



(72) DEMICHELIS, JACQUES, FR

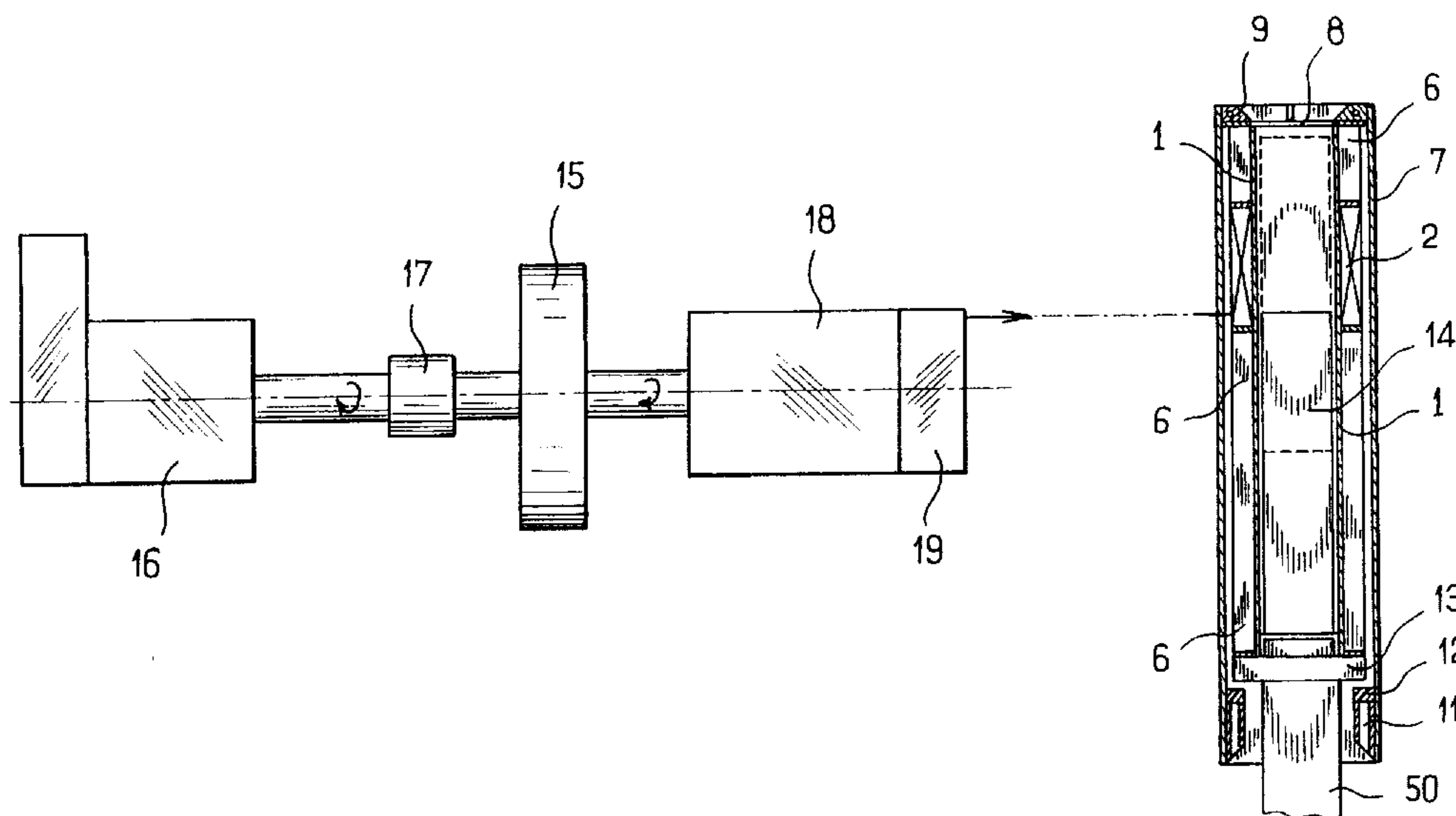
(71) ENTREPRISE DE TRAVAUX PUBLICS ET PRIVÉS GEORGES
DURMEYER, FR

(51) Int.Cl.⁷ E02D 7/06

(30) 1997/07/08 (97/08654) FR

(54) **MARTEAU ELECTROMAGNETIQUE A MASSE
FERROMAGNETIQUE MOBILE**

(54) **ELECTROMAGNETIC HAMMER WITH MOBILE
FERROMAGNETIC WEIGHT**



(57) Marteau électromagnétique à masse ferromagnétique mobile, comprenant un tube (1) destiné à reposer par l'intermédiaire d'une enclume sur un élément à enfoncer (50), portant un bobinage périphérique (2), une masse (14) reçue à coulissement dans le tube (1), et des moyens d'alimentation en énergie électrique reliés au bobinage (2) pour exciter celui-ci de façon à engendrer un champ électromagnétique de soulèvement de la masse, la masse venant frapper l'enclume sous l'action de son propre poids lorsque le bobinage n'est plus excité, le bobinage (2) étant réalisé par enroulement autour du tube (1), et le tube étant en matériau amagnétique et comprenant des moyens (3, 4, 5, 6) de reprise des efforts axiaux, et de transmission de ces efforts à l'enclume (13) lors de la remontée de la masse (14). Les moyens d'alimentation comprennent un volant d'inertie associé à un moteur rotatif et à un alternateur.

(57) The invention concerns an electromagnetic hammer with mobile ferromagnetic weight, comprising a tube (1) designed to rest via an anvil on an element to be driven in (50), bearing a peripheral winding (2), a weight (14) received sliding in the tube (1), and electric powering means connected to the winding (2) to excite the latter to generate an electromagnetic field for lifting the weight. The weight is urged to strike the anvil by the action of its own mass when the winding is no longer excited, the winding being made by wound package around the tube (1), and the tube being made of a non-magnetic material and comprising means (3, 4, 5, 6) for picking up axial load, and transmitting this load to the anvil (13) when the weight (14) goes up again. The powering means comprise a flywheel associated with a rotating motor and an alternator.



PCT

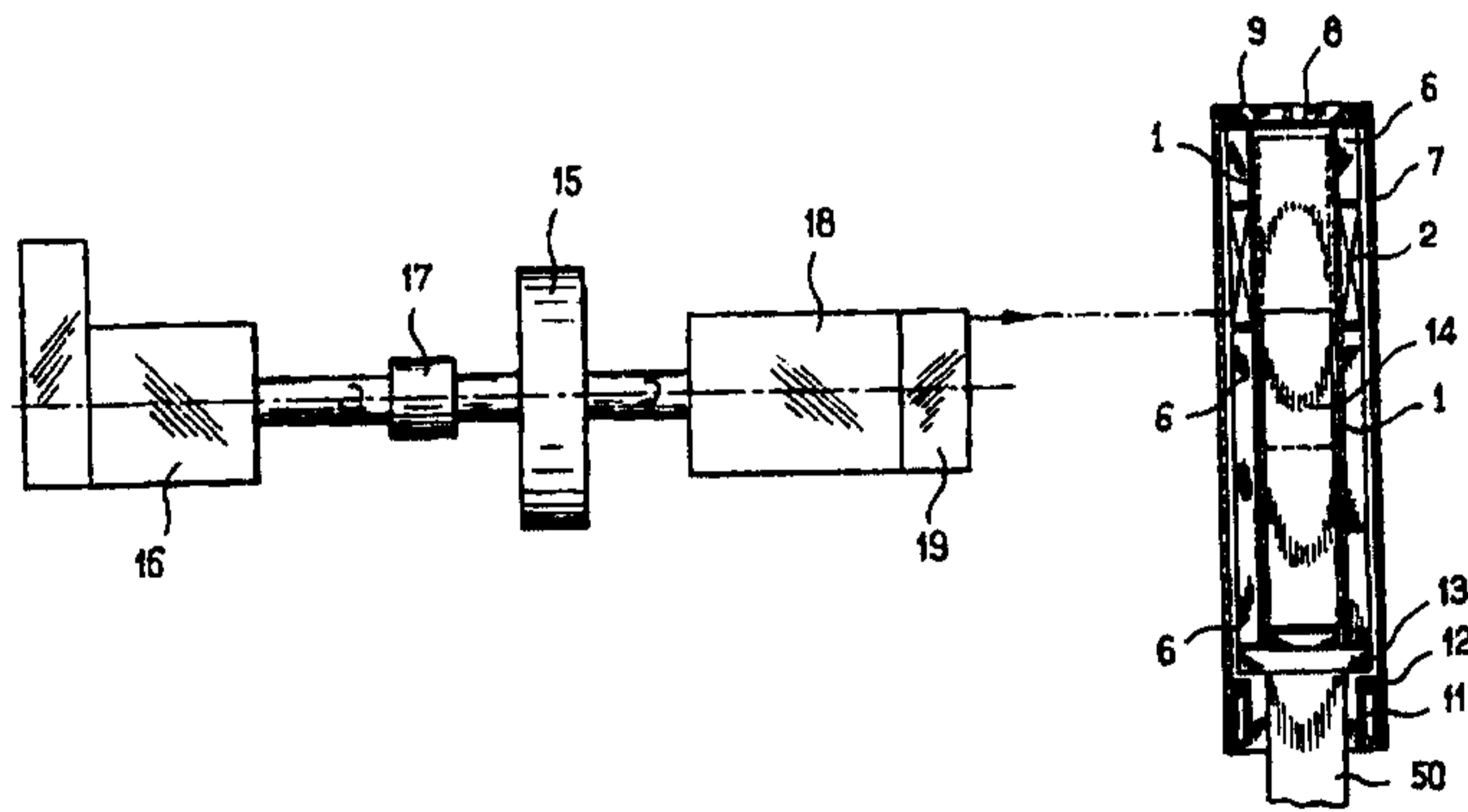
 ORGANISATION MONDIALE DE LA PROPRIETE INTELLECTUELLE
 Bureau international

DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIEE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁶ : E02D 7/06	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 99/02787 (43) Date de publication internationale: 21 janvier 1999 (21.01.99)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR98/01351 (22) Date de dépôt international: 25 juin 1998 (25.06.98) (30) Données relatives à la priorité: 97/08654 8 juillet 1997 (08.07.97) FR (71)(72) Déposant et inventeur: DEMICHELIS, Jacques [FR/FR]; 11, rue de la Taillée, F-44518 Bourgneuf-en-Retz (FR). (74) Mandataires: JAUNEZ, Xavier etc.; Cabinet Boettcher, 23, rue La Boétie, F-75008 Paris (FR).	(81) Etats désignés: AU, CA, JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i>	

(54) Title: ELECTROMAGNETIC HAMMER WITH MOBILE FERROMAGNETIC WEIGHT

(54) Titre: MARTEAU ELECTROMAGNETIQUE A MASSE FERROMAGNETIQUE MOBILE



(57) Abstract

The invention concerns an electromagnetic hammer with mobile ferromagnetic weight, comprising a tube (1) designed to rest via an anvil on an element to be driven in (50), bearing a peripheral winding (2), a weight (14) received sliding in the tube (1), and electric powering means connected to the winding (2) to excite the latter to generate an electromagnetic field for lifting the weight. The weight is urged to strike the anvil by the action of its own mass when the winding is no longer excited, the winding being made by wound package around the tube (1), and the tube being made of a non-magnetic material and comprising means (3, 4, 5, 6) for picking up axial load, and transmitting this load to the anvil (13) when the weight (14) goes up again. The powering means comprise a flywheel associated with a rotating motor and an alternator.

