



(19)

Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 0 705 528 B1

(12)

## FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:

**11.02.1998 Bulletin 1998/07**

(21) Numéro de dépôt: **94920496.0**

(22) Date de dépôt: **21.06.1994**

(51) Int Cl.6: **H05B 6/66**

(86) Numéro de dépôt international:  
**PCT/FR94/00748**

(87) Numéro de publication internationale:  
**WO 95/01083 (05.01.1995 Gazette 1995/02)**

### (54) GENERATEUR DE HAUTE TENSION

HOCHSPANNUNGSGENERATOR

HIGH VOLTAGE GENERATOR

(84) Etats contractants désignés:  
**BE DE GB IT NL**

(30) Priorité: **22.06.1993 FR 9307565**

(43) Date de publication de la demande:  
**10.04.1996 Bulletin 1996/15**

(73) Titulaire: **MOULINEX S.A.**  
**F-93170 Bagnolet (FR)**

(72) Inventeur: **DAUGE, Gilbert**  
**F-77400 Lagny-sur-Marne (FR)**

(74) Mandataire: **Busquets, Jean-Pierre**  
**Moulinex S.A.,**  
**8, Rue du Colonel Rémy**  
**14052 Caen (FR)**

### (56) Documents cités:

**EP-A- 0 202 579** **EP-A- 0 280 100**

**EP-A- 0 389 047** **FR-A- 2 180 442**

**US-A- 4 747 034**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 14, no. 117 (E-898) (4060) 5 Mars 1990 & JP,A,01 313 884 (SHARP CORP.)
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 9, no. 178 (E-330) 23 Juillet 1985 & JP,A,60 049 554 (MITSUBISHI DENKI K.K.)
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 16, no. 134 (E-1185) 6 Avril 1992 & JP,A,03 295 189 (SHARP CORP.)

EP 0 705 528 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

La présente invention se rapporte à un générateur de haute tension destiné à l'alimentation d'au moins une charge d'utilisation du type unidirectionnel telle que, par exemple, un magnétron ou un tube électronique et comprenant un transformateur élévateur de tension comportant un étage primaire connecté à un circuit primaire, et un étage secondaire présentant un enroulement connecté à un circuit secondaire comprenant la charge d'utilisation, ledit circuit primaire étant relié à une source d'énergie électrique et comportant des moyens de commutation électronique de manière à alimenter ledit transformateur en courant haute fréquence.

L'étage primaire du transformateur comprend un premier et un second enroulements, montés en une liaison série présentant une prise intermédiaire et deux prises d'extrémité, le circuit primaire étant relié directement à la prise intermédiaire.

Un tel générateur de haute tension est connu par le brevet EP 389 047.

On connaît des générateurs où un circuit résonnant est réalisé autour d'un circuit comprenant une self et une capacité et relié au primaire du transformateur. Une telle réalisation est particulièrement désavantageuse, notamment du point de vue du coût et en raison de la multiplicité des circuits magnétiques.

On connaît aussi des générateurs où sur la même ferrite du transformateur on réalise un second enroulement secondaire relié par ses bornes à une capacité de manière à réaliser un circuit d'accord de résonance série.

La réalisation de tels transformateurs se heurte à un certain nombre de difficultés tenant notamment aux exigences d'une bonne isolation de l'étage haute tension et à la réalisation de bobines permettant un couplage étroit entre l'étage primaire et l'enroulement du circuit de résonance.

Pour éviter la saturation de la ferrite du transformateur par le fait d'une induction trop forte, on est amené à augmenter la taille des ferrites et le nombre de spires de l'enroulement primaire. Par ailleurs, on essaie d'avoir pour le transformateur lui-même une self de fuite petite devant la self dite de magnétisation.

Toutes ces contraintes, liées à la nécessité d'un bon couplage du transformateur contribuent à augmenter la taille et le prix de ce composant.

Le but de la présente invention est la réalisation d'un transformateur d'un prix réduit, qui soit parfaitement adapté à une utilisation dans un générateur de haute tension pour four à micro-ondes et susceptible d'une fabrication en grande série.

Selon l'invention, le circuit primaire est relié à l'une des deux prises d'extrémités via lesdits moyens de commutation, une capacité reliant les deux prises d'extrémité de manière à réaliser, avec les premier et second enroulements, un circuit oscillant.

Grâce à l'invention, on obtient un excellent couplage

particulièrement entre le premier enroulement primaire et le circuit résonnant résultant, ainsi qu'une self de fuite faible devant la self de magnétisation.

