



CH 678472 A5



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 678472 A5

⑤ Int. Cl.⁵: H 05 B 1/02
H 05 B 3/82
H 02 M 5/22

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

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer: 5149/86

⑦ Inhaber:
Vaillant GmbH, Dietikon

㉑ Anmeldungsdatum: 22.12.1986

③ Priorität(en): 24.12.1985 DE 3546025
25.04.1986 DE 3614020
15.05.1986 DE 3616480

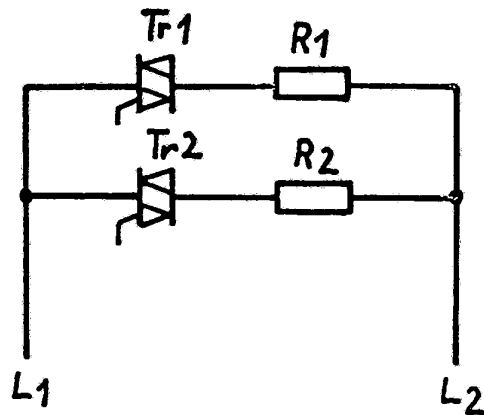
㉔ Patent erteilt: 13.09.1991

⑦ Erfinder:
Schmidt, Manfred, Dr., Köln 91 (DE)

④ Patentschrift
veröffentlicht: 13.09.1991

⑤ Verfahren zur feinstufigen Einstellung der Leistung eines Widerstandes, der aus zwei über Schalter mit einer Spannungsquelle verbundenen ungleichen Teilwiderständen besteht.

⑥ Es ist ein Verfahren zur feinstufigen Einstellung der Leistung eines Widerstandes vorgesehen, insbesondere für einen elektrischen Durchlauf-Wasserheizer, wobei der Widerstand aus zwei über je einen Schalter (Tr1, Tr2) mit einer Netzspannungsquelle (L1, L2) verbundenen ungleichen Teilwiderständen (R1, R2) besteht. Der grössere Teilwiderstand wird mit einer periodischen Schwingungspaketsteuerung mit festem Tastverhältnis und der kleinere Teilwiderstand mit einer periodischen Schwingungspaketsteuerung variablen Tastverhältnisses gesteuert.



Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, insbesondere für elektrische Durchlauferhitzer.

Die Erfindung geht von einem älteren Verfahren aus, dessen wesentliches Merkmal darin besteht, dass an zwei Aussenleiter einer Wechselspannungsquelle zwei ungleiche Widerstände angeschlossen sind, die parallel liegen und mit je einem elektronischen Schalter ihrerseits in Serie angeordnet sind. Zur Darstellung von Teilleistungen zwischen Null und der sich bei Dauereinschaltung beider Widerstände ergebenden Maximalleistung geht es aus diesem Verfahren hervor, die beiden elektronischen Schalter periodisch schwingungspaketgesteuert zu betreiben, und zwar in der Weise, dass, wenn der grössere Widerstand eingeschaltet, der kleinere ausgeschaltet ist und umgekehrt. Um mit dieser Schaltungsanordnung einen relativ grossen Leistungsbereich abdecken zu können, ist es erforderlich, dass man diesen beiden Widerständen wenigstens einen weiteren Widerstand parallelschalten muss, der analog betrieben wird.

Die Aufgabe der Erfindung liegt darin, das Verfahren im Hinblick auf seine Anwendung bei einem elektrischen Durchlauferhitzer weiter auszugestalten.

Demgemäss liegt die Erfindung in den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1 und einer Schaltungsanordnung nach Patentanspruch 9 zur Durchführung des Verfahrens.

Weitere Ausgestaltungen des Verfahrens und der Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche und zusammen mit weiteren vorteilhaften Merkmalen Gegenstand der nachfolgenden Beschreibung, die ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Fig. 1 bis 9 und der Zeichnung unter Zuhilfenahme einer Tabelle beschreibt. Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass das Verfahren nach Patentanspruch 2 eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der periodischen Schwingungspaketsteuerung mit festem oder variablem Tastverhältnis zum Inhalt hat.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipschaltung,
 Fig. 2 Diagramme,
 Fig. 3 eine Schaltung für einen dreiphasigen Verbraucher,
 Fig. 4 einen elektrischen Durchlauferhitzer als Prinzipdarstellung,
 Fig. 5 eine erste Schaltung für den Durchlauferhitzer,
 Fig. 6 eine zweite Schaltung für den Durchlauferhitzer und die
 Fig. 7 bis 9 Diagramme.

Die Schaltung beruht auf dem Grundgedanken, zur Darstellung einer bestimmten Leistung mehrere ungleiche Teilwiderstände zu benutzen, von denen bei Betrieb an Wechselspannung oder Drehspannung einer oder mehrere mit Schwingungspaketsteuerungen betrieben werden, wobei sich der Mittelwert der eingestellten Leistung als Summe der Mittelwerte der Leistungen an den Widerständen ergibt. Bei Betrieb an Gleichspannung treten anstelle der Schwingungspaketsteuerung Impulsbreitensteuerungen.

Fig. 1 zeigt eine Schaltung zur Erläuterung des Grundprinzips der Erfindung.

An die Aussenleiter L_1 , L_2 sind zwei Widerstände R_1 und R_2 über Triacs angeschlossen.

