: 07.03.1996

24 Patent erteilt: 15.02.2001

45 Patentschrift veröffentlicht: 15.02.2001

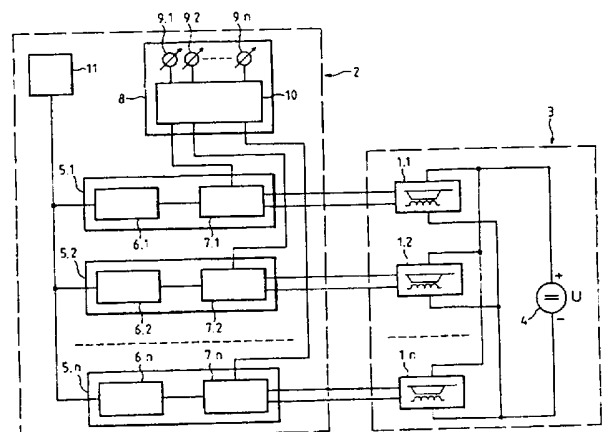
73 Inhaber:  
Thomann Electronics AG,  
Bahnhofstrasse 6, 9100 Herisau (CH)

72 Erfinder:  
Albert Thomann, Rütliwaldstrasse 7,  
9100 Herisau (CH)

74 Vertreter:  
Frei Patentanwaltsbüro, Hedwigsteig 6,  
Postfach 768, 8029 Zürich (CH)

## 54 Heizleistungsregulierung für Induktionskochherd.

57 Alle Kochfelder (1.1, ..., 1.n) eines Mehrfeld-Induktionskochherdes werden mit derselben Anregungsfrequenz synchron angesteuert. Die Heizleistung wird reguliert durch das Verhältnis der Summe von Zeitintervallen, in denen Spannung (U) angelegt ist, zur Summe von Zeitintervallen, in denen keine Spannung angelegt ist. Die elektrische Schaltung besteht aus einem Steuerteil (2) und einem Leistungsteil (3). Der Leistungsteil (3) besteht im Wesentlichen aus einer Gleichspannungsversorgung (4) und je einem elektrischen Schwingkreis pro Kochfeld (1.1, ..., 1.n). Der Steuerteil (2) verfügt über einen Taktgeber (11), welcher die Anregungsfrequenz für die elektrischen Schaltkreise vorgibt, über Einstellmittel (8), mit welchen der Benutzer die Heizleistung einstellen kann, und über Steuermittel (5.1, ..., 5.n), mit welchen das Ein- und Ausschalten von Schaltelementen im Leistungsteil (3) gesteuert wird.



CH 690 891 A5

## Beschreibung

Die Erfindung liegt auf dem Gebiet der elektromagnetischen Induktionsheizungen und betrifft ein Verfahren und eine elektrische Schaltung zur Heizleistungsregulierung für einen Induktionskochherd gemäss den Oberbegriffen der unabhängigen Patentansprüche.

Induktionskochherde sind allgemein bekannt. Unter jedem Kochfeld eines Induktionskochherdes befindet sich eine Induktionsspule, welche als Primärspule eines Transformators dient. Als Sekundärspule dient ein metallisches Kochgefäss auf dem Kochfeld, welche sich durch Umsetzen der induzierten elektrischen Energie in Joules Wärme erhitzt. Ein solcher Induktionskochherd hat unter anderem die Vorteile, dass er weder offene Flammen noch heisse Kochplatten aufweist und dass Wärme erst im Kochgefäss erzeugt wird.

Zur Regulierung der Heizleistung eines Induktionskochherdes werden hauptsächlich zwei Verfahren angewendet. Beide beruhen auf der Tatsache, dass die Heizleistung umso grösser ist, je grösser der Spulenstrom ist, und umgekehrt; die Heizleistung wird also über den Spulenstrom geregelt.

In einem ersten bekannten Verfahren zur Leistungsregulierung wird einem elektrischen Schwingkreis, in den die Primärspule in Serie eingebaut ist, eine vom Benutzer einstellbare Frequenz aufgezungen. Stimmt diese Frequenz gerade mit der Resonanzfrequenz des Schwingkreises überein, so ist der Spulenstrom damit die Heizleistung maximal. Je mehr die Frequenz von der Resonanzfrequenz abweicht, umso kleiner wird der Spulenstrom und damit die Heizleistung. Dabei werden typischerweise Frequenzen zwischen 20 und 40 kHz gebraucht. Bei Mehrfeld-Induktionskochherden hat dieses Verfahren den Nachteil, dass Wechselstromsignale zweier mit verschiedenen Frequenzen betriebener Kochfelder interferieren, wodurch ein unangenehmer Heulton entsteht.