(57) Abrégé

Marteau électromagnétique à masse ferromagnétique mobile, comprenant un tube (1) destiné à reposer par l'intermédiaire d'une enclume sur un élément à enfoncer (50), portant un bobinage périphérique (2), une masse (14) reçue à coulissement dans le tube (1), et des moyens d'alimentation en énergie électrique reliés au bobinage (2) pour exciter celui-ci de façon à engendrer un champ électromagnétique de soulèvement de la masse, la masse venant frapper l'enclume sous l'action de son propre poids lorsque le bobinage n'est plus excité, le bobinage (2) étant réalisé par enroulement autour du tube (1), et le tube étant en matériau amagnétique et comprenant des moyens (3, 4, 5, 6) de reprise des efforts axiaux, et de transmission de ces efforts à l'enclume (13) lors de la remontée de la masse (14). Les moyens d'alimentation comprennent un volant d'inertie associé à un moteur rotatif et à un alternateur.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce			TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	ML	Mali	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MN	Mongolie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MR	Mauritanie	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MW	Malawi	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	MX	Mexique	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NE	Niger	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NL	Pays-Bas	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NO	Norvège	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	NZ	Nouvelle-Zélande		
CM	Cameroun			PL	Pologne		
CN	Chine	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CU	Cuba	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CZ	République tchèque	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
DE	Allemagne	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DK	Danemark	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
EE	Estonie	LR	Libéria	SG	Singapour		

1

Marteau électromagnétique à masse ferromagnétique mobile.

L'invention concerne un marteau électromagnétique à masse ferromagnétique mobile. De tels marteaux sont par exemple utilisés dans les chantiers de travaux publics pour l'enfoncement de pieux ou de palplanches par percussion, et
5 ceci dans des types de terrain très différents .

Les marteaux électromagnétiques à masse ferromagnétique de type connu, comme par exemple dans le document JP-A-56 153018, comprennent un tube portant un bobinage et, au voisinage d'une de ses extrémités, une enclume. Une
10 masse en matériau ferromagnétique est reçue à coulissement dans le tube.

Le bobinage est en général réalisé par enroulement d'un câble de cuivre sur un boîtier associé. Après enroulement, le boîtier avec son bobinage est fixé au tube.
15

En utilisation, le tube repose de façon sensiblement verticale ou inclinée sur l'élément à enfoncer par l'intermédiaire de l'enclume. Le bobinage est alors excité par des moyens d'alimentation en énergie électrique et engendre ainsi un champ électromagnétique soulevant la
20 masse. L'excitation du bobinage est ensuite interrompue et la masse, sous l'action de son propre poids, vient frapper l'enclume qui transmet le choc à l'élément à enfoncer.

Or, on s'est aperçu que lors du soulèvement de la masse, le bobinage, qui n'est pas supporté rigidement de
25 façon étroite, subit un effort de réaction provoquant son tassement. En cours d'utilisation, ces déformations successives du bobinage engendrent une baisse des performances du marteau électromagnétique et peuvent conduire à une détérioration du bobinage.

Un autre problème rencontré est que la masse étant très lourde et devant frapper l'enclume à plusieurs reprises pour enfoncer complètement l'élément concerné, les moyens d'alimentation en énergie électrique doivent fournir de façon répétitive et, pendant une très courte durée, une
35 puissance instantanée importante. Or, lorsque ces moyens

sont raccordés au réseau de distribution électrique, les appels de courant, importants, brusques et répétés entraînent des creux de tension qui, répétés à intervalles rapprochés, occasionnent un effet "flicker". L'utilisateur est alors obligé de souscrire un abonnement correspondant à la puissance maximale consommée alors que celle-ci peut atteindre plusieurs fois la valeur de la puissance moyenne consommée. Lorsque les moyens d'alimentation comprennent un générateur autonome, les appels de courant entraînent des variations du régime du moteur thermique du générateur. Il en résulte une usure importante du moteur et une production anormale de fumées d'échappement.

Les documents FR-A-2.015.204 et FR-A-2.581.100 illustrent des marteaux électromagnétiques du type précité, dont les moyens d'alimentation du bobinage en énergie électrique comprennent une batterie de condensateurs. Ces condensateurs accumulent de l'énergie sous forme électrostatique et la libèrent en un temps très court. Ces condensateurs présentent l'inconvénient d'être onéreux et d'avoir une durée de vie relativement faible en raison de l'importance du rythme de charge et de décharge. Le circuit électrique est en outre généralement compliqué.

Par ailleurs, pour certaines utilisations, il est nécessaire que le marteau électromagnétique délivre des coups de moindre énergie selon une fréquence élevée. Or, les condensateurs se comportant à la manière d'un court-circuit en début de charge, il faut leur adjoindre une self de limitation et une résistance pour limiter l'appel de courant sur le réseau. De plus, les condensateurs et le bobinage forment un circuit oscillant dont la pulsation électrique détermine la fréquence maximale des coups. Pour obtenir une fréquence plus élevée, il faudrait diminuer le nombre de condensateurs. Cette manipulation est irréalisable sur un chantier. En outre, la variation de la puissance des coups et de leur fréquence est obtenue en faisant

varier la tension de la charge des condensateurs. Cette variation peut parfois s'avérer délicate du fait de la complexité du circuit.

Un but de l'invention est de proposer un marteau électromagnétique dont la structure permet d'engendrer des chocs de forte puissance pour une gamme large de fréquences, et ayant des performances élevées.

En vue de la réalisation de ce but, on prévoit selon l'invention, un marteau électromagnétique à masse ferromagnétique mobile, comprenant un tube destiné à reposer par l'intermédiaire d'une enclume sur un élément à enfoncer, portant un bobinage périphérique, une masse reçue à coulissement dans le tube, et des moyens d'alimentation en énergie électrique reliés au bobinage pour exciter celui-ci de façon à engendrer un champ électromagnétique de soulèvement de la masse, la masse venant frapper l'enclume sous l'action de son propre poids lorsque le bobinage n'est plus excité, marteau dans lequel le bobinage est réalisé par enroulement autour du tube, le tube étant en matériau amagnétique et comprenant des moyens de reprise des efforts axiaux, et de transmission de ces efforts à l'enclume lors de la remontée de la masse.

Ainsi, le bobinage est rigidement et étroitement supporté par le tube, de sorte qu'il ne se déforme sensiblement pas sous l'effort de réaction au soulèvement de la masse. Les performances du marteau ne sont alors pas limitées et sont constantes. Le bobinage a en outre une grande longévité. Par ailleurs, l'effort de réaction au soulèvement est transmis à l'enclume et à l'élément à enfoncer par l'intermédiaire des moyens de reprise et de transmission des efforts axiaux, de sorte que cet effort de réaction est exploité pour enfoncer l'élément. L'enfoncement de l'élément est donc obtenu non seulement lors de la chute de la masse mais encore lors de son soulèvement. Le marteau électromagnétique a de la sorte une très grande

efficacité et un rendement élevé.

Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, les moyens de reprise des efforts axiaux et de transmission de ces efforts comprennent une première et une
5 deuxième couronnes de renforcement entre lesquelles le bobinage est enroulé autour du tube.

Ainsi, les couronnes de renforcement assurent une double fonction. Elles facilitent d'une part l'enroulement du bobinage autour du tube en formant deux joues d'encadre-
10 ment, et d'autre part elles assurent la reprise et la transmission au tube d'une partie de l'effort de réaction subi par le bobinage au soulèvement de la masse mobile.

Avantageusement dans cette réalisation, les moyens de reprise des efforts axiaux, et de transmission de
15 ces efforts, comprennent en outre deux couronnes d'extrémité s'étendant chacune à proximité d'une extrémité du tube, et des entretoises de renfort s'étendant parallèlement à l'axe longitudinal du tube entre chacune des couronnes de renforcement et la couronne d'extrémité
20 adjacente.

Les entretoises de renfort assurent la reprise et la transmission des efforts axiaux et renforcent ainsi encore le tube.

Selon une autre caractéristique particulière, le
25 tube est recouvert d'un capotage insonorisant s'étendant sur toute la longueur du tube, et de préférence au-delà de son extrémité inférieure de manière à recouvrir l'enclume et une partie supérieure de l'élément à enfoncer.

Avantageusement alors, le tube comporte à proxi-
30 mité de son extrémité inférieure des orifices d'échappement d'air et le capotage comporte à proximité de son extrémité supérieure des orifices d'échappement d'air de façon à amener l'air s'échappant du tube vers le bobinage lors de la descente de la masse, afin de refroidir ledit bobinage,
35 un espace libre existant entre le bobinage et le capotage.

Ainsi, l'air déplacé par les mouvements de la masse s'échappe par les orifices du tube et est canalisé par le capotage jusqu'aux orifices réalisés en extrémité supérieure. On force ainsi l'air en direction du bobinage de sorte qu'un échange thermique est réalisé entre l'air ainsi déplacé et le bobinage, provoquant un refroidissement efficace de ce dernier.