Am Widerstand R_1 fällt bei Volleinschaltung eine Leistung P_1 , beispielsweise $P_1 = 1,75$ kW ab. Der Widerstand R_2 ist so ausgelegt, dass an ihm bei Volleinschaltung die Leistung P_2 abfällt, die doppelt so gross ist wie P_1 , also $P_2 = 2 \cdot P_1$, beispielsweise $P_2 = 3,5$ kW.

Fig. 2 zeigt das Verfahren der Leistungseinstellung.

Der Bereich der Leistungen von $P = 0$ bis $P = P_1$ wird bei ausgeschaltetem R_2 durch periodische Schwingungspaketsteuerung von R_1 mit unterschiedlichen Tastverhältnissen eingestellt, wobei das Tastverhältnis T sich als Summe der Einschaltzeiten t_{Ein} bezogen auf die Periodendauer t_p ergibt.

Im Bereich der Leistung $P = P_1$ bis $P = P_2 = 2 \cdot P_1$ wird der Widerstand R_2 permanent mit periodischer Schwingungspaketsteuerung des Tastverhältnisses $T = 0,5$ betrieben, so dass an ihm eine mittlere Leistung von $P_2/2 = P_1$ abfällt. Der Widerstand R_1 wird dabei wie im oben angegebenen Leistungsbereiche mit Schwingungspaketsteuerung betrieben, so dass durch unterschiedliche Tastverhältnisse für R_1 im angegebenen Leistungsbereich die Leistung feinstufig einstellbar ist.

Im Bereich der Leistung $P = P_2$ bis $P = P_1 + P_2 = 3 \cdot P_1$ wird der Widerstand R_2 fest eingeschaltet und wiederum der Widerstand R_1 mit Schwingungspaketsteuerung betrieben, so dass durch unterschiedliche Tastverhältnisse eine feinstufige Einstellung erfolgt.

Bei der Anwendung von Schwingungspaketsteuerung für R_1 bzw. R_2 wird nur Vollwellensteuerung angewandt und im Stromnulldurchgang geschaltet.

Erfindungsgemäss wird dabei so verfahren, dass

- a) die kleinste Einschaltzeit bzw. die kleinste Ausschaltzeit eine Netzperiode (20 ms) sind,
- b) eine möglichst hohe Schaltfrequenz erreicht wird, um die Netzurückwirkungen (Flicker) zu minimieren. Dazu wird eine längere Einschaltzeit bzw. eine längere Ausschaltzeit in mehrere kurze Einschaltzeiten bzw. Ausschaltzeiten einer Netzperiode unterteilt,

c) beim gleichzeitigen Anwenden von Schwingungspaketsteuerung auf R_1 und R_2 die Einschaltzeitpunkte für R_1 identisch mit Ausschaltzeitpunkten für R_2 sind und umgekehrt, um die Netzurückwirkungen (Flicker) zu minimieren,

5 d) der Widerstand R_2 bzw. die Leistung P_2 so gewählt werden, dass durch Schwingungspaketsteuerung mit einem Tastverhältnis $T = 0,5$ und einer Einschaltzeit bzw. Ausschaltzeit von einer Netzperiode der zulässige Flickerpegel nicht überschritten wird.

Im Beispiel der Fig. 2 beträgt die Periodendauer $t_p = 6 \cdot 20 \text{ ms} = 120 \text{ ms}$. Damit ist ein minimales Tastverhältnis von $T = 20 \text{ ms}/120 \text{ ms} = 1/6$ erreichbar. Bei den angegebenen Leistungen $P_1 = 1,75 \text{ kW}$ und $P_2 = 3,5 \text{ kW}$ ist somit die Gesamtleistung P von 0 bis 5,25 kW in Stufen von ca. 290 W einstellbar.

10 Folgende Anmerkungen sind wesentlich: Die Leistung P_2 muss nicht genau doppelt so gross wie P_1 sein. Zur Darstellung grösserer Leistungsbereiche können weitere Widerstände fest zu- oder abgeschaltet werden. Die Widerstände R_1 und R_2 können auch an unterschiedlichen Aussenleitern eines Dreiphasensystems betrieben werden.

15 Fig. 3 zeigt die Anwendung der Erfindung in einem elektrischen Durchlauferhitzer mit einer Gesamtleistung von 21 kW.

Die Widerstände R_1 und R_2 sind identisch mit denen der Fig. 1, liegen aber an unterschiedlichen Aussenleitern.

20 Dadurch bedingt ist beim Schalten im Nullpunkt ein Einschaltvorgang von R_1 nicht exakt gleichzeitig mit einem Ausschaltvorgang von R_2 realisierbar.

Eine Ausführung des Durchlauferhitzers kann so vorgenommen werden, dass an R_0 eine Leistung von 3,5 kW, bei Dauereinschaltung an R_1 eine Leistung von 1,75, an R_2 von 3,5, an R_3 von 5,75 und an R_4 von 7 kW abfällt.

25 Bei Einschalten des Gerätes ist die Leistung an R_0 (3,5 kW) immer vorhanden. Im Bereich zwischen 3,5 kW und 21 kW kann durch Betrieb von R_1 und R_2 entsprechend Fig. 2 und fest- zu bzw. abgeschalteten Widerständen R_3 bzw. R_4 die Leistung in Stufen von ca. 290 W eingestellt werden.

Günstige Netzurückwirkungen ergeben sich bei der angegebenen Anschlussfolge.