Ein zweites bekanntes Verfahren zur Leistungsregulierung besteht darin, einen gewissen Anteil an Halbwellen aus einem ein Kochfeld betreibenden Wechselstromsignal herauszunehmen. Dies hat den Nachteil, dass das elektrische Netz ungleichmässig belastet wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Schaltung zur Heizleistungsregulierung für einen Induktionskochherd zu schaffen, welche die obengenannten Nachteile nicht aufweisen, sodass insbesondere bei mehreren Kochfeldern keine Interferenzen entstehen und das elektrische Netz nicht ungleichmässig belastet wird.

Die Aufgabe wird gelöst durch das erfindungsgemässe Verfahren und die erfindungsgemässe elektrische Schaltung, wie sie in den unabhängigen Patentansprüchen definiert sind.

Die Grundidee des erfindungsgemässen Verfahrens besteht darin, die Kochfelder eines Mehrfeld-Induktionskochherdes mit derselben Anregungsfrequenz synchron anzusteuern, sodass keine Interferenzen entstehen können. Dabei ist die Primärspule eines jeden Kochfeldes in einen elektrischen Schwingkreis eingebaut, welcher durch periodisches

Ein- und Ausschalten einer Spannung mit der konstanten Anregungsfrequenz zum Schwingen angeregt wird. Die Heizleistung wird reguliert durch das Verhältnis der Summe von Zeitintervallen, in denen Spannung angelegt ist, zur Summe von Zeitintervallen, in denen keine Spannung angelegt ist. Ist dieses Zeitintervallverhältnis gross, so ist auch die Heizleistung gross; mit abnehmendem Zeitintervallverhältnis nimmt die Heizleistung ab.

Die erfindungsgemässe elektrische Schaltung besteht aus einem Steuerteil und einem Leistungsteil. Der Leistungsteil führt die benötigte elektrische Energie den Induktionsspulen und schliesslich den Kochgefässen auf den Kochfeldern zu, wo sie in Wärmeenergie umgewandelt wird. Er besteht im Wesentlichen aus einer Gleichspannungsversorgung und je einem elektrischen Schwingkreis pro Kochfeld. Jeder dieser elektrischen Schwingkreise enthält die Induktionsspule und ausserdem ein Schaltelement, mit welchem die Anschlüsse des elektrischen Schwingkreises an die beiden Pole der Gleichspannungsversorgung schaltbar sind. Der Steuerteil verfügt über einen Taktgeber, welcher die Anregungsfrequenz für die elektrischen Schaltkreise vorgibt. Ferner verfügt der Steuerteil pro Kochfeld über Einstellmittel, mit welchen der Benutzer die Heizleistung einstellen kann, und über Steuermittel, mit welchen das Ein- und Ausschalten der Schaltelemente im Leistungsteil gesteuert wird.

Nachfolgend werden einige Ausführungsformen der Erfindung anhand von Figuren detailliert beschrieben. Dabei zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Ausführungsform der erfindungsgemässen elektrischen Schaltung,

Fig. 2 ein Schema einer erfindungsgemässen elektrischen Schaltung eines Kochfeldes und

Fig. 3–5 schematische zeitliche Verläufe von Strömen durch eine Primärspule eines erfindungsgemässen elektrischen Schwingkreises bei verschiedenen Heizleistungen.

Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild einer Ausführungsform einer erfindungsgemässen elektrischen Schaltung für einen mit  $n$  ( $n = 1, 2, \dots$ ) Kochfeldern 1.1, ..., 1.n ausgestatteten Induktionskochherd. Dabei ist links ein Steuerteil 2 und rechts ein Leistungsteil 3 schematisch dargestellt.