Les caractéristiques, détails et avantages de l'invention ressortiront d'ailleurs de la description qui va suivre, à titre d'exemple, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue du schéma électrique du transformateur et du circuit résonnant selon l'invention,
- les figures 2 et 3 sont des vues en coupe de différentes géométries de réalisation d'un transformateur selon l'invention,
- la figure 4 est un schéma équivalent d'un transformateur à résonance du type connu,
- les figures 5 et 6 sont des vues schématiques de deux variantes de réalisation du circuit secondaire dans un générateur selon l'invention.

Le générateur fait appel à un transformateur à résonance série dont le fonctionnement est particulièrement adapté à un circuit primaire comprenant des moyens de commutation constitués de commutateurs du type IGBT (initiales anglo-saxonnes mises pour "Insulated Gate Bipolar Transistor") ou MCT (initiales anglo-saxonnes mises pour "Multiple Collector Transistor").

Le générateur de haute tension est destiné à l'alimentation d'une ou éventuellement plusieurs charges du type unidirectionnel telle que, par exemple, un magnétron de four à micro-ondes ou un tube électronique, et comprend un transformateur élévateur de tension comportant, comme on peut le voir à la figure 1, un étage primaire  $E_1$  connecté à un circuit primaire CP et un étage secondaire  $E_2$  présentant un enroulement  $L_3$  connecté à un circuit secondaire  $S_0, S_1$  comprenant la charge d'utilisation, ledit circuit primaire CP reliant l'étage primaire  $E_1$  du transformateur T à une source d'énergie électrique  $B_0, B_1$  et comportant des moyens de commutation K de manière à alimenter le transformateur T en courant haute fréquence.

On connaît des générateurs comprenant des transformateurs à résonance parallèle où les commutateurs, en parallèle avec une diode, et montés dans le circuit primaire, réalisent une commutation dite à zéro tension. Néanmoins lors de l'ouverture du commutateur, il persiste une "queue de courant" due à des porteurs minoritaires et qui entraîne une dissipation de chaleur non négligeable dans ces composants. Dans un générateur avec transformateur à résonance série, on réalise une commutation dite à zéro courant, et on évite cet inconvénient.

Un transformateur à résonance série, c'est-à-dire un transformateur à self inductance de fuite sur une capacité, se présente en général comme un élément de type inductif pour les basses fréquences et de type résonnant lorsque la fréquence s'élève.

Un tel élément, comme schématisé à la figure 4, résulte de l'association d'un transformateur parfait TP, d'une self-inductance L et d'une capacité C.

Selon l'invention, l'étage primaire E<sub>1</sub> du transformateur T comprend un premier et un second enroulement L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, le circuit primaire étant relié d'une part au premier enroulement L<sub>1</sub> et, d'autre part, par l'intermédiaire d'une capacité C, au second enroulement L<sub>2</sub>, ledit second enroulement L<sub>2</sub> étant monté en série avec le premier enroulement L<sub>1</sub> aux bornes de la capacité C, de manière à réaliser un circuit oscillant.

Avantageusement, on pourra recourir à un transformateur présentant un enroulement primaire muni d'une prise intermédiaire PI et d'une prise à chaque extrémité. Le circuit primaire relie une prise d'extrémité et la prise intermédiaire PI à la source d'énergie B<sub>0</sub>, B<sub>1</sub> et les deux prises d'extrémités sont reliées entre elles par la capacité C. Ainsi, les inductances des deux enroulements L<sub>1</sub> et L<sub>2</sub>, constitués respectivement par l'enroulement de part et d'autre de la prise intermédiaire, sont en série dans le circuit oscillant qui comporte la capacité C.

Le transformateur haute fréquence à résonance série selon l'invention intègre la self L et le transformateur TP sur le même circuit magnétique et grâce à une disposition géométrique particulière des enroulements sur le circuit magnétique on réalise entre les enroulements des couplages adaptés au fonctionnement de la charge d'utilisation susceptible d'être alimentée.