30 Zur Schaltung nach Fig. 3 gelten noch folgende Anmerkungen: Die Gesamtleistung kann von 21 kW abweichen. Die Aufteilung von R_3 und R_4 kann anders gewählt werden. Die Widerstände können bei gleichen Verhältnissen insgesamt kleiner gewählt werden (oder grösser). Die Anwendung kann für beliebige Elektrogeräte erfolgen, sowohl einphasig entsprechend Fig. 1 oder dreiphasig. Die Schaltung kann auch bei Gleichspannungsversorgung und auch auf komplexe Widerstände angewandt werden.

Für Vorstehendes gilt: Ein kleinerer Widerstand bedeutet ein Widerstand mit kleinerer erzeugbarer Leistung.

35 Gleichzeitiges Schalten bedeutet bei Betrieb an einem Dreiphasensystem zeitlich aufeinanderfolgendes Schalten im jeweiligen Stromnulldurchgang. Ein beliebiger elektrischer Verbraucher gemäss Fig. 4, insbesondere ein Durchlauferhitzer, weist einen Kanalkörper 1 auf, der aus Kunststoff besteht und einen mäanderförmig durchgehenden Wasserkanal 2 aufweist.

40 Der Wasserkanal ist an eine speisende Kaltwasserzuleitung 3 und an eine Warmwasservorlaufleitung 4 angeschlossen, wobei letztere mit einem Zapfventil 5 versehen ist.

Es ergeben sich im Kanalkörper 1 drei von je einem Widerstand R_1 , R_2 , R_3 beheizte Kanäle 6, die im Wasser hydraulisch in Serie liegen.

Den Widerständen ist eine Schwingungspaketsteuerung 7 zugeordnet.

45 Es ist hierbei möglich, die Warmwasserauslauftemperatur mittels eines im Kanal 4 angeordneten Temperaturfühlers zu messen und über die Schwingungspaketsteuerung 7 die an den Widerständen R_1 , R_2 und R_3 abgegebenen Leistungen so zu steuern, dass eine bestimmte Auslauftemperatur unabhängig von der Höhe der Kaltwassereinflauf-temperatur und unabhängig vom Durchsatz erzielt wird. Es ist auch möglich, bei vorgegebenem Durchsatz und geschätzter oder gemessener Kaltwassereinflauf-temperatur die Leistungsabgabe an die Widerstände so zu steuern, dass eine vorgebbare Warmwassertemperatur erreicht wird.

Die zugehörige Prinzipschaltung geht aus der Fig. 5 hervor.

55 An einem ersten Aussenleiter L_1 eines speisenden Drehspannungsnetzes mit einer verketteten Aussenleiterspannung von 380 V ist eine erste Leitung 8 angeschlossen, die zu einem ersten Verzweigungspunkt 9 und einem zweiten Verzweigungspunkt 10 führt. Vom ersten Verzweigungspunkt 9 geht ein erster Zweig 11 ab, der aus einer Reihenschaltung eines elektronischen Schalters Tr_{22} (beispielsweise eines Triacs) und dem Widerstand R_{22} besteht. Der Zweig 11 ist auf der freien Seite an einem Verzweigungspunkt 12 angeschlossen, der über eine Leitung 13 mit dem Aussenleiter L_3 in Verbindung steht. Zwischen den Verzweigungspunkten 10 und 12 ist ein zweiter Zweig 14 angeschlossen, der gleichermassen aus einem elektronischen Schalter Tr_{21} und dem Widerstand R_{21} besteht. Die Widerstände R_{21} und R_{22} sind unterschiedlich und zwar ist der Widerstand R_{21} so ausgelegt, dass sich an ihm bei Dauereinschaltung des zugehörigen Triacs Tr_{21} eine Leistung P_{21} ergibt. Die sich bei Dauereinschaltung des Triacs Tr_{22} ergebende Leistung P_{22} am zugehörigen Widerstand R_{22} ist so bemessen, dass sie etwa doppelt so gross ist wie die Leistung P_{21} . Man strebt möglichst den Leistungssprung von zwei zwischen den beiden Leistungen an, wird ihn aber aufgrund von Toleranzen nicht unbedingt erreichen müssen.

Vom Aussenleiter L2 führt eine weitere Leitung 15 zu einem dritten Zweig 16, der gleichermassen aus der Serienschaltung des Widerstandes R1 mit seinem zugehörigen Triac Tr1 besteht und der andererseits am Verzweigungspunkt 10 angeschlossen ist. Der Widerstand R1 ist so gewählt, dass bei Daueranschaltung des Triacs Tr1 die an ihm erzeugbare Leistung P1 etwa halb so gross wie die Leistung P21 ist.

Die Bemessung der Widerstände R1, R21, R22 ist so vorzunehmen, dass die Gesamtleistung im gesamten Bereich von 0 bis zur Summenleistung von $P1+P21+P22$ feinstufig einstellbar wird. Dies ist gegeben, wenn P1 mindestens $P21/2$ und für $P22 > 2 \cdot P21$ die Leistung P1 mindestens $(P22-P21)/2$ ist.

Im Idealfall ist $P22 = 2 \cdot P21 = 4 \cdot P1$. Der Absolutwert der Leistungen ist so zu wählen, dass bei Tastung von P21 bzw. $(P22-P21)/2$ mit festem Tastverhältnis $T2 = 0,5$ (z.B. alternierend 1 Netzperiode ein, 1 Netzperiode aus) bzw. bei Tastung von P1 mit variablem Tastverhältnis T1 die zulässigen Netzurückwirkungen (Flicker) nicht überschritten werden. Eine sinnvolle Auslegung erfolgt mit $P1 = 1,5 \text{ kW}$, $P21 = 2,5 \text{ kW}$, $P22 = 4,5 \text{ kW}$.