Der Leistungsteil 3 führt die benötigte elektrische Energie den Kochfeldern 1.1, ..., 1.n zu, wo sie in Wärmeenergie umgewandelt wird. Die zum Heizen benötigte elektrische Spannung  $U$  wird von einer Spannungsversorgung 4, welche vorzugsweise aus dem öffentlichen Dreiphasenstromnetz und einem Gleichrichter besteht, geliefert; die Spannung  $U$  beträgt beispielsweise 600 V. Auf Einzelheiten von elektrischen Schaltungen der Kochfelder 1.1, ..., 1.n wird weiter unten anlässlich von Fig. 2 eingegangen.

Mit dem Steuerteil 2 werden die Heizleistungen der verschiedenen Kochfelder reguliert. Für jedes Kochfeld 1.1, ..., 1.n sind im Steuerteil 2 Steuermittel 5.1, ..., 5.n vorhanden, welche auf den Leistungsteil 3 einwirken und ihn steuern. Im Ausführungsbeispiel von Fig. 1 bestehen die Steuermittel 5.1, ..., 5.n aus je einem Zähler 6.1, ..., 6.n und je

einem Dekodierer 7.1, ..., 7.n. Ferner sind im Steuerteil 2 Einstellmittel 8 vorhanden, mit welchen der Benutzer die Heizleistung einstellen kann und welche direkt oder indirekt auf die Steuermittel 5.1, ..., 5.n einwirken. Solche Einstellmittel 8 können beispielsweise Potentiometer 9.1, ..., 9.n sein. Im Ausführungsbeispiel von Fig. 1 versorgt ein Mikroprozessor 10 die Steuermittel 5.1, ..., 5.n bzw. die Dekodierer 7.1, ..., 7.n mit den für die Steuerung nötigen Daten. Der Mikroprozessor 10 kann auch andere Funktionen übernehmen, wie beispielsweise eine Kontrolle der Kochfelder 1.1, ..., 1.n oder eine Änderung der gemeinsamen Anregungsfrequenz. Ein Taktgeber (Clock) 11 liefert ein Taktsignal zur Synchronisierung der Steuermittel 5.1, ..., 5.n; er ist in Fig. 1 separat eingezeichnet, kann aber auch im Mikroprozessor 10 integriert sein. Jeder Zähler 6.1, ..., 6.n zählt die vom Taktgeber 11 abgegebenen Impulse. Sobald die Anzahl Impulse einen durch die Einstellmittel 8 vorgegebenen, im zugehörigen Dekodierer 7.1, ..., 7.n gespeicherten Wert erreicht hat, sendet das Steuermittel 5.1, ..., 5.n einen Ein- bzw. Ausschaltbefehl an das zugehörige Kochfeld 1.1, ..., 1.n. Der Steuerteil 2 kann, wie in Fig. 1 dargestellt, aus einzelnen Komponenten bestehen oder als ein einziges programmierbares logisches Bauelement, vorzugsweise als «Programmable Array Logic» (PAL), ausgebildet sein.

In Fig. 2 ist schematisch ein Beispiel einer elektrischen Schaltung 12 eines Kochfeldes 1 dargestellt. Ein zentrales Element einer solchen elektrischen Schaltung 12 ist eine Induktionsspule 13, mittels welcher elektrische Energie in einem Kochgefäß 14 induziert wird, wo sie in Wärmeenergie umgewandelt wird. Die Induktionsspule 13 bildet zusammen mit mindestens einem Kondensator 15, 16 und mindestens einem Schaltelement 17 einen elektrischen Schwingkreis 12. Im Ausführungsbeispiel von Fig. 2 ist der Schwingkreis 12 eine brückenähnliche Schaltung; der Schwingkreis 12 weist zwei in Serie geschaltete Kondensatoren – einen ersten Kondensator 15 und einen zweiten Kondensator 16 – auf, und das Schaltelement 17 besteht im Wesentlichen aus zwei in Serie geschalteten Transistoren – einem ersten Transistor 18 und einem zweiten Transistor 19. Die Induktionsspule 13 liegt zwischen den zwei Transistoren 18, 19 und den zwei Kondensatoren 15, 16, wobei sich ein Spulenanschluss 20 zwischen den Transistoren 18, 19 und ein Spulenanschluss 21 zwischen den Kondensatoren 15, 16 befindet. Der elektrische Schwingkreis 12 kann auch anders ausgebildet sein; verschiedene Schaltungen hierfür sind bekannt.