Dans la réalisation d'un circuit résonnant à partir d'une self L et d'un condensateur C, pour un transformateur T d'un générateur de haute tension pour un four à micro-ondes, il est nécessaire de remplir certaines conditions et notamment :

- l'enroulement de l'étage secondaire du transformateur doit se comporter comme un circuit selfique, notamment lorsqu'il est relié à des moyens de redressement comportant par exemple des diodes, de manière à limiter les contraintes sur les diodes ;
- la self L servant à réaliser le circuit oscillant doit être assez fortement couplée avec la self de l'enroulement primaire du transformateur T ;
- la valeur de la self de l'étage primaire doit être assez faible mais l'enroulement primaire doit cependant présenter un nombre de tours assez grand en raison notamment de l'induction maximale admissible, avant saturation du circuit magnétique ;
- l'enroulement secondaire doit enfin être géométriquement séparé, particulièrement pour assurer une bonne isolation de la haute tension de l'étage secondaire.

Pour obtenir un bon couplage entre les différents enroulements, notamment entre l'enroulement primaire et l'enroulement de la self L du circuit d'accord, une solution serait de réaliser les enroulements sur des bobines cylindriques coaxiales.

Un tel transformateur est constitué de trois carcasses

de bobines assemblées et reste particulièrement coûteux, surtout dans une application de grande série.

Conformément à l'invention, on pourra encore réaliser les deux enroulements des étages primaire et secondaire sur une seule carcasse, comme cela est illustré à la figure 2 et à la figure 3.

Les représentations schématiques des figures 2 et 3 qui sont des réalisations de transformateurs selon l'invention montrent un transformateur T constitué d'une ferrite 1, d'une carcasse 2 comprenant des bobines 3, 4 et 5 portant les enroulements dits primaires L<sub>1</sub> et L<sub>2</sub> et un enroulement secondaire L<sub>3</sub>.

Une disposition des enroulements L<sub>1</sub> et L<sub>2</sub> dans une réalisation telle que représentée schématiquement à la figure 2 entraîne un couplage relativement faible entre les enroulements L<sub>1</sub> et L<sub>2</sub>. Pratiquement, il est difficile de dépasser un coefficient de couplage de l'ordre de 0,7.

Néanmoins, le fait d'avoir selon l'invention une partie commune entre le circuit primaire et le circuit résonnant constitué de la capacité C et des enroulements L<sub>1</sub> et L<sub>2</sub> entraîne le couplage effectif élevé entre le " primaire" vu entre les bornes B<sub>0</sub> et B<sub>1</sub> et la self-inductance L<sub>1</sub> + L<sub>2</sub> du circuit résonnant.

Les deux enroulements de l'étage primaire ont un coefficient de couplage mutuel, ou degré de couplage, compris entre 0,5 et 0,7 et présentent des valeurs de self-inductance sensiblement égales. Avec de telles valeurs du coefficient de couplage, on atteint un coefficient de couplage effectif de l'ordre de 0,9.

Le circuit secondaire comprenant une charge d'utilisation peut être réalisé selon plusieurs variantes. Deux versions particulièrement intéressantes pour l'alimentation d'un magnétron sont illustrés aux figures 5 et 6.

Selon une première version (fig. 5), le circuit secondaire comprend des moyens de redressement. La charge d'utilisation U présente deux bornes M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> d'alimentation reliées, d'une part, à une première borne N<sub>1</sub> de l'enroulement secondaire L<sub>3</sub>, respectivement par deux diodes D<sub>1</sub> et D<sub>2</sub> polarisées de façon opposée l'une par rapport à l'autre, et, d'autre part, à une seconde borne N<sub>2</sub> de l'enroulement secondaire L<sub>3</sub> respectivement par deux capacités C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub>.

Dans une deuxième version, plus simple encore, le circuit comprend un magnétron M directement branché aux bornes de l'enroulement secondaire L<sub>3</sub> et une capacité de filtrage branchée en parallèle aux bornes du magnétron. La capacité Cf représentée à la figure 6 et qui est branchée en parallèle au magnétron M représente en fait l'association de plusieurs capacités, notamment de capacités de filtrage et de capacités internes au magnétron.

Ainsi, grâce à l'invention, il est possible d'avoir un bon couplage entre l'enroulement primaire du transformateur et le circuit résonnant tout en rendant possible une géométrie de réalisation des bobines particulièrement simple.

De surcroît, une induction modérée dans le circuit magnétique évite sa saturation trop rapide et permet de

recourir à des ferrites de taille relativement modeste.