Der Schwingungspaketsteuerung 7 ist noch ein Sollwertgeber 17 zugeordnet, mit dem die Grösse der einstellbaren elektrischen Gesamtleistung der Schaltung vorgebbar ist. Dies kann z.B. der Sollwertgeber eines Temperaturreglers für den Durchlauferhitzer sein.

Es soll noch erwähnt werden, dass zwischen die Aussenleiter L1 und L3 einerseits bzw. L1 und L2 andererseits weitere Zweige analog den Zweigen 11 bzw. 14 oder 16 zusätzlich parallel geschaltet werden können.

Zur Erläuterung der Betriebsweise der Schaltung gemäss Fig. 5 wird nunmehr auf die Tabelle (Seite 10) verwiesen. Hieraus ist ersichtlich, dass sich 7 Leistungsbereiche ergeben. Die Leistungsbereiche ergeben sich so, dass sich aufgrund der Tastung der elektronischen Schalter Tr21 und Tr22 Grobstufen ergeben, denen als Feinstufen die Schaltzustände des Triacs Tr1 überlagert sind. Im ersten Leistungsbereich kann eine Leistung zwischen 0 und P1 dargestellt werden. Hierbei sind die elektronischen Schalter Tr21 und Tr22 ausgeschaltet.

Lediglich der elektronische Schalter Tr1 wird in einem Tastverhältnis T1 von 0 bis 1 von der Schwingungspaketsteuerung 7 getastet. Hierbei kann eine Leistung von 0 bis 1,5 kW quasistufig beherrscht werden. Reicht diese Leistung nicht aus, wird in den Leistungsbereich 2 übergegangen. Hierbei ist der elektronische Schalter Tr22 ausgeschaltet während der elektronische Schalter Tr21 mit einem festen Tastverhältnis T2 von $1/2$ getastet wird. Hieraus ergibt sich eine Grundlast von $P21/2$, der eine variable feineinstellbare Leistung gemäss dem Leistungsbereich 1 überlagert wird. Die Maximalleistung ergibt sich gemäss der Formel. Eine Leistung aus dem Leistungsbereich 2 ist in der Fig. 7 dargestellt. Das variable Tastverhältnis, das zur Leistung P1 führt, ist als oberste Kurve 18 angegeben. Dieser Leistung ist die Leistung P21 überlagert. Die Leistung P22 ist 0. Im rechten Teil der Fig. 7 ist die resultierende Leistung P dargestellt.

Die Zeitverläufe der Leistungen zeigen jeweils Mittelwerte der Leistung über eine bzw. eine halbe Netzperiode.

Bei Leistungserhöhung kann die Leistung analog über den Leistungsbereich 3 zum Leistungsbereich 4 gesteigert werden, wobei auch hier die Fig. 8 eine bestimmte Leistung aus dem Leistungsbereich 4 erläutert.

Hieraus ist ersichtlich, dass die elektronischen Schalter Tr21 und Tr22 mit einem festen Tastverhältnis T2 von jeweils $1/2$ getastet sind und dass den daraus resultierenden Leistungen eine variable Leistung gemäss dem Leistungsbereich 1 von P1 überlagert ist. Die Tastung der elektronischen Schalter Tr21 und Tr22 wird von der Schwingungspaketsteuerung 7 so vorgenommen, dass jeweils nur einer der beiden Widerstände R21 bzw. R22 momentan an Spannung liegt. Geschaltet wird jeweils im Stromnulldurchgang. Somit kompensieren sich, bezogen auf die Aussenleiter L1 und L3, teilweise die Netzurückwirkungen. Die Tastung des Schalters Tr1 wird so vorgenommen, dass immer ein entgegengesetztes Tasten zum resultierenden Tasten von Tr21 und Tr22 vorgenommen wird, wodurch sich die Netzurückwirkungen im Aussenleiter L1 teilweise kompensieren. Die Leistung P1 gemäss Fig. 8 ist anders als die Leistung P1 in Fig. 7, da das Tastverhältnis gegenüber dem der Fig. 7 variiert ist. Im rechten Teil der Fig. 8 ist die Gesamtleistung ersichtlich, die sich aus der Überlagerung der drei Teilleistungen P1, P21 und P22 als Gesamtleistung P ergibt.

Zum Leistungsbereich 6 gehört die Darstellung in Fig. 9, die auch hier wieder eine bestimmte Leistung aus dem Leistungsbereich 6 zeigt. In diesem Leistungsbereich ist der elektronische Schalter Tr22 dauernd eingeschaltet, der elektronische Schalter Tr21 mit einem festen Tastverhältnis T2 von $1/2$ fest getastet und der elektronische Schalter Tr1 mit einem Tastverhältnis variabel von 0 bis 1 getastet. Die Tastung der Leistung P1 wird so gewählt, dass den Abschaltungen dieser Leistung Einschaltungen der Leistung P21 gegenüberliegen. Hierbei kompensieren sich die Netzurückwirkungen im Aussenleiter L1 insoweit, dass einer Leistungserhöhung im Schaltsprung der Leistung p1 eine Erniedrigung der Leistung P21 entspricht und umgekehrt. Entsprechendes gilt übrigens auch für die Schaltzustände im Leistungsbereich 4; hier wird die Leistung P1 entgegengesetzt zur grösseren geschalteten Leistung, bezogen auf die Leistungen P21 und P22, getastet. Da die Leistung P22 die grössere ist, wird P1 immer entgegengesetzt zu P22 geschaltet. Somit findet auch hier eine Kompensation der Rückwirkungen im Aussenleiter L1 statt.