De préférence, le capotage comprend en son extrémité inférieure des éléments de guidage de l'élément à enfoncer.

L'enfoncement de l'élément est ainsi facilité, et le support du tube par l'élément à enfoncer est bien assuré.

De préférence alors, les éléments de guidage ont une extrémité supérieure pourvue de plots amortisseurs associés à l'enclume.

Ainsi, la frappe de l'enclume est amortie si l'élément à enfoncer a pénétré dans le sol trop facilement sous l'effet de la chute de la masse. Ceci peut par exemple se produire dans des sols meubles.

Avantageusement encore, le capotage a une extrémité supérieure présentant une ouverture centrale permettant l'insertion de la masse dans le tube et le retrait de celle-ci.

Le marteau électromagnétique selon l'invention peut ainsi être manipulé et déplacé élément par élément, ce qui facilite considérablement les opérations de maintenance.

Selon un mode de réalisation avantageux des moyens d'alimentation du marteau de l'invention, les moyens d'alimentation comprennent un alternateur ayant un rotor associé à un volant d'inertie et à un moteur rotatif pour transformer une partie de l'énergie accumulée sous forme mécanique par le volant d'inertie en énergie électrique, et un circuit d'alimentation reliant l'alternateur au bobina-

ge.

Ainsi, l'accumulation de l'énergie nécessaire est réalisée de manière très simple et fiable. Les appels de courant au niveau de l'alternateur affectent peu la rotation du volant d'inertie, de sorte que le régime de fonctionnement du moteur rotatif est peu perturbé. De plus, on peut accumuler une grande quantité d'énergie pour un coût réduit, et obtenir ainsi des coups de forte puissance.

Selon un mode de réalisation préféré, le circuit d'alimentation comprend alors un pont redresseur relié à un alternateur, un premier et un second conducteurs reliant respectivement les bornes positive et négative du pont redresseur au bobinage, un premier organe de commutation disposé sur l'un des conducteurs et actionnable entre un état conducteur dans lequel le premier bobinage est alimenté et un état bloqué dans lequel l'alimentation du bobinage est coupée, et une diode de roue libre dont la cathode est raccordée au premier conducteur et l'anode au second conducteur.

Ainsi, le circuit d'alimentation est de réalisation simple. La variation de la puissance des coups et de leur fréquence est obtenue simplement en faisant varier la durée d'alimentation du bobinage par l'actionnement du premier organe de commutation. La tension d'alimentation reste quant à elle constante. Par ailleurs la diode de roue libre permet, lorsque le premier organe de commutation est à l'état bloqué, l'écoulement dans le circuit de l'énergie accumulée dans la bobine pendant la période de conduction du premier organe de commutation. Cette énergie est alors utilisée pour terminer la remontée de la masse dans le tube.

Avantageusement dans cette réalisation, le circuit d'alimentation comprend également un moyen de limitation du courant induit dans le bobinage lors de la descente de la masse, ledit moyen de limitation comprenant

une diode et une résistance, reliées l'une à l'autre en série et raccordées aux premier et second conducteurs en parallèle avec le bobinage, entre la diode de roue libre et le bobinage. Ces moyens de limitation du courant permettent
5 la dissipation dans la résistance de l'énergie engendrée dans le bobinage par la descente de la masse. On évite ainsi un freinage défavorable de ladite masse.

De préférence alors, la diode est raccordée au second conducteur entre le bobinage et la diode de roue libre, et la cathode de ladite diode est connectée à une
10 borne de la résistance, l'autre borne de la résistance étant raccordée au premier conducteur, un second organe de commutation étant en outre prévu, actionnable entre un état conducteur et un état bloqué, ledit second organe de
15 commutation étant intercalé sur le second conducteur entre la diode de roue libre et ladite diode couplée à la résistance.

Selon une autre variante de réalisation possible, un bobinage additionnel est réalisé par enroulement autour
20 du tube à une position axiale située entre le bobinage et l'enclume, ledit bobinage additionnel étant raccordé au bobinage pour être alimenté par le courant induit dans ce dernier lors de la descente de la masse.

Ainsi, l'énergie engendrée dans le bobinage par
25 la descente de la masse est utilisée pour exciter le bobinage additionnel. De la sorte, d'une part le freinage de la masse par le bobinage est évité, et d'autre part le bobinage additionnel engendre un champ magnétique d'accélération de la descente de la masse. L'efficacité du marteau
30 électromagnétique en est alors encore améliorée.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront à la lecture de la description qui suit de modes de réalisation particuliers non limitatifs de l'invention.

35 Il sera fait référence aux dessins annexés, parmi

lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique des moyens d'alimentation du marteau électromagnétique selon l'invention,

5 - la figure 2 est une vue en coupe axiale d'un premier mode de réalisation du marteau électromagnétique, le marteau électromagnétique ne comprenant qu'un seul bobinage périphérique et étant représenté en position d'utilisation, c'est-à-dire à la frappe de l'enclume,

10 - la figure 3 est un schéma d'ensemble du marteau électromagnétique selon le mode de réalisation précité avec une première version du circuit d'alimentation, les organes de commutation utilisés étant des transistors bipolaires à grille isolée (Insulated Gate Bipolar Transistor ou en abrégé IGBT),

- la figure 4 est une représentation associée des impulsions de commande des transistors,

20 - la figure 5 est un schéma d'une deuxième version du circuit d'alimentation, les organes de commutation employés étant alors des thyristors,

- la figure 6 est une représentation associée des impulsions de commande des thyristors,

25 - la figure 7 est une vue simplifiée en coupe axiale d'un marteau électromagnétique selon un deuxième mode de réalisation, le marteau comprenant alors un second bobinage additionnel,

- la figure 8 est un schéma d'une première version du circuit d'alimentation du marteau électromagnétique selon ce deuxième mode de réalisation, et

30 - la figure 9 est un schéma d'une deuxième version dudit circuit d'alimentation.

En référence aux figures 1 et 2, le marteau électromagnétique selon le premier mode de réalisation comprend un tube 1, ici réalisé en acier inoxydable amagnétique, portant un bobinage périphérique 2. Le

35

bobinage est réalisé par l'enroulement directement autour du tube 1 d'une bande en aluminium afin de limiter la masse du marteau électromagnétique. Un enroulement de cuivre pourrait bien entendu être utilisé. Le bobinage est de
5 préférence noyé dans une résine isolante, ce qui favorise son maintien en bloc compact, et il est encadré latéralement par deux couronnes 3 formant des couronnes de renforcement soudées sur le tube 1. Une autre couronne 4 est soudée sur l'extrémité inférieure du tube 1 et une dernière
10 couronne 5 est soudée sur l'extrémité supérieure dudit tube. Les couronnes 4 et 5 constituent des couronnes d'extrémité. Des renforts latéraux 6 formant des entretoises de renfort s'étendent en outre axialement le long du tube entre la première couronne 3 et la couronne 4, et
15 entre la deuxième couronne 3 et la couronne 5. Les couronnes de renforcement, les couronnes d'extrémité et les renforts latéraux forment des moyens de reprise et de transmission des efforts axiaux.

La couronne supérieure 5 constitue en outre ici
20 une couronne d'appui d'un capotage insonorisant 7. Le capotage 7 peut être simplement en appui sur la couronne 5 ou encore être soudé ou boulonné sur celle-ci. Le capotage 7 est réalisé en acier ou en matière plastique rigide et possède une paroi interne avantageusement recouverte d'un
25 revêtement insonorisant. Ce capotage 7 recouvre le tube 1, ainsi que les couronnes précitées, les renforts latéraux et le bobinage 2, et il s'étend de préférence au-delà de l'extrémité inférieure du tube 1. Un espace libre subsiste entre le capotage 7 et le bobinage 2. L'intérêt de cet
30 espace libre sera expliqué plus loin. Il est intéressant de noter que le capotage 7 a une extrémité supérieure présentant une ouverture circulaire 8 de diamètre égal au diamètre intérieur du tube 1, et portant des éléments d'accrochage 9 s'étendant radialement autour de l'ouverture
35 8 et présentant un côté biseauté 10 attenant à l'ouverture

8.

La partie inférieure du capotage 7 porte des éléments de guidage 11 formés en l'espèce par des fers en H dont une aile est boulonnée ou soudée sur la face interne du capotage 7. Les éléments de guidage 11 comportent une extrémité supérieure portant un plot élastique 12 sur lequel, en l'absence d'élément à enfoncer, repose une enclume 13 disposée entre ces plots élastiques et l'extrémité inférieure du tube 1. Les plots élastiques 12 assurent l'amortissement de l'enclume 13 en cas de frappe à vide.

Une masse ferromagnétique 14 en acier, de forme cylindrique, est reçue à coulissement dans le tube 1, en constituant un noyau mobile pour le bobinage 2.

Le tube 1 comporte, à proximité de son extrémité inférieure des orifices d'échappement 25, et le capotage 7 comporte à proximité de son extrémité supérieure des orifices d'échappement 26. Une circulation d'air entre le capotage 7 et le tube 1 peut ainsi être réalisée, afin de procurer un refroidissement du bobinage.

Le marteau électromagnétique comprend par ailleurs des moyens d'alimentation en énergie électrique qui vont maintenant être décrits en relation avec les figures 1, 3 et 4.

En référence à la figure 1 et conformément à une autre caractéristique de l'invention, les moyens d'alimentation comprennent un volant d'inertie 15 monté sur l'arbre du rotor d'un alternateur 18. Le rotor de l'alternateur 18 est également accouplé à l'arbre d'un moteur rotatif 16 par l'intermédiaire d'un joint d'accouplement élastique 17 disposé entre le volant d'inertie 15 et le moteur rotatif 16. L'alternateur 18 comprend un système de régulation électronique 19 pour fournir du courant alternatif triphasé standard. Le volant d'inertie 15 doit être dimensionné de façon que l'énergie cinétique qui est accumulée soit environ dix fois supérieure à l'énergie électrique consom-

mée par le bobinage 2 lorsque ce dernier est alimenté par l'alternateur 18. Le moteur rotatif 16 peut être un moteur électrique connecté au réseau de distribution électrique, ou un moteur hydraulique, ou encore un moteur thermique fonctionnant à l'essence, au gas-oil ou autre.