## Revendications

1. Générateur de haute tension destiné à l'alimentation d'au moins une charge d'utilisation du type unidirectionnel telle que, par exemple, un magnétron ou un tube électronique et comprenant un transformateur (T) élévateur de tension comportant un étage primaire ( $E_1$ ) connecté à un circuit primaire (CP), et un étage secondaire ( $E_2$ ) présentant un enroulement ( $L_3$ ) connecté à un circuit secondaire ( $S_0, S_1$ ) comprenant la charge d'utilisation, ledit circuit primaire (CP) reliant l'étage primaire ( $E_1$ ) du transformateur (T) à une source d'énergie électrique ( $B_0, B_1$ ) et comportant des moyens de commutation (K) de manière à alimenter le transformateur en courant haute fréquence,  
l'étage primaire ( $E_1$ ) du transformateur (T) comprenant un premier et un second enroulements ( $L_1, L_2$ ) montés en une liaison série présentant une prise intermédiaire (PI) et deux prises d'extrémités, le circuit primaire (CP) étant relié, d'une part, directement à la prise intermédiaire caractérisé en ce que le circuit primaire est relié, d'autre part, à l'une des prises d'extrémités via lesdits moyens de commutation (K), et en ce qu'une capacité (C) relie les deux prises d'extrémités de manière à réaliser, avec le premier et le second enroulements, un circuit oscillant.
2. Générateur de haute tension selon la revendication 1,  
**caractérisé en ce que** les deux enroulements de l'étage primaire ont un coefficient de couplage mutuel compris entre 0,5 et 0,7 et présentent des valeurs de self-inductance sensiblement égales.
3. Générateur de haute tension selon la revendication 1 ou 2,  
**caractérisé en ce que** les deux enroulements des étages primaire et secondaire sont réalisés sur une seule carcasse.
4. Générateur de haute tension selon l'une quelconque des revendications précédentes,  
**caractérisé en ce que** le circuit secondaire comprend en outre des moyens de redressement.
5. Générateur de haute tension selon la revendication 4,  
**caractérisé en ce que** la charge d'utilisation (U) présente deux bornes d'alimentation (M1, M2) reliées, d'une part, à une première borne ( $N_1$ ) de l'enroulement secondaire ( $L_3$ ) par respectivement deux diodes de redressement ( $D_1, D_2$ ) polarisées de façon opposée l'une par rapport à l'autre, et, d'autre

part, à une seconde borne ( $N_2$ ) de l'enroulement secondaire ( $L_3$ ) respectivement par deux capacités ( $C_1, C_2$ ).

- 5 6. Générateur de haute tension selon l'une quelconque des revendications 1 à 3,  
**caractérisé en ce que** le circuit secondaire comprend une capacité de filtrage branchée en parallèle aux bornes d'un magnétron.
- 10 7. Générateur selon l'une quelconque des revendications précédentes,  
**caractérisé en ce que** les moyens de commutation sont des commutateurs du type IGBT ou MCT.
- 15

## Patentansprüche

1. Hochspannungsgenerator, der zur Versorgung wenigstens einer Nutzlast vom unidirektionalen Typ wie beispielsweise eines Magnetrons oder einer Elektronenröhre bestimmt ist und einen Aufwärtstransformator (T) mit einer mit einem Primärkreis (CP) verbundenen Primärstufe ( $E_1$ ) und einer Sekundärstufe ( $E_2$ ) aufweist, die eine Wicklung ( $L_3$ ) umfaßt, die mit einem Sekundärkreis ( $S_0, S_1$ ) verbunden ist, der die Nutzlast aufweist, wobei der Primärkreis (CP) die Primärstufe ( $E_1$ ) des Transformators (T) mit einer elektrischen Energiequelle ( $B_0, B_1$ ) verbindet und Umschaltmittel (K) aufweist, so daß der Transformator mit einem hochfrequenten Strom versorgt wird, wobei die Primärstufe ( $E_1$ ) des Transformators (T) eine erste und eine zweite Wicklung ( $L_1, L_2$ ) aufweist, die in Reihe geschaltet sind und einen Zwischenabgriff (PI) und zwei Endabgriffe aufweisen, wobei der Primärkreis (CP) direkt mit dem Zwischenabgriff verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Primärkreis andererseits über die Umschaltmittel (K) mit einem der beiden Endabgriffe verbunden ist, und daß eine Kapazität (C) die beiden Endabgriffe derart verbindet, daß mit der ersten und der zweiten Wicklung ein Schwingkreis gebildet wird.
  - 20 35
  - 30 40
  - 35 45
  - 40 50
  - 45 55
  - 50 55
  - 55
2. Hochspannungsgenerator nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß die beiden Wicklungen der Primärstufe einen Kopplungskoeffizienten zwischen 0,5 und 0,7 besitzen und im wesentlichen gleiche Selbstinduktionswerte aufweisen.
  3. Hochspannungsgenerator nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß die beiden Wicklungen der Primärstufe und der Sekundärstufe auf einem einzigen Gestell hergestellt sind.
  4. Hochspannungsgenerator nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß der Sekundärkreis