Im Leistungsbereich 7 sind die elektronischen Schalter Tr21 und Tr22 permanent leitend und der elek-

CH 678 472 A5

tronische Schalter Tr1 kann gemäss Leistungsbereich 1 hierzu variiert werden. Die Gesamtleistung ergibt sich als maximaler Wert durch Dauereinschaltung der Widerstände R1, R21 und R22.

Die theoretisch möglichen Grobeinstellungen, bei denen P22 mit T2 getastet und P21 fest aus- bzw. eingeschaltet ist, werden aufgrund der hohen Netzrückwirkungen nicht vorgesehen.

5 Wählt man die Leistungen P1, P21 und P22 so, dass P1 mindestens halb so gross wie P21 ist und dass P21 halb so gross wie P22 ist, ergibt sich eine lückenlose feinstufige Darstellung der Leistung im Bereich zwischen 0 und der Summe von $P1 + P21 + P22$.

10 In einer konkreten Ausführung wird die Leistung P1 zu 1,5 kW gewählt, die Leistung P21 zu 2,5 kW und die Leistung P22 zu 4,5 kW festgelegt. Damit beträgt die zwischen den Aussenleitern L1 und L3 maximal darstellbare Leistung 7 kW. Die feinstufig einstellbare Gesamtleistung variiert zwischen 0 und 8,5 kW.

15 Während die Schaltung nach Fig. 5 eine asymmetrische Gesamtleistung bezogen auf die drei Aussenleiter ergibt, ist die Schaltung nach Figur 6 um weitere Widerstände R4 und R0 ergänzt, die als weitere Zweige 19 und 20 zueinander parallel liegen und zwischen die Aussenleiter L2 und L3 geschaltet sind, wobei der Widerstand R4 mit einem Schalter Tr4 in Serie liegt. Zusätzlich ist ein weiterer Zweig 21 vorhanden, in dem ein Widerstand R3 mit dem zugehörigen Schalter Tr3 in Serie liegt. Dieser Zweig ist parallel zum Zweig 16 geschaltet und liegt an den Aussenleitern L1 und L2, so dass sich neue Verbindungspunkte 22, 23 und 24 ergeben. Die Schalter Tr4 und Tr3 können Triacs oder mechanische Schalter sein. Die Zweige 19, 20 und 21 dienen einmal der Erhöhung der Gesamtleistung und zum anderen der bei Vollasteinschaltung aller Zweige sich einstellenden symmetrischen Belastung der Aussenleiter.

20 Nach der Darstellung liegt der Widerstand R0 zwar immer an Spannung der Aussenleiter L2 und L3, praktisch wird er von einem sogenannten Wasserschalter im Durchlauferhitzer gesteuert bzw. eingeschaltet, wobei der Wasserschalter dann einer, Einschaltbefehl ergibt, wenn Wasserdurchsatz durch den Kanal 6 erfolgt.

25 Andere Anwendungsgebiete der Schaltung wären z.B. Kochherde oder Heizlüfter.

30

35

40

45

50

55

60

65

Tabelle

	Leistungsbereich	Schaltsituation
5		
10	1 $0 \dots P_1$	R_{22} ausgeschaltet R_{21} ausgeschaltet R_1 mit $T_1 = 0 \dots 1$ getastet
15		
20	2 $\frac{P}{2} \dots \frac{P}{2} + P_1$	R_{22} ausgeschaltet R_{21} mit $T_2 = 0,5$ getastet R_1 mit $T_1 = 0 \dots 1$ getastet
25		
30	3 $P_{21} \dots P_{21} + P_1$	R_{22} ausgeschaltet R_{21} eingeschaltet R_1 mit $T_1 = 0 \dots 1$ getastet
35		
40	4 $\frac{P}{2} + \frac{P}{2} \dots \frac{P}{2} + \frac{P}{2} + P_1$	R_{22} mit $T_2 = 0,5$ getastet R_{21} mit $T_2 = 0,5$ getastet R_1 mit $T_1 = 0 \dots 1$ getastet
45		
50	5 $P_{22} \dots P_{22} + P_1$	R_{22} eingeschaltet R_{21} ausgeschaltet R_1 mit $T_1 = 0 \dots 1$ getastet
55		
60	6 $P_{22} + \frac{P}{2} \dots P_{22} + \frac{P}{2} + P_1$	R_{22} eingeschaltet R_{21} mit $T_2 = 0,5$ getastet R_1 mit $T_1 = 0 \dots 1$ getastet
65		
	7 $P_{22} + P_{21} \dots P_{22} + P_{21} + P_1$	R_{22} eingeschaltet R_{21} eingeschaltet R_1 mit $T_1 = 0 \dots 1$ getastet