L'alternateur 18 est relié au bobinage 2 par l'intermédiaire d'un circuit d'alimentation dont une première version est représentée à la figure 3.

En référence à celle-ci, le circuit d'alimentation comprend un pont redresseur 20 relié par l'intermédiaire d'un contacteur 41 et d'un transformateur 42 à l'alternateur 18 et composé de façon classique par six diodes notées D1 à D6. Ce pont redresseur 20 délivre ainsi un courant continu. La borne positive du pont redresseur est reliée à une borne du bobinage 2 par un conducteur 21.

La borne négative du pont redresseur 20 est connectée en série avec l'émetteur d'un transistor de puissance IGBT1 formant un premier organe de commutation. Le collecteur du transistor IGBT1 est connecté d'une part à l'anode d'une diode de roue libre D7 dont la cathode est reliée au conducteur 21, et d'autre part par un second conducteur 22 à l'émetteur d'un transistor de puissance IGBT2 formant un second organe de commutation. Le collecteur du transistor IGBT2 est connecté d'une part à l'autre borne du bobinage 2 et d'autre part à l'anode d'une diode D8 dont la cathode rejoint à travers la résistance Ra le conducteur 21. On peut voir que la diode D8 et la résistance Ra sont disposées en parallèle avec le bobinage 2. Bien entendu on pourrait intervertir la position de la diode D8 et celle de la résistance Ra. Par ailleurs, la résistance Ra peut être constituée d'éléments linéaires ou, avantageusement, par des éléments non linéaires dont la valeur ohmique décroît avec la tension qui leur est appliquée. Une autre solution avantageuse serait d'associer en série des éléments linéaires et non linéaires.

Les transistors IGBT1 et IGBT2 sont commandés entre un état conducteur et un état bloqué par un circuit de commande électronique 40 comprenant ici des générateurs d'impulsions GI1 et GI2 respectivement. Ces générateurs
5 fournissent des impulsions de tension en créneaux telles que représentées à la figure 4.

La commande électronique 40 est en outre reliée au contacteur 41 par l'intermédiaire d'interrupteurs de sécurité 43 et d'un détecteur des défauts à la terre 44. La
10 commande électronique 40 est alimentée par l'alternateur 18 par l'intermédiaire d'un transformateur de séparation 45. La commande électronique 40 est en outre reliée à un dispositif d'affichage et de commande 46 par lequel l'utilisateur est informé de l'état des organes de sécurité
15 et peut commander le fonctionnement du marteau.

On remarquera que l'utilisation du transformateur 42 est avantageuse, car celui-ci permet une augmentation de la tension et donc une diminution du courant dans le circuit d'alimentation. La section des conducteurs peut
20 ainsi être diminuée et des éléments de commutation de faibles dimensions peuvent être employés.

En référence aux figures 1, 2, 3 et 4, en fonctionnement, le tube 1 est amené par une grue dont les crochets coopèrent avec les éléments d'accrochage 9 du capotage 7, à l'aplomb de l'élément à enfoncer 50, de façon
25 que l'enclume 13 repose sur cet élément à enfoncer. Bien que le tube soit ici représenté en position verticale, il peut également être utilisé en position inclinée.

A l'aide de la grue, la masse 14 est ensuite
30 insérée par l'ouverture 8 du capotage 7 (cette insertion étant facilitée par le guidage procuré par les côtés biseautés 10 des éléments d'accrochage 9).

L'élément à enfoncer 50 est ici un pieu guidé dans le capotage 7 par les éléments de guidage 11. Si le
35 pieu 50 a un diamètre inférieur à celui de l'ouverture

définie par les éléments de guidage 11, on peut avantageusement prévoir une douille tubulaire d'adaptation amovible, bridée au niveau de l'extrémité inférieure du capotage 7. En variante, si l'élément à enfoncer est une palplanche, on
5 peut prévoir que la partie inférieure du capotage comporte des éléments symétriques et amovibles pour ménager une ouverture de passage des palplanches.

Les moyens d'alimentation en énergie électrique sont raccordés au bobinage 2 de façon classique à l'aide
10 d'un câble gainé. Le branchement de celui-ci sur le bobinage est effectué de manière étanche par des moyens non représentés ici.

Le moteur rotatif 16 est mis en fonctionnement au régime désiré. Il entraîne ainsi le volant d'inertie 15 et
15 le rotor de l'alternateur 18. L'alternateur 18 est alors en mesure de délivrer un courant alternatif triphasé.

Si les organes de sécurité 43 et 44 le permettent, l'opérateur commande la mise en fonctionnement du marteau par le dispositif d'affichage et de commande 46.

20 Pour soulever la masse 14 (temps t_0), les générateurs d'impulsions GI1 et GI2 commandent le passage à l'état conducteur des transistors IGBT1 et IGBT2. Le bobinage 2 est alors excité par le passage du courant continu provenant de l'alternateur 18 via le pont redresseur 20.
25

Cet appel de courant provoque une diminution de la vitesse des organes tournants. Toutefois cette diminution est faible en raison de la quantité d'énergie cinétique élevée emmagasinée par le volant d'inertie 15 par
30 rapport à la quantité d'énergie fournie par l'alternateur 18. Le moteur rotatif 16 n'a alors aucun mal à retrouver rapidement sa vitesse de rotation initiale.

L'excitation du bobinage 2 provoque un champ magnétique engendrant une force de Lorentz capable de
35 soulever la masse 14. En outre, lors de cette excitation,

14

un effort de réaction au soulèvement s'exerce sur le bobinage 2 tendant à l'amener vers la masse de sorte que le tube 1, par l'intermédiaire des couronnes 3 et 4 et des renforts latéraux 6, est fortement mis en appui sur l'enclume 13 reposant sur l'élément à enfoncer. L'effort de réaction au soulèvement, de l'ordre de quatre à cinq fois le poids de la masse est ainsi transmis directement à l'élément à enfoncer 50 sans que le bobinage 2 ou le tube 1 ne soit détérioré. L'effort de réaction est ainsi utilisé pour enfoncer l'élément 50. On obtient de la sorte un phénomène similaire à l'"effet diésel" utilisé par les marteaux diésel.

On remarquera que, contrairement aux marteaux diésel, le marteau électromagnétique selon l'invention peut être utilisé avec la même efficacité pour l'enfoncement d'éléments dans des sols meubles, le phénomène précité se produisant indépendamment de la nature du sol.

Lorsque la masse 14 est remontée d'une hauteur prédéterminée, le transistor IGBT1 est amené dans son état bloqué par le générateur d'impulsions GI1 (temps t_1). L'énergie accumulée dans le bobinage 2 pendant la période de conduction du transistor IGBT1 crée un courant qui circule au travers du transistor IGBT2 et de la diode de roue libre D7 et se referme sur le bobinage 2. Le bobinage 2 étant toujours excité par ce courant, la force de soulèvement continue de lever la masse 14. Lorsque la hauteur de soulèvement totale désirée est atteinte, le transistor IGBT2 est amené dans son état bloqué par le générateur d'impulsions GI2 (temps t_2). Le bobinage 2 n'est alors plus excité et la masse 14 entame sa descente libre sous l'action de son propre poids.

La descente de la masse 14 dans le bobinage 2 engendre dans ce dernier un courant induit créant un champ magnétique freinant la masse 14. Ce courant induit traverse la diode D8 et la résistance Ra qui constituent un moyen de

limitation du courant induit qui dissipe l'énergie engendrée dans le bobinage par la descente de la masse 14. Le freinage de celle-ci est ainsi limité. La masse 14 vient alors frapper avec une force maximale l'enclume 13 qui
5 transmet le choc au pieu 50 à enfoncer.

On comprend que les mouvements de la masse 14 dans le tube 1 provoquent des déplacements d'air. L'air ainsi déplacé traverse les orifices 25 réalisés dans le tube 1 et les orifices 26 réalisés dans le capotage 7 après
10 avoir été canalisé et dirigé par celui-ci vers le bobinage 2. Le bobinage est ainsi refroidi, notamment chaque fois que la masse 14 descend dans le tube.

Par ailleurs, pour faire varier la puissance des coups et leur fréquence, il suffit de modifier la hauteur
15 de soulèvement de la masse 14. Pour ce faire, il faut agir, de façon connue, sur les générateurs d'impulsions GI1 et GI2 pour modifier la durée pendant laquelle les transistors IGBT1 et IGBT2 sont simultanément respectivement dans leur état conducteur et dans leur état bloqué.

20 Une deuxième version du circuit d'alimentation va maintenant être décrite en relation avec les figures 5 et 6.

Les éléments identiques ou analogues à ceux précédemment décrits porteront les mêmes références
25 numériques dans la suite de la description.

Comme la première version, la deuxième version du circuit d'alimentation comprend un pont redresseur 20 relié au bobinage 2, une diode de roue libre D7, une diode D8 et une résistance Ra.

30 Le pont redresseur 20 est dans cette version un pont mixte comprenant des diodes D1, D2, D3 et des thyristors Th1, Th2, Th3. Les gâchettes des thyristors Th1, Th2 et Th3 sont réunies en parallèle et reliées à un générateur d'impulsions GI1. Les thyristors Th1, Th2, Th3 constituent
35 un premier organe de commutation, et ils sont commandés par

le générateur d'impulsions GI1 entre un état conducteur dans lequel le bobinage 2 est alimenté et un état bloqué dans lequel l'alimentation est coupée.

La borne négative du pont redresseur 20 est
5 reliée à la cathode d'un thyristor Th4 dont l'anode est raccordée à la borne du bobinage 2 qui est connectée à l'anode de la diode D8. La gâchette du thyristor Th4 est reliée à un générateur d'impulsions GI2 et forme un deuxième organe de commutation commandable entre un état
10 conducteur et un état bloqué.

Le circuit d'alimentation comprend en outre un circuit d'extinction classique du thyristor Th4. Ce circuit d'extinction est constitué d'une diode D9, d'une résistance RC, d'une résistance RL et d'un thyristor Th5 reliés en
15 série, l'anode de la diode D9 étant raccordée au conducteur 21 et la cathode du thyristor Th5 étant raccordée à la cathode du thyristor Th4. La gâchette du thyristor Th5 est reliée à un générateur d'impulsions GI3. Un condensateur Cex est en outre relié à l'anode du thyristor Th4 et à la
20 borne de la résistance RC connectée avec la résistance RL.