- außerdem Gleichrichtungsmittel aufweist.
5. Hochspannungsgenerator nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Nutzlast (U) zwei Versorgungsanschlüsse (M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>) aufweist, die einerseits über zwei Gleichrichterdioden (D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>), die einander entgegengesetzt polarisiert sind, mit einem ersten Anschluß (N<sub>1</sub>) der Sekundärwicklung (L<sub>3</sub>) und andererseits über zwei Kapazitäten (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>) mit einem zweiten Anschluß (N<sub>2</sub>) der Sekundärwicklung (L<sub>3</sub>) verbunden sind.
6. Hochspannungsgenerator nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Sekundärkreis eine Filterkapazität aufweist, die parallel zu den Anschlüssen eines Magnetrons angeschlossen ist.
7. Hochspannungsgenerator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Umschaltmittel Umschalter vom Typ IGBT oder MCT sind.
- Claims**
1. High-voltage generator intended to supply at least one use load of the unidirectional type such as, for example, a magnetron or an electronic tube, and comprising a voltage step-up transformer (T) having a primary stage (E<sub>1</sub>) connected to a primary circuit (CP), and a secondary stage (E<sub>2</sub>) having a winding (L<sub>3</sub>) connected to a secondary circuit (S<sub>0</sub>, S<sub>1</sub>) comprising the use load, said primary circuit (CP) connecting the primary stage (E<sub>1</sub>) of the transformer (T) to an electrical energy source (B<sub>0</sub>, B<sub>1</sub>) and comprising switching means (K) so as to supply the transformer with high-frequency current, the primary stage (E<sub>1</sub>) of the transformer (T) comprising first and second windings (L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>) mounted in a serial connection having an intermediate tapping (PI) and two end tappings, the primary circuit (CP) being connected on the one hand directly to the intermediate tapping, **characterised in that** the primary circuit is connected, on the other hand, to one of the end tappings via said switching means (K), and **in that** a capacitor (C) connects the two end tappings so as to produce, with the first and second windings, a resonant circuit.
2. High-voltage generator according to claim 1, **characterised in that** the two windings of the primary stage have a mutual coupling coefficient lying between 0.5 and 0.7 and have substantially equal inductance values.
3. High-voltage generator according to claim 1 or 2,
- characterised in that the two windings of the primary and secondary stages are produced on a single frame.
- 5 4. High-voltage generator according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the secondary circuit also comprises rectifying means.
- 10 5. High-voltage generator according to claim 4, **characterised in that** the use load (U) has two supply terminals (M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>) connected on the one hand to a first terminal (N<sub>1</sub>) of the secondary winding (L<sub>3</sub>) respectively by two rectifying diodes (D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>) oppositely biased with respect to each other, and on the other hand to a second terminal (N<sub>2</sub>) of the secondary winding (L<sub>3</sub>) respectively by two capacitors (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>).
- 15 6. High-voltage generator according to any one of claims 1 to 3, **characterised in that** the secondary circuit comprises a filtering capacitor connected in parallel to the terminals of a magnetron.
- 20 7. High-voltage generator according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the switching means are switches of the IGBT or MCT type.
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