Anhand der Fig. 3 und 4 wird eine bevorzugte Variante des erfindungsgemässen Verfahrens zur Regulierung der Heizleistung erläutert. Dargestellt ist jeweils, als Funktion der Zeit, der Strom I durch die Primärspule 13 und, als Kurven 22 bzw. 23, die Zustände der beiden Transistoren 18 bzw. 19 eines Schaltelementes 17; dabei bedeutet Zustand 0, dass der entsprechende Transistor sperrt, und Zustand 1, dass der entsprechende Transistor leitet. Die Heizleistung nimmt mit zunehmendem Spulenstrom I zu und umgekehrt.

Durch periodisches Schalten des Schaltelementes 17 wird der elektrische Schwingkreis 12 zu Schwingungen angeregt. Dem Schwingkreis 12 wird also eine Schwingung aufgezwungen, sodass die Schwingungsfrequenz gleich der Anregungsfrequenz ist. Die Anregungsfrequenz beträgt beispielsweise 20 kHz und ist vorzugsweise nicht identisch mit der Resonanzfrequenz des Schwingkreises 12, welche beispielsweise 15 kHz beträgt. Die Anregungsfrequenz ist nach dem erfindungsgemässen Verfahren für alle Kochfelder 1.1, ..., 1.n eines Induktionskochherdes gleich, um störende Interferenzen zu vermeiden; in einem bekannten, eingangs erwähnten Verfahren wird sie hingegen für jedes Kochfeld individuell zwecks Heizleistungsregulierung verändert. Nach einer bevorzugten Variante des erfindungsgemässen Verfahrens ist die Anregungsfrequenz zeitlich konstant.

Durch die Zustände des Schaltelementes 17 wird eine Schwingungsperiode T des Schwingkreises 12 unterteilt in erste Zeitintervalle  $T_1', \dots, T_p'$  ( $p = 1, 2, \dots$ ), in denen Spannung U am Schwingkreis 12 angelegt ist, und in zweite Zeitintervalle  $T_1'', \dots, T_q''$  ( $q = 1, 2, \dots$ ), in denen keine Spannung angelegt ist:

$$T = T_1' + \dots + T_p' + T_1'' + \dots + T_q''.$$

Im erfindungsgemässen Verfahren wird die Heizleistung reguliert durch das Verhältnis der Summe  $(T_1' + \dots + T_p')$  der ersten Zeitintervalle zur Summe  $(T_1'' + \dots + T_q'')$  der zweiten Zeitintervalle. In Fig. 3 ist dieses Zeitintervallverhältnis  $(T_1' + \dots + T_p') / (T_1'' + \dots + T_q'')$  gross, beispielsweise gleich 15; dies führt zu einer grossen Heizleistung von fast 100% des maximal möglichen Wertes. In Fig. 4 ist das Zeitintervallverhältnis  $(T_1' + \dots + T_p') / (T_1'' + \dots + T_q'')$  kleiner als in Fig. 3, beispielsweise gleich 0.7; dies führt zu einer kleineren Heizleistung als im Fall von Fig. 3.

Anhand des Beispiels von Fig. 4 wird nun das erfindungsgemässe Verfahren zur Regulierung der Heizleistung detaillierter beschrieben. Zum willkürlich gewählten Zeitpunkt  $t = 0$  werde der erste Transistor 18 auf «Durchlass» geschaltet, und der zweite Transistor 19 sperre. Der zweite Kondensator 16 wird dabei aufgeladen, und der Spulenstrom I nimmt zunächst zu. Je nachdem, wie lange dieses erste Zeitintervall  $T_1'$  mit angelegter Spannung U andauert, kann der Spulenstrom I ein Maximum überschreiten und wieder abnehmen, was in Fig. 4 nicht der Fall ist. Wenn nun der erste Transistor 18, beispielsweise nach  $T_1' = 10 \mu s$ , auf «Sperren» geschaltet wird, nimmt der Spulenstrom I in einem zweiten Zeitintervall  $T_1''$  ohne angelegte Spannung ab. Kurz nach dem Ausschalten des ersten Transistors 18, beispielsweise nach einem zweiten Zeitintervall von  $T_1'' = 2 \mu s$ , wird der zweite Transistor 19 auf «Durchlass» geschaltet. Nun beginnt sich der zweite Kondensator 16 zu entladen und der erste Kondensator 15 aufzuladen; der Spulenstrom I nimmt bis auf Null ab und nimmt in umgekehrter Richtung, d.h. mit negativem Vorzeichen, wieder zu. Auch der Betrag dieses negativen Stroms I kann, aber muss nicht, ein Maximum erreichen, danach wieder abnehmen. Wenn nun, beispielsweise nach