Patentansprüche

1. Verfahren zur feinstufigen Einstellung der Leistung eines Widerstandes, der aus zwei über Schalter mit einer Speisespannungsquelle verbundenen ungleichen Teilwiderständen besteht, bei dem der grössere Teilwiderstand mit einer periodischen Schwingungspaketsteuerung mit einem festen Tastverhältnis und der kleinere Teilwiderstand mit einer periodischen Schwingungspaketsteuerung variablen Tastverhältnisses gesteuert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einschaltdauer beziehungsweise Ausschaltdauer in eine maximal mögliche Anzahl einzelner Zeitabschnitte einer beziehungsweise mehrerer Netzperioden aufgeteilt wird und zwischen diesen Zeitabschnitten jeweils für eine beziehungsweise mehrere Netzperioden ausgeschaltet beziehungsweise eingeschaltet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der grössere Widerstand doppelt so gross wie der kleinere ist.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das feste Tastverhältnis 0,5 ist.
5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Einschaltdauer des festen Tastverhältnisses eine Netzperiode beträgt.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einschaltzeitpunkte des kleineren Widerstandes identisch zu Ausschaltzeitpunkten des grösseren sind und die Ausschaltzeitpunkte des kleineren identisch zu den Einschaltzeitpunkten des grösseren sind.
7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Widerstände an einer einphasigen Wechselspannung liegen.
8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Widerstände an unterschiedlichen Aussenleitern eines Drehstromsystems liegen.
9. Schaltungsanordnung zur Durchführung der Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 zur Einstellung der Leistung eines von einer dreiphasigen Spannungsquelle gespeisten elektrischen Verbrauchers, insbesondere für Durchlauferhitzer, welche Schaltungsanordnung Schaltungswiderstände aufweist, die wenigstens zwischen zwei Aussenleitern der Spannungsquelle liegen, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Leitern (L1, L3) eines ersten Aussenleiterpaares zwei bei Dauereinschaltung ungleiche Leistungen ergebende Widerstände (R21, R22) parallel und jeweils in Serie mit einem elektronischen Schalter (Tr21, Tr22) angeordnet sind, wobei die Schalter periodisch schwingungspaketgesteuert betrieben sind und das Tastverhältnis, das heisst Einschaltzeit, bezogen auf die Periodendauer, $1/2$ beträgt und momentan jeweils nur ein Widerstand an Spannung liegt, und dass zwischen den Leitern (L1, L2) eines anderen Aussenleiterpaares ein weiterer Widerstand (R1) in Serie mit einem weiteren elektronischen Schalter (Tr1) angeordnet ist, der periodisch schwingungspaketgesteuert mit variablem Tastverhältnis betrieben ist (Fig. 5).
10. Schaltungsanordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass mit einem Schalter (Tr3, Tr4) in Serie liegende Festwertwiderstände (R3, R4) in den beiden Aussenleiterpaaren so angeordnet sind, dass sich bei Dauereinschaltung aller Widerstände eine symmetrische Leistungsverteilung auf alle drei Aussenleiter (L1, L2, L3) ergibt (Fig. 6).
11. Schaltungsanordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Widerstände R1, R21 und R22 so bemessen sind, dass bei Anlegen einer bestimmten Spannung die Leistungen sich so verhalten, dass $P1 < P21 < P22$, wobei P1 die Leistung am Widerstand R1 ist und so weiter.