Les générateurs d'impulsions GI1, GI2, GI3 commandent les thyristors à la gâchette desquels ils sont reliés par des impulsions de tension en créneaux telles que celles représentées à la figure 6.

25 En fonctionnement, au temps t_0 , les thyristors Th1, Th2, Th3 et Th4 sont amenés dans leur état conducteur par les générateurs d'impulsions GI1 et GI2. Le bobinage 2 est alors excité, et le condensateur Cex est chargé à travers la diode D9 et la résistance RC.

30 Au temps t_1 , les thyristors Th1, Th2, Th3 sont amenés dans leur état bloqué de sorte que le courant créé dans le bobinage 2 est dirigé sur la diode de roue libre D7 puis sur le bobinage. Le condensateur Cex reste chargé du fait de la diode D9.

35 Au temps t_2 , le thyristor Th5 est amené dans son

état conducteur par le générateur d'impulsions GI3 de sorte que le condensateur Cex se décharge au travers de la résistance RL et du thyristor Th5. L'anode du thyristor Th4 a alors un potentiel négatif par rapport à la cathode de sorte que le thyristor Th4 se bloque. Le courant induit dans le bobinage est alors amené vers la résistance Ra.

Un deuxième mode de réalisation du marteau électromagnétique va maintenant être décrit en référence à la figure 7.

10 Le marteau électromagnétique comporte comme précédemment un tube 1 sur lequel sont soudées des couronnes 3, 4, 5 et des renforts latéraux 6, et un bobinage périphérique 2 est réalisé autour du tube 1. Le tube 1 est comme précédemment recouvert d'un capotage isolant 7
15 présentant en sa partie supérieure une ouverture 8 et des éléments d'accrochage 9 et portant intérieurement en sa partie inférieure des éléments de guidage 11 et des plots élastiques 12. Une enclume 13 est reçue entre l'extrémité inférieure du tube 1 et les plots élastiques 12. Une masse
20 14 est reçue à coulissement dans le tube 1.

Un bobinage additionnel périphérique 30 est enroulé directement autour du tube 1 entre le bobinage 2 et l'extrémité inférieure du tube 1, de manière analogue au bobinage 2.

25 Le bobinage additionnel 30 est encadré de façon analogue au bobinage 2 par deux couronnes de renforcement notées 32. Comme précédemment, des couronnes d'extrémité 4, 5 sont disposées à proximité des extrémités du tube 1. Des renforts latéraux 6 s'étendent parallèlement à l'axe
30 longitudinal du tube 1 entre les couronnes de renforcement 3, 32 et les couronnes d'extrémité 4, 5 adjacentes, et entre les deux couronnes de renforcement 3 et 32 adjacentes l'une à l'autre.

Les moyens d'alimentation du marteau électromagnétique selon ce deuxième mode de réalisation comprennent
35

comme précédemment un moteur rotatif, un volant d'inertie et un alternateur relié au bobinage 2 par un circuit d'alimentation.

Une première version du circuit d'alimentation associé est représentée à la figure 8.

Le circuit d'alimentation comprend, de façon analogue au circuit d'alimentation de la figure 3 précédemment décrit, un pont redresseur 20 réalisé à partir de diodes D1 à D6 et relié au bobinage 2, un premier transistor de puissance IGBT1, une diode de roue libre D7, et un second transistor de puissance IGBT2. Les transistors IGBT1 et IGBT2 sont commandés respectivement par les générateurs d'impulsions GI1 et GI2 de la même façon que pour le circuit de la figure 3.

La borne du bobinage 2 raccordée au transistor IGBT2 est également connectée à une borne du bobinage additionnel 30 au travers d'une diode D8. L'autre borne du bobinage additionnel 30 est reliée au conducteur 21 entre la diode de roue libre D7 et le bobinage 2.

Au temps t_2 , lorsque le transistor IGBT2 est amené dans son état bloqué, le courant induit dans le bobinage 2 par la descente de la masse 14 traverse le bobinage additionnel 30 et en provoque l'excitation. Celle-ci engendre un champ magnétique donnant naissance à une force de Lorentz qui entraîne la masse 14 vers le bas. On limite ainsi le courant induit dans le bobinage 2 tout en accélérant la masse 14.

Une variante de ce circuit d'alimentation est représentée à la figure 9.

Le circuit d'alimentation modifié comprend, de façon similaire au circuit d'alimentation de la figure 5 précédemment décrit, un pont redresseur 20 réalisé à partir de diodes D1, D2, D3 et de thyristors Th1, Th2, Th3 formant un premier organe de commutation relié au bobinage 2, une diode de roue libre D7, une diode D9, une résistance RC,

une résistance RL, un thyristor Th5, un condensateur Cex et un thyristor Th4. Les thyristors Th1, Th2, Th3, Th4, Th5 sont commandés par des générateurs d'impulsions GI1, GI2, GI3 de façon identique au circuit de la figure 5.

5 La borne du bobinage 2 raccordée au thyristor Th4 est également connectée à une borne du bobinage additionnel 30 au travers d'une diode D8. L'autre borne du bobinage additionnel 30 est raccordée au conducteur 21.

Le fonctionnement est identique à celui précédem-
10 ment décrit de la première version du circuit d'alimenta-
tion de la figure 8.

Bien entendu l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation décrit et on pourra y apporter des variantes de réalisation sans sortir du cadre de l'inven-
15 tion tel que défini par les revendications.

En particulier, bien que le circuit d'alimenta-
tion ait été représenté utilisant des transistors de puissance IGBT ou des thyristors, tout autre organe de commutation adéquat pourrait être utilisé.

20 Bien que l'utilisation du thyristor Th4 ait été représentée en relation avec un circuit d'extinction, le thyristor Th4 pourrait être un thyristor à extinction, ceci rendant alors le circuit d'extinction superflu.

Enfin, bien que les marteaux électromagnétiques
25 n'aient été représentés qu'avec une enclume inférieure, ils pourraient être équipés d'une enclume supérieure pour permettre l'extraction d'éléments enfoncés dans le sol.

REVENDEICATIONS

1. Marteau électromagnétique à masse ferromagnétique mobile, comprenant un tube (1) destiné à reposer par l'intermédiaire d'une enclume sur un élément à enfoncer (50), portant un bobinage périphérique (2), une masse (14) reçue à coulissement dans le tube (1), et des moyens d'alimentation en énergie électrique reliés au bobinage (2) pour exciter celui-ci de façon à engendrer un champ électromagnétique de soulèvement de la masse, la masse venant frapper l'enclume sous l'action de son propre poids lorsque le bobinage n'est plus excité, caractérisé en ce que le bobinage (2) est réalisé par enroulement autour du tube (1), le tube étant en matériau amagnétique et comprenant des moyens (3, 4, 5, 6) de reprise des efforts axiaux, et de transmission de ces efforts à l'enclume (13) lors de la remontée de la masse (14).

2. Marteau électromagnétique selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de reprise des efforts axiaux, et de transmission de ces efforts, comprennent une première et une deuxième couronnes de renforcement (3) entre lesquelles le bobinage (2) est enroulé autour du tube (1).

3. Marteau électromagnétique selon la revendication 2, caractérisé en ce que les moyens de reprise des efforts axiaux, et de transmission de ces efforts, comprennent en outre deux couronnes d'extrémité (4, 5) s'étendant chacune à proximité d'une extrémité du tube (1), et des entretoises de renfort (6) s'étendant parallèlement à l'axe longitudinal du tube entre chacune des couronnes de renforcement (3) et la couronne d'extrémité (4 ou 5) adjacente.

4. Marteau électromagnétique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le tube (1) est recouvert d'un capotage insonorisant (7) s'étendant sur toute la longueur dudit tube, et de préférence au-delà

de son extrémité inférieure de manière à recouvrir l'enclume (13) et une partie supérieure de l'élément à enfoncer (50).

5 5. Marteau électromagnétique selon la revendication 4, caractérisé en ce que le tube (1) comporte à proximité de son extrémité inférieure des orifices d'échappement d'air (25) et en ce que le capotage (7) comporte à proximité de son extrémité supérieure des orifices d'échappement d'air (26) de façon à amener l'air s'échappant du
10 tube (1) vers le bobinage (2) lors de la descente de la masse (14), afin de refroidir ledit bobinage, un espace libre existant entre le bobinage (2) et le capotage (7).

 6. Marteau électromagnétique selon la revendication 4 ou la revendication 5, caractérisé en ce que le
15 capotage (7) comprend en son extrémité inférieure des éléments de guidage (11) de l'élément à enfoncer (50).

 7. Marteau électromagnétique selon la revendication 6, caractérisé en ce que les éléments de guidage (11) ont une extrémité supérieure pourvue de plots amortisseurs
20 (12) associés à l'enclume.

 8. Marteau électromagnétique selon une des revendications 4 à 7, caractérisé en ce que le capotage (7) a une extrémité supérieure présentant une ouverture centrale (8) permettant l'insertion de la masse (14) dans
25 le tube (1) ou le retrait de celle-ci.

 9. Marteau électromagnétique selon une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens d'alimentation comprennent un alternateur (18) ayant un rotor accouplé à un volant d'inertie (15) et à un moteur
30 rotatif (16) pour transformer une partie de l'énergie accumulée sous forme mécanique par le volant d'inertie (15) en énergie électrique, et un circuit d'alimentation reliant l'alternateur (18) au bobinage (2).

 10. Marteau électromagnétique selon la revendication 9, caractérisé en ce que le circuit d'alimentation
35

comprend un pont redresseur (20) relié à l'alternateur (18), un premier et un second conducteurs (21, 22) reliant respectivement les bornes positive et négative du pont redresseur (20) au bobinage (2), un premier organe de
5 commutation (IGBT1 ; Th1, Th2, Th3) disposé sur l'un desdits conducteurs et actionnable entre un état conducteur dans lequel le bobinage (2) est alimenté et un état bloqué dans lequel l'alimentation du bobinage (2) est coupée, et une diode de roue libre (D7) dont la cathode est raccordée
10 au premier conducteur (2) et l'anode au second conducteur (21).