einem ersten Zeitintervall von  $T_2' = 10 \mu s$  der zweite Transistor 19 auf «Sperr» geschaltet wird, folgt ein längeres zweites Zeitintervall von beispielsweise  $T_2'' = 28 \mu s$ , in dem keine Spannung am Schwingkreis 12 angelegt ist. Dieses zweite Zeitintervall  $T_2''$  wird beendet, indem erste Transistor 18 auf «Durchlass» geschaltet wird. Damit beginnt eine neue Schwingungsperiode, in welcher sich die beschriebenen Vorgänge wiederholen.

In diesem Ausführungsbeispiel wird die Heizleistung im wesentlichen durch das Schalten des ersten Transistors 18 auf «Durchlass» bzw. des zweiten Transistors 19 auf «Sperr» reguliert. Je später der erste Vorgang bzw. je früher der zweite Vorgang innerhalb der Schwingungsperiode  $T$  erfolgt, umso kleiner ist die Heizleistung. Die beiden ersten Zeitintervalle  $T_1'$ ,  $T_2'$  bzw. die beiden zweiten Zeitintervalle  $T_1''$ ,  $T_2''$  brauchen nicht gleich gross zu sein.

Fig. 5 zeigt eine andere Variante des erfindungsgemässen Verfahrens zur Regulierung der Heizleistung. Vom in Fig. 4 beschriebenen Verfahren unterscheidet es sich dadurch, dass die Heizleistung nur durch das Schalten des ersten Transistors 18 auf «Durchlass» reguliert wird, während der zweite Transistor 19 für alle Heizleistungen gleich geschaltet wird. Hier ist also nur das erste Zeitintervall  $T_1'$  variabel, während das erste Zeitintervall  $T_2'$  konstant ist – im Gegensatz zum Verfahren von Fig. 4, wo beide ersten Zeitintervalle  $T_1'$ ,  $T_2'$  variabel sind. Dieses Beispiel zeigt auch, dass die ersten Zeitintervalle  $T_1'$  bzw.  $T_2'$ , in denen der erste Transistor 18 bzw. der zweite Transistor 19 auf «Durchlass» geschaltet sind, nicht gleich gross zu sein brauchen.

Der elektrische Schwingkreis 12 und das Schaltelement 17 können auch anders aufgebaut sein als in Fig. 1 dargestellt. Es sind komplexere, aber auch einfachere Varianten mit beispielsweise nur einem Kondensator und einem Transistor möglich. Es ist für die Erfindung nicht nötig, dass der elektrische Schwingkreis 12 mit dem Schaltelement 17, wie anlässlich der obigen Ausführungsbeispiele beschrieben, als Wechselrichter wirken. Wesentlich für die Erfindung ist, dass über das Schaltelement 17 eine periodische Veränderung des Spulenstroms 1 bewirkt und die Heizleistung beeinflusst wird.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Regulierung der Heizleistung eines Induktionskochherdes, welcher Kochfelder (1.1, ..., 1.n) mit je einem elektrischen Schwingkreis (12) aufweist, wobei in jeden elektrischen Schwingkreis (12) eine Induktionsspule (13) eingebaut ist, dadurch gekennzeichnet, dass durch periodisches Ein- und Ausschalten einer Spannung (U) mit einer Anregungsfrequenz, welche für die Schwingkreise (12) dieselbe ist, die elektrischen Schwingkreise (12) zum Schwingen angeregt werden und eine Schwingungsperiode (T) unterteilt wird in erste Zeitintervalle ( $T_1'$ , ...,  $T_p'$ ), in denen Spannung (U) am Schwingkreis (12) angelegt ist, und in zweite Zeitintervalle ( $T_1''$ , ...,  $T_q''$ ), in denen keine Spannung angelegt ist, und dass die Heizleistung eines Kochfel-