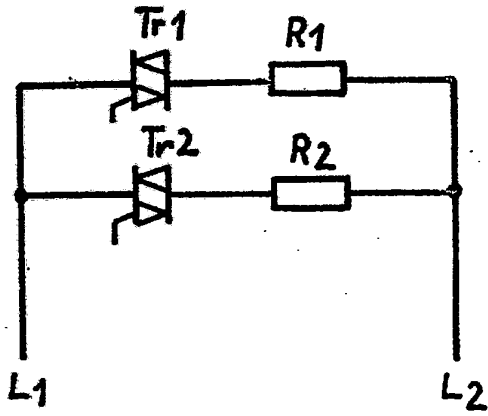


Fig. 1

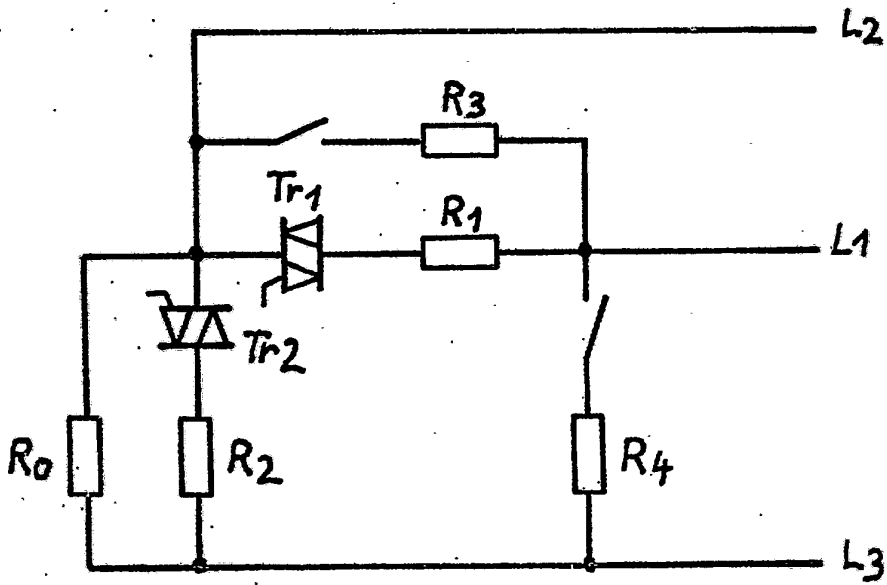


Fig. 3

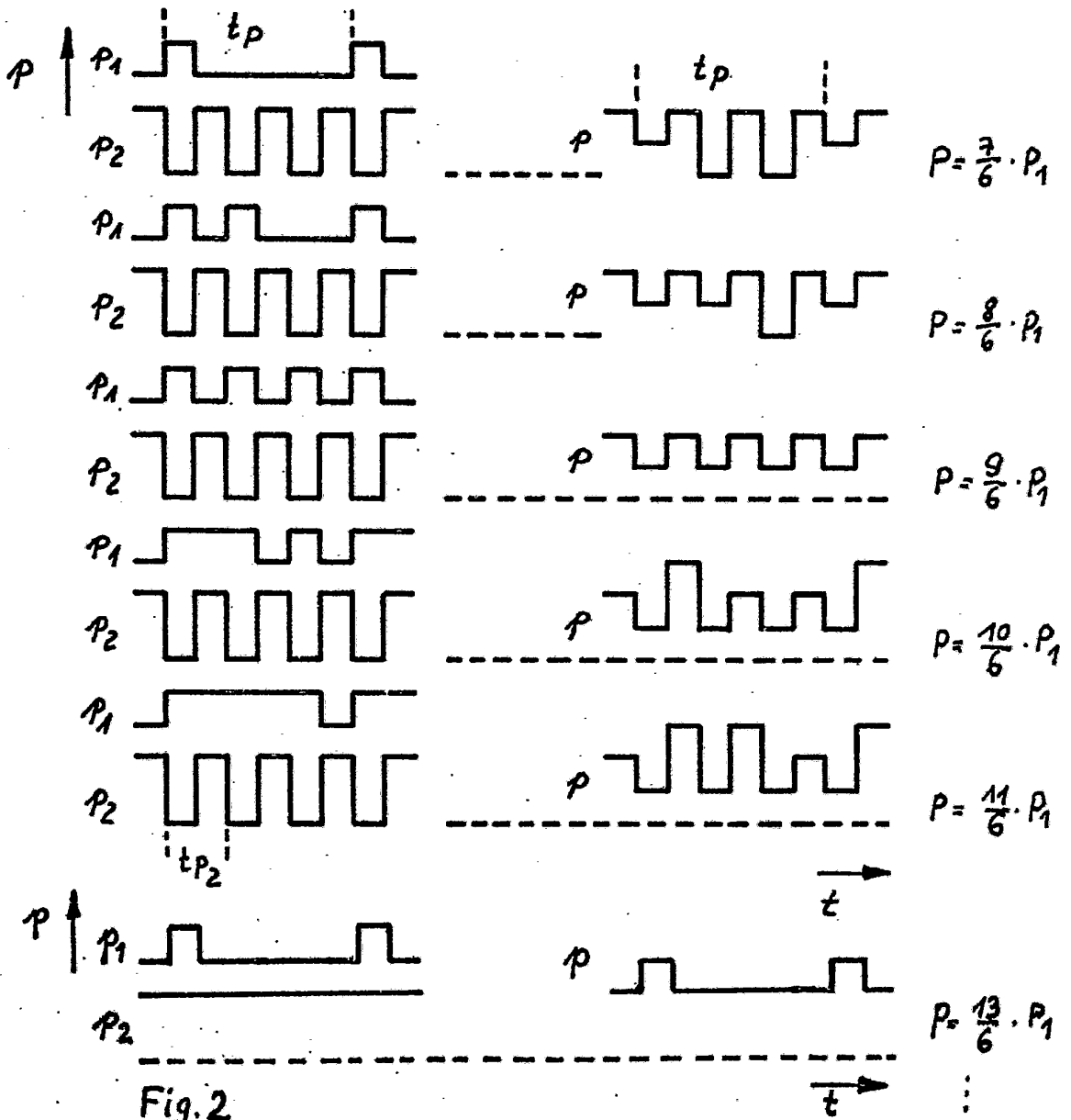
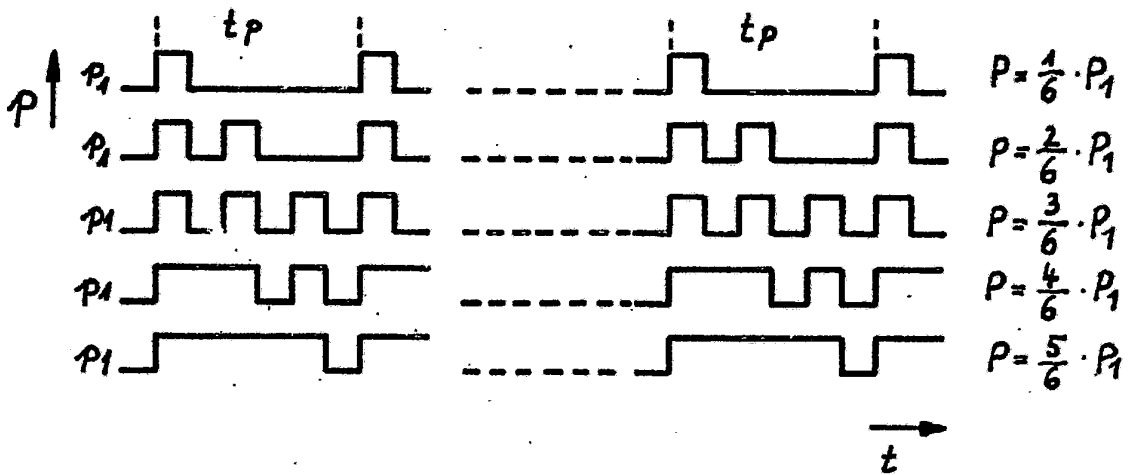