11. Marteau électromagnétique selon la revendication 10, caractérisé en ce que le circuit d'alimentation comprend également un moyen de limitation du courant induit
15 dans le bobinage (2) lors de la descente de la masse (14), ledit moyen de limitation comprenant une diode (D8) et une résistance (Ra), reliées l'une à l'autre en série, et raccordées aux premier et second conducteurs (21, 22) en parallèle avec le bobinage (2), entre la diode de roue
20 libre (D7) et le bobinage (2).

12. Marteau électromagnétique selon la revendication 11, caractérisé en ce que ladite diode (D8) est raccordée au second conducteur (22) entre le bobinage (2) et la diode de roue libre (D7), et la cathode de ladite
25 diode (D8) est connectée à une borne de la résistance (Ra), l'autre borne de la résistance étant raccordée au premier conducteur (21), un second organe de commutation (IGBT2, Th4) étant en outre prévu, actionnable entre un état conducteur et un état bloqué, ledit second organe de
30 commutation étant intercalé sur le second conducteur (22) entre la diode de roue libre (D7) et ladite diode (D8) couplée à la résistance (Ra).

13. Marteau électromagnétique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'un
35 bobinage additionnel (30) est réalisé par enroulement

autour du tube (1) à une position axiale située entre le bobinage (2) et l'enclume (13), ledit bobinage additionnel étant raccordé au bobinage (2) pour être alimenté par le courant induit dans ce dernier lors de la descente de la
5 masse (14).

14. Marteau électromagnétique selon la revendication 13, caractérisé en ce que les moyens de reprise des efforts axiaux, et de transmission de ceux-ci lors de la remontée de la masse (14), comprennent une troisième et une
10 quatrième couronnes de renforcement (32) entre lesquelles est enroulé le bobinage additionnel (30), deux couronnes d'extrémité (4, 5) étant disposées chacune à proximité d'une extrémité du tube (1) et des entretoises de renfort
(6) s'étendant parallèlement à l'axe longitudinal du tube
15 (1) entre la première couronne de renforcement (3) et la couronne d'extrémité adjacente (5), entre la deuxième et la troisième couronnes de renforcement (3, 32) et entre la quatrième couronne de renforcement (32) et la couronne d'extrémité adjacente (4).