des (1.1, ..., 1.n) reguliert wird durch Verändern des Verhältnisses der Summe ( $T_1' + \dots + T_p'$ ) der ersten Zeitintervalle zur Summe ( $T_1'' + \dots + T_q''$ ) der zweiten Zeitintervalle.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannung (U) innerhalb einer Schwingungsperiode (T) mehrmals ein- und ausgeschaltet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb einer Schwingungsperiode (T) abwechselungsweise positive und negative Spannung (+/- U) an die Induktionsspule (13) angelegt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb einer Schwingungsperiode (T) positive Spannung (+U) an die Induktionsspule (13) angelegt und danach wieder ausgeschaltet wird, und anschliessend negative Spannung (-U) an die Induktionsspule (13) angelegt und danach wieder ausgeschaltet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–4, dadurch gekennzeichnet, dass die Anregungsfrequenz zeitlich konstant ist.

6. Elektrische Schaltung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1–5, mit einem Steuerteil (2) und einem Leistungsteil (3), wobei der Leistungsteil (3) aus einer Spannungsversorgung (4) und je einem elektrischen Schwingkreis (12) pro Kochfeld (1.1, ..., 1.n) besteht und wobei jeder elektrische Schwingkreis (12) eine Induktionsspule (13) und ein Schaltelement (17), mit welchem Anschlüsse des elektrischen Schwingkreises (12) an die Spannungsversorgung (4) anschliessbar und von ihr abtrennbar sind, enthält, dadurch gekennzeichnet, dass der Steuerteil (2) über Einstellmittel (8) zum Einstellen der Heizleistung und für jedes Kochfeld (1.1, ..., 1.n) über Steuermittel (5.1, ..., 5.n) zum Steuern des Ein- und Ausschaltens der Schaltelemente (17) im Leistungsteil (3) verfügt, und dass der Steuerteil (2) einen Taktgeber (11) aufweist, dessen Taktsignal zur Synchronisierung der Steuermittel (5.1, ..., 5.n) dient.

7. Elektrische Schaltung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuermittel (5.1, ..., 5.n) aus je einem Zähler (6.1, ..., 6.n) und einem Dekodierer (7.1, ..., 7.n) pro Kochfeld (1.1, ..., 1.n) bestehen.

8. Elektrische Schaltung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Einstellmittel (8) aus je einem Potentiometer (9.1, ..., 9.n) pro Kochfeld (1.1, ..., 1.n) und einem Mikroprozessor (10) bestehen.

9. Elektrische Schaltung nach einem der Ansprüche 6–8, dadurch gekennzeichnet, dass jeder elektrische Schwingkreis (12) mindestens eine Induktionsspule (13), mindestens einen Kondensator (15, 16) und mindestens ein Schaltelement (17) aufweist.

10. Elektrische Schaltung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass sie zwei in Serie geschaltete Kondensatoren (15, 16) aufweist, dass das Schaltelement (17) aus zwei in Serie geschalteten Transistoren (18, 19) besteht und dass eine Induktionsspule (13) zwischen den zwei Transistoren (18, 19) und den zwei Kondensatoren (15, 16) liegt,

wobei sich ein Spulenanschluss (20) zwischen den Transistoren (18, 19) und ein Spulenanschluss (21) zwischen den Kondensatoren (15, 16) befindet.

11. Elektrische Schaltung nach einem der Ansprüche 6–10, dadurch gekennzeichnet, dass der Steuerteil (2) als «Programmable Array Logic», auch PAL genannt, ausgebildet ist.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