Fig. 2

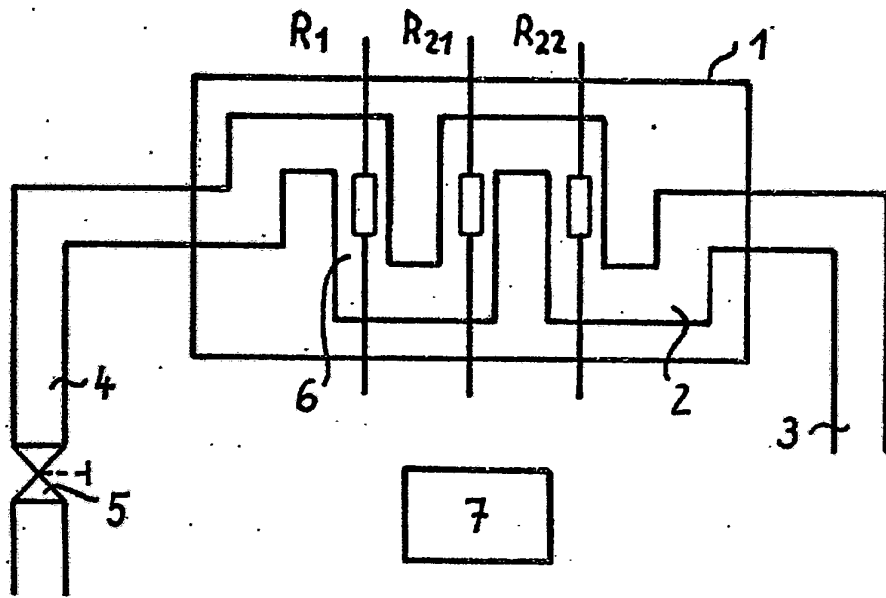


Fig. 4

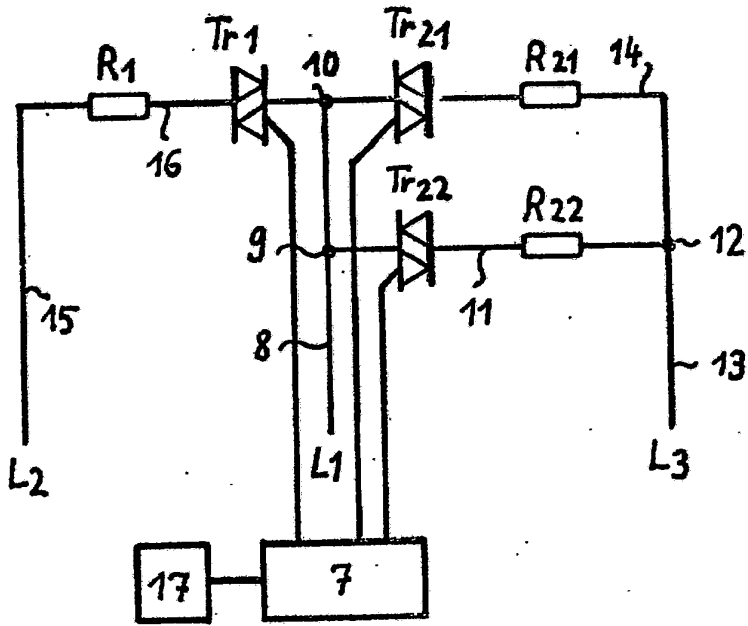


Fig. 5

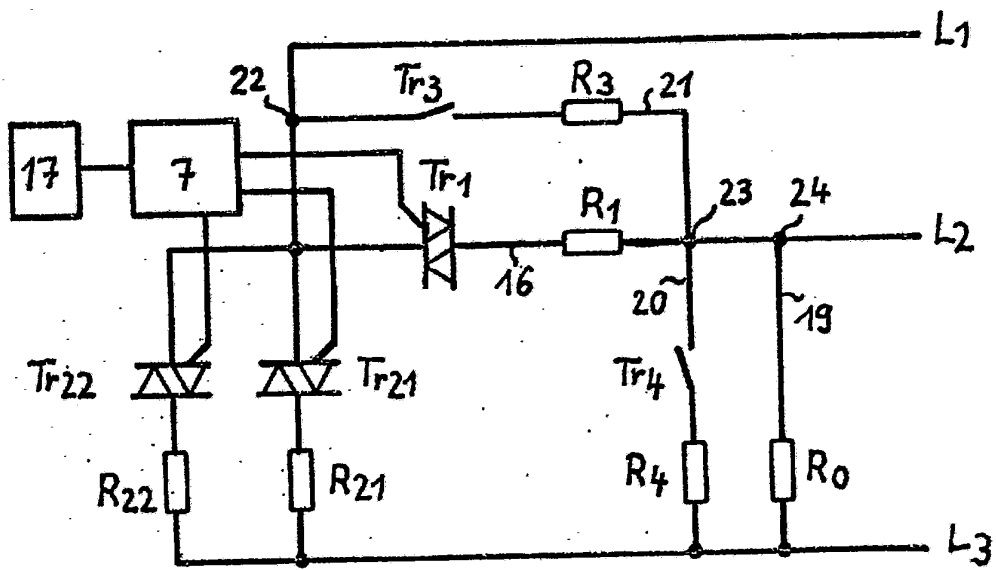


Fig. 6