1 / 5

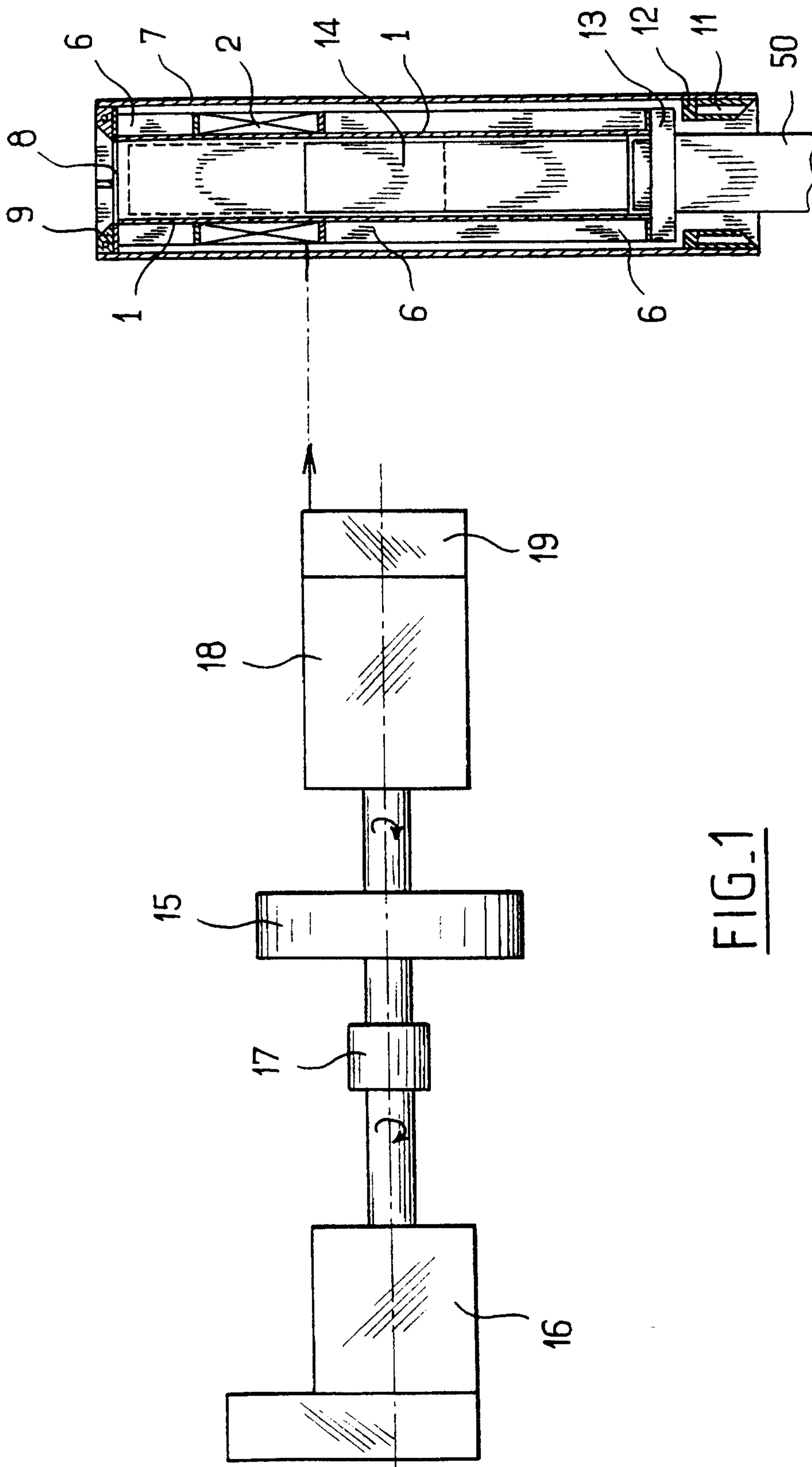


FIG. 1

2 / 5

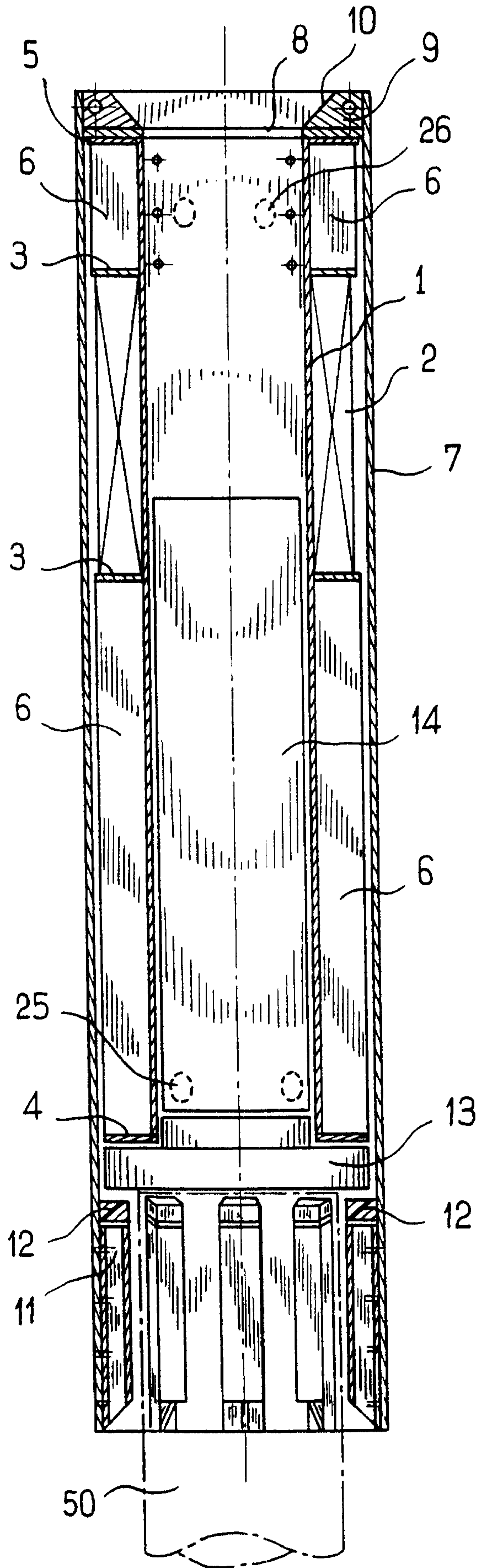


FIG. 2

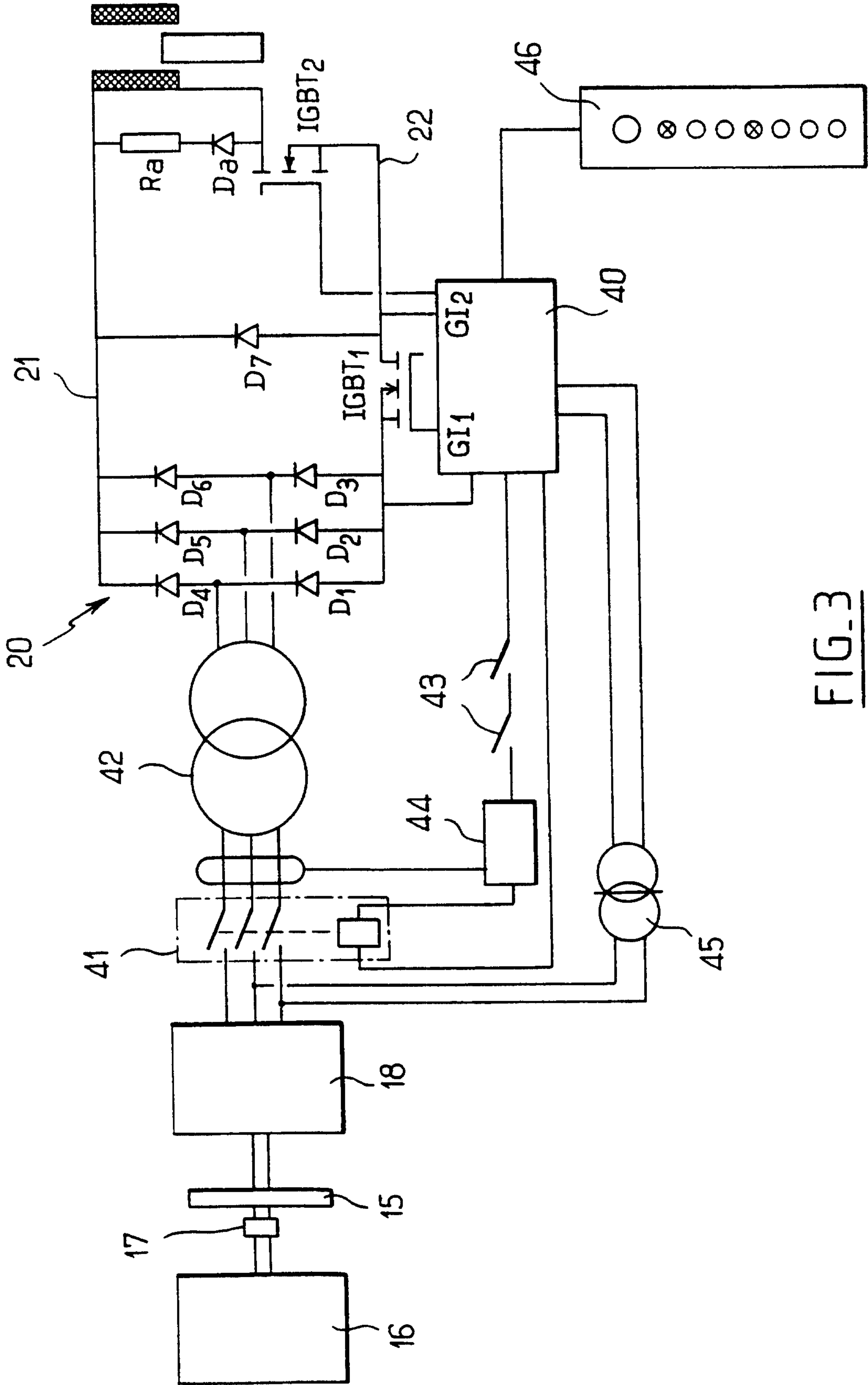


FIG. 3

FIG. 4

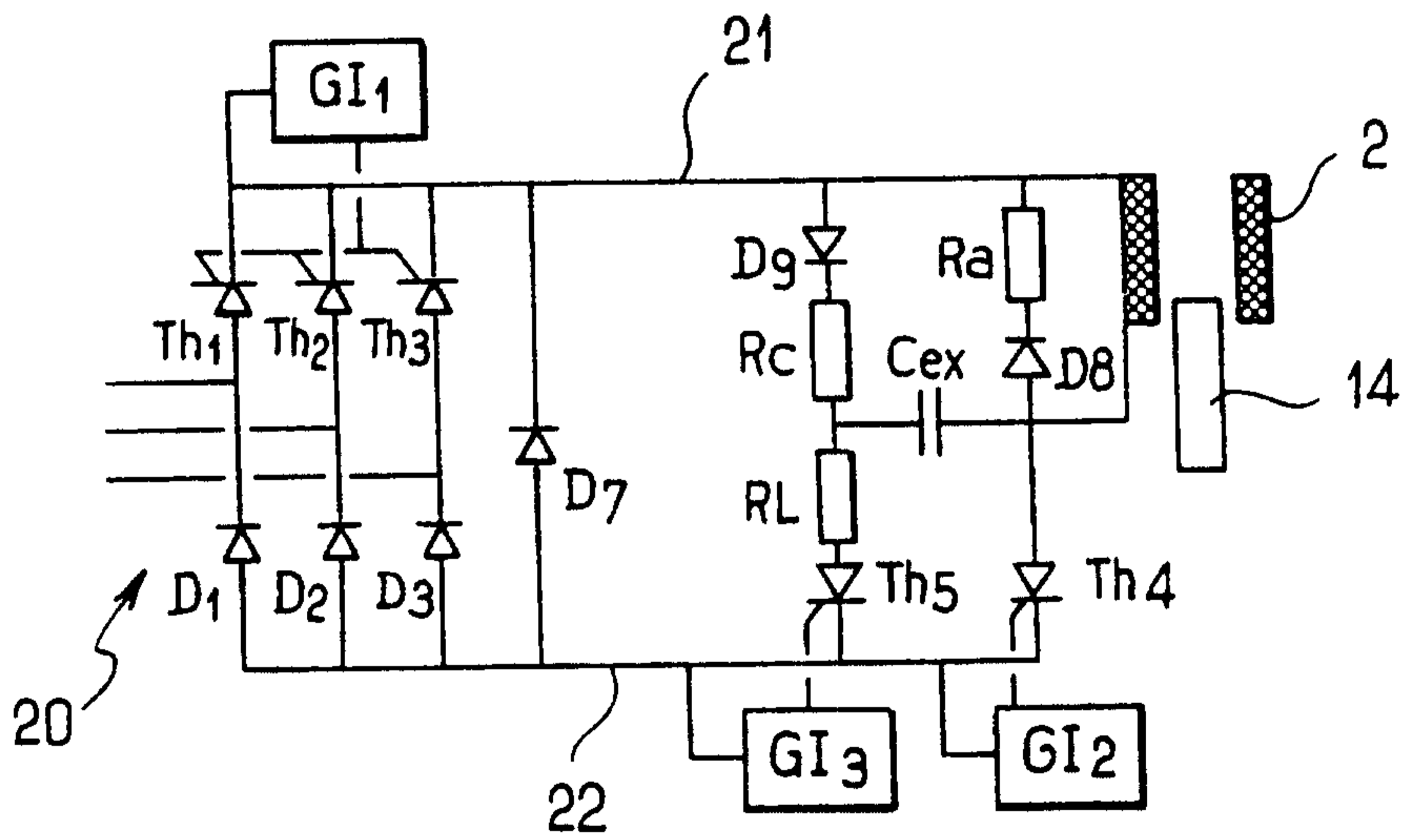
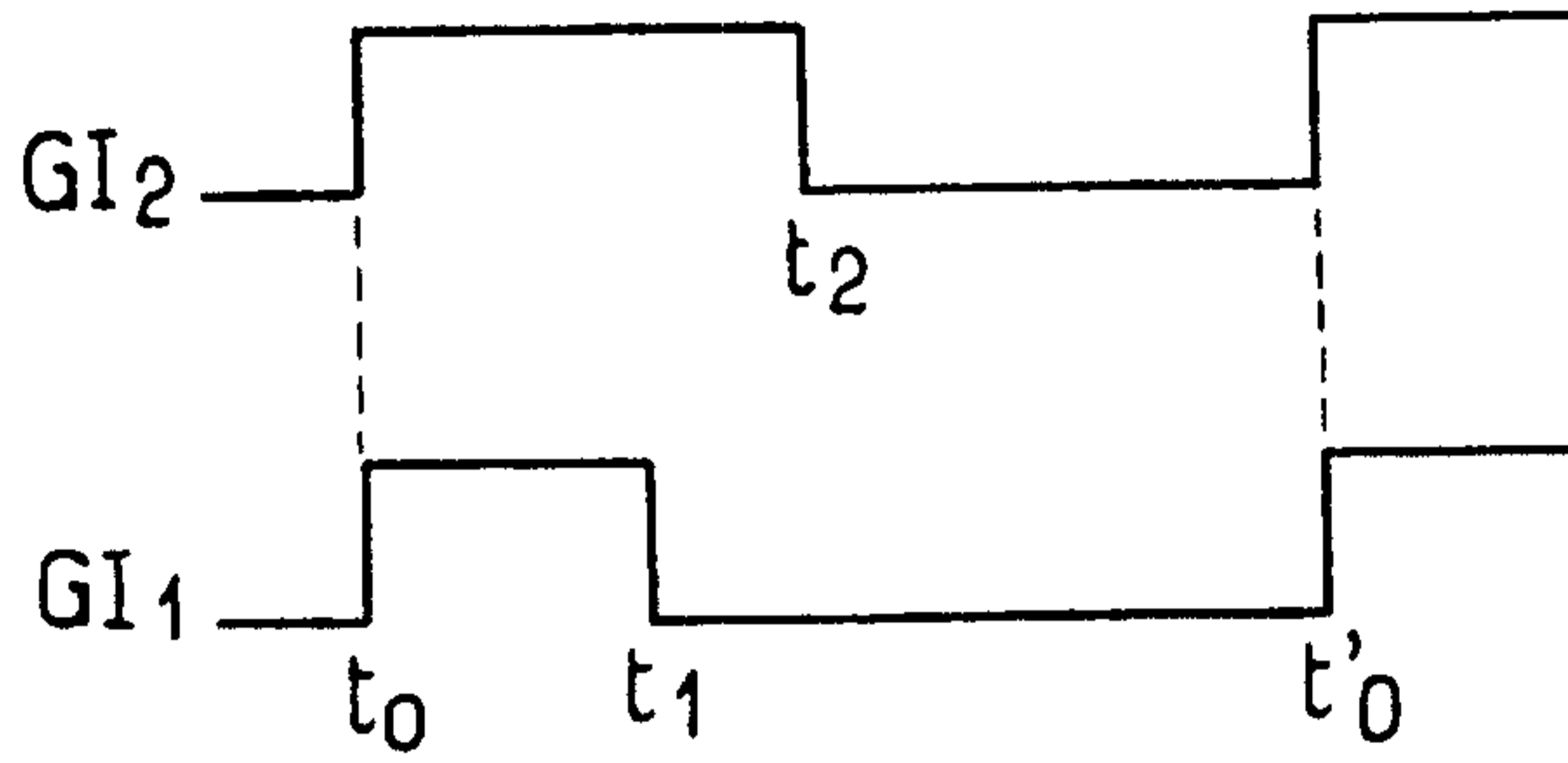
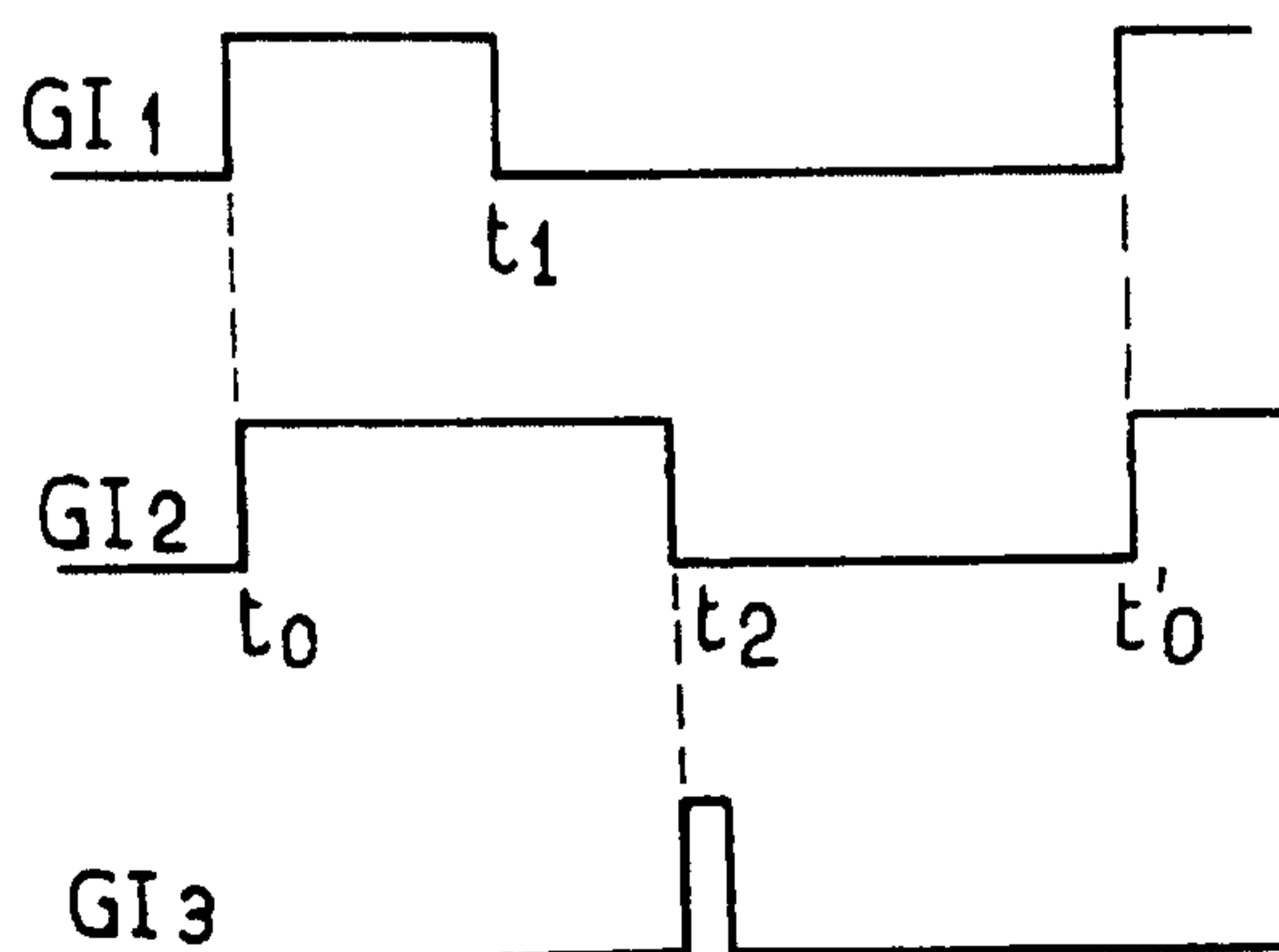