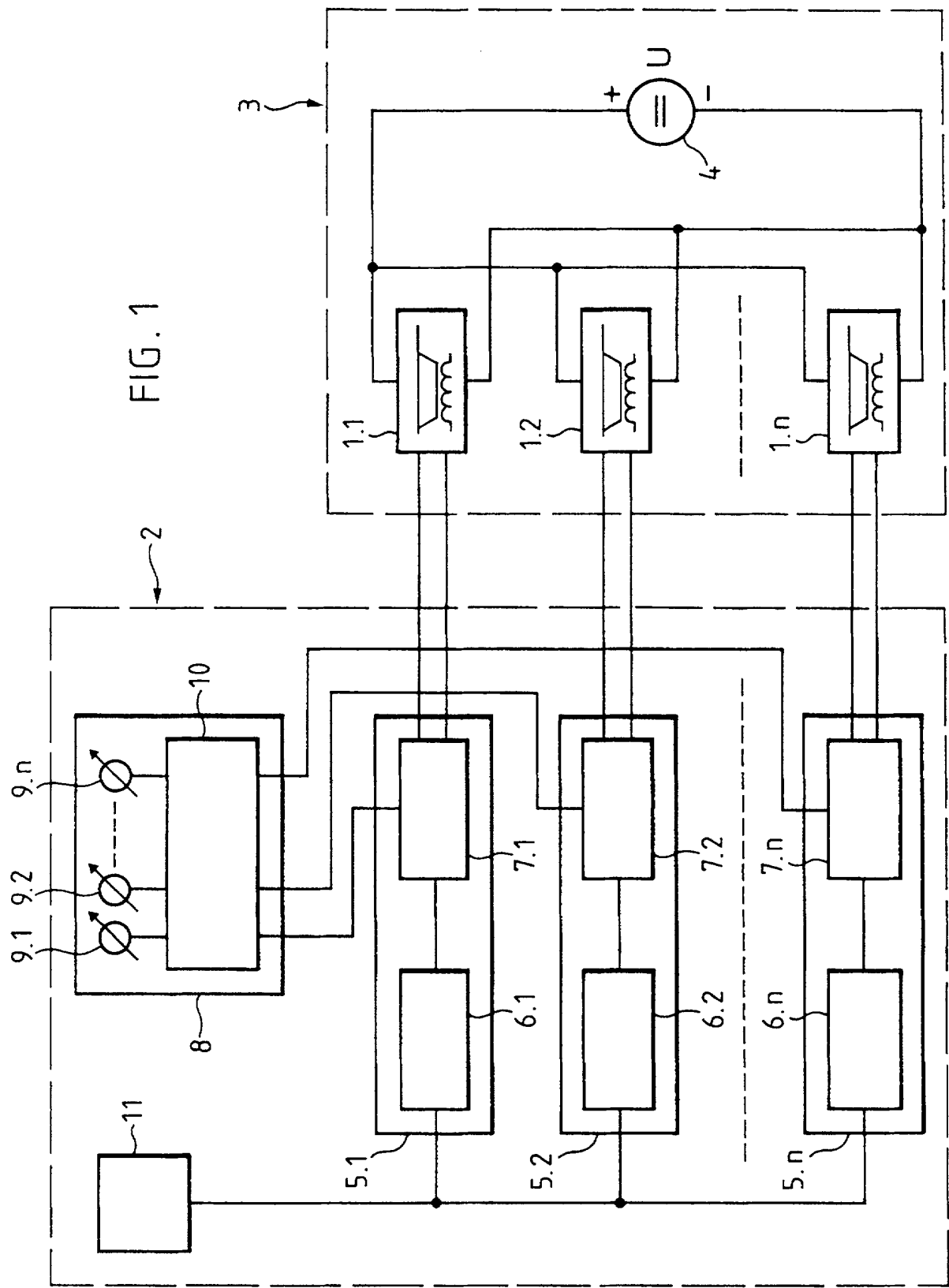
50

55

60

65

5