FIG. 1

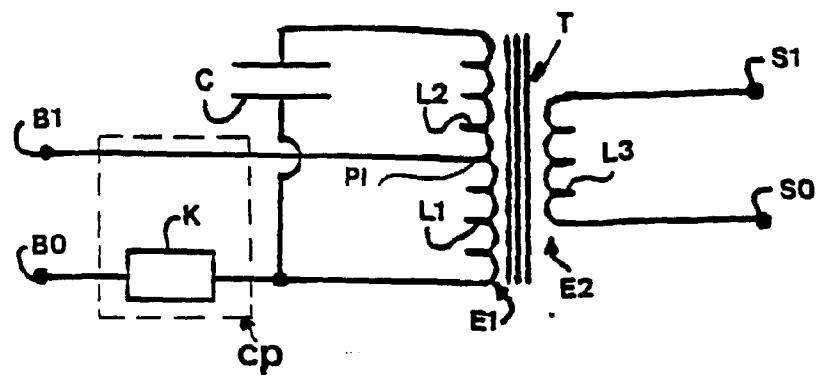


FIG. 2

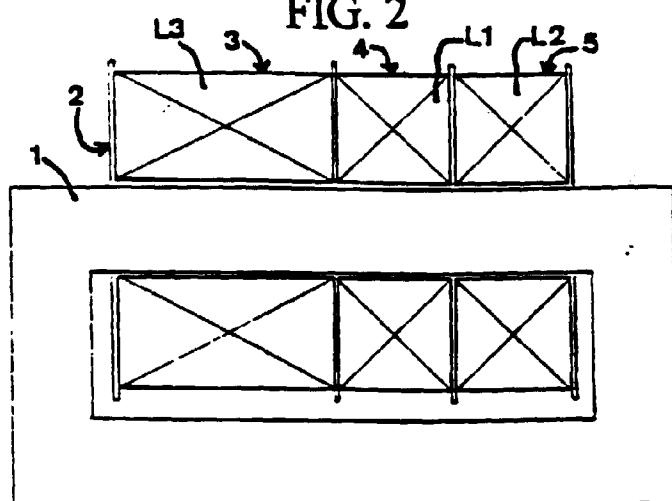


FIG. 3

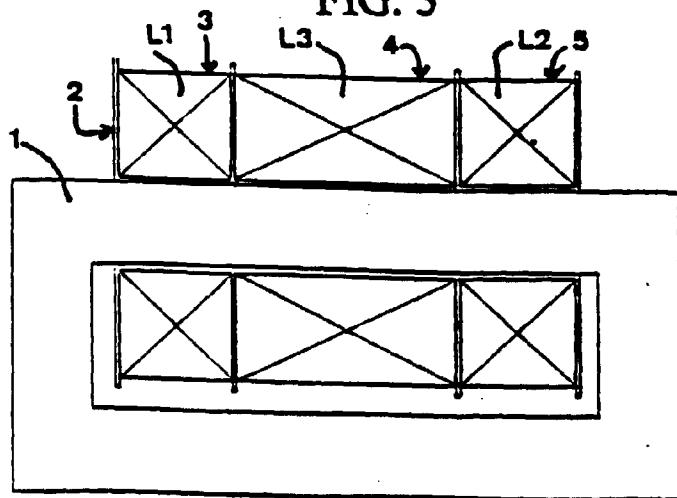


FIG. 4

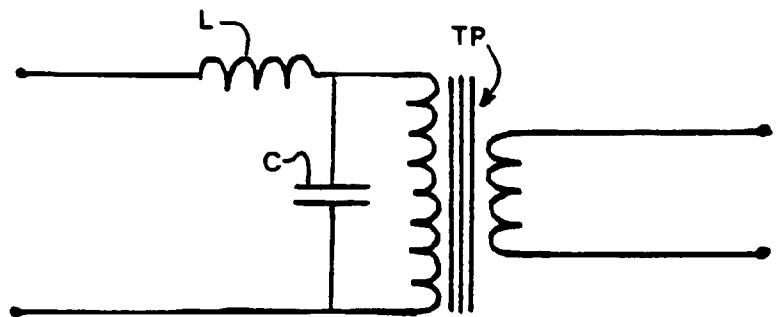


FIG. 5

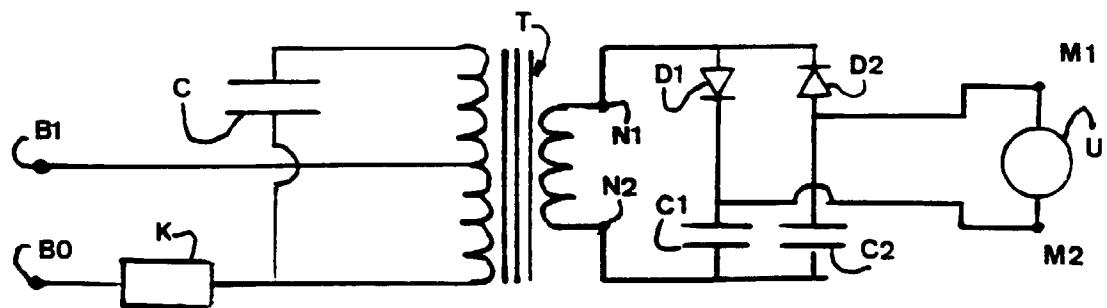


FIG. 6