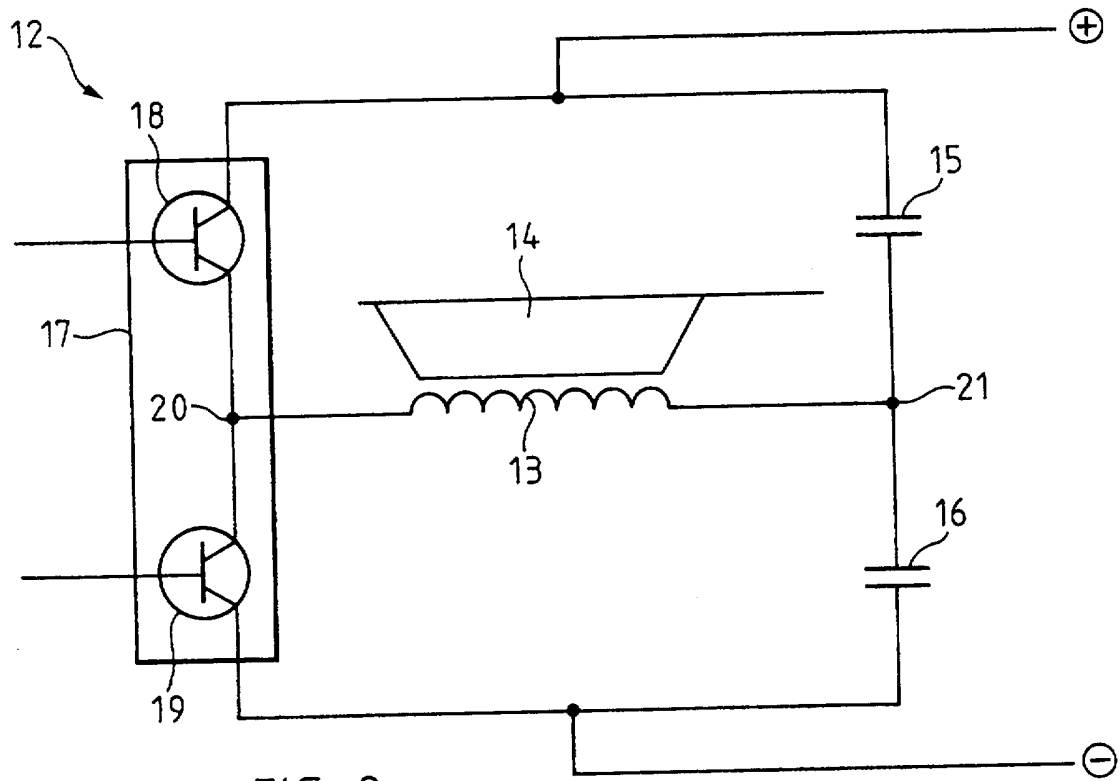


FIG. 2

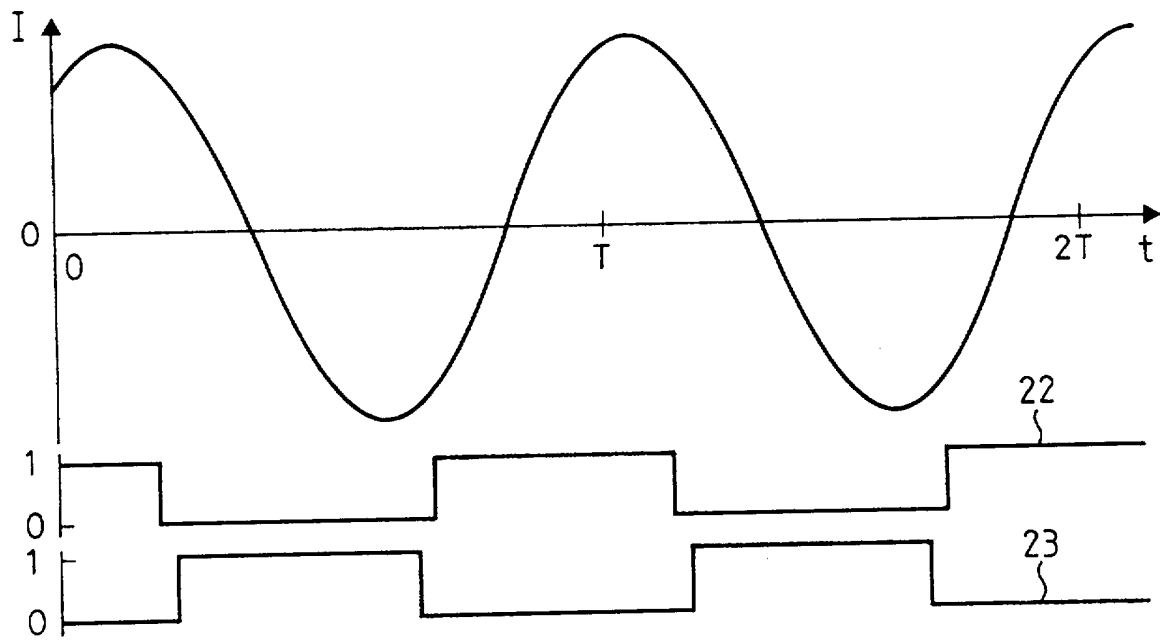


FIG. 3