FIG. 5

FIG. 6



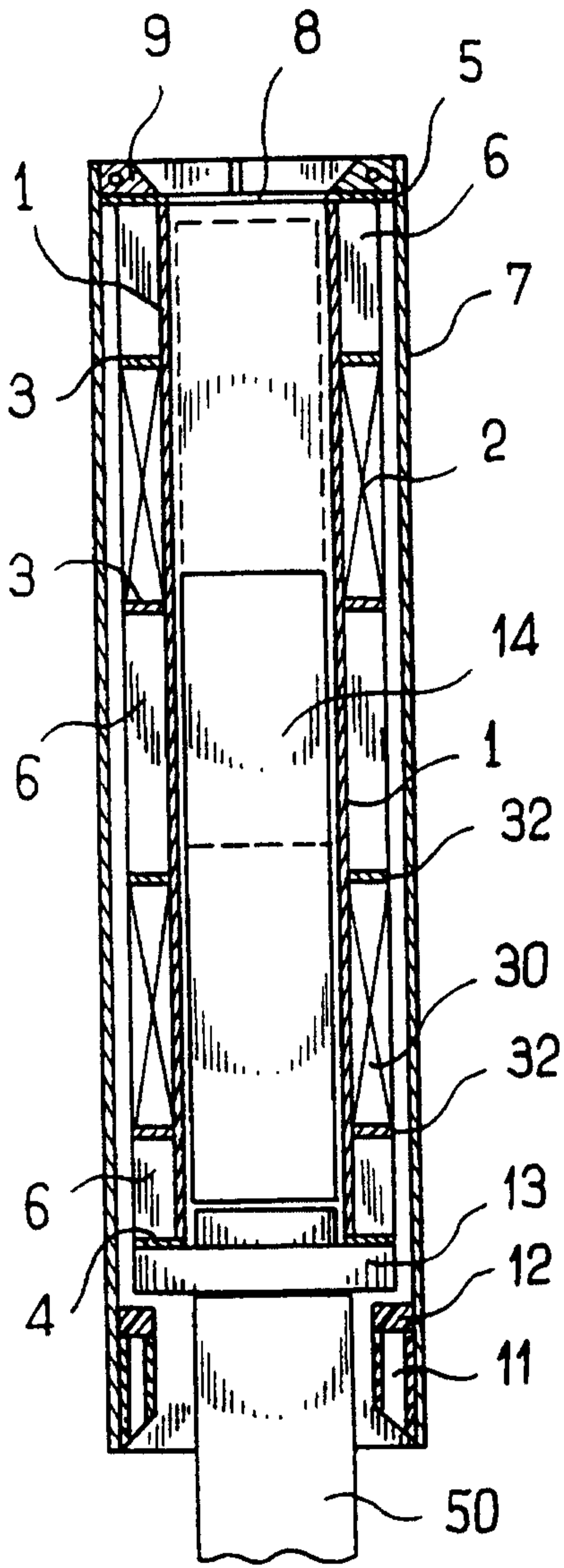


FIG. 7

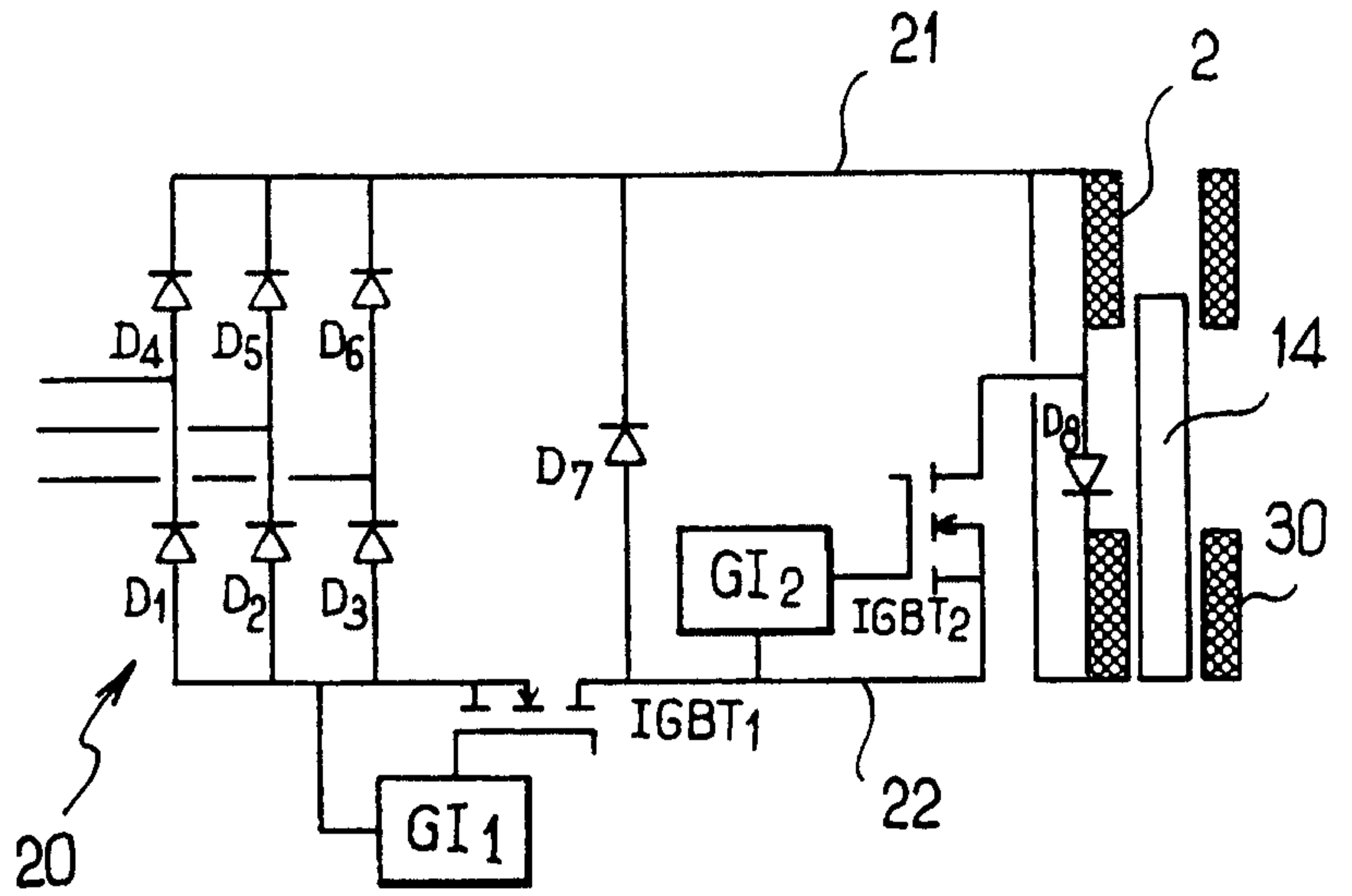


FIG. 8

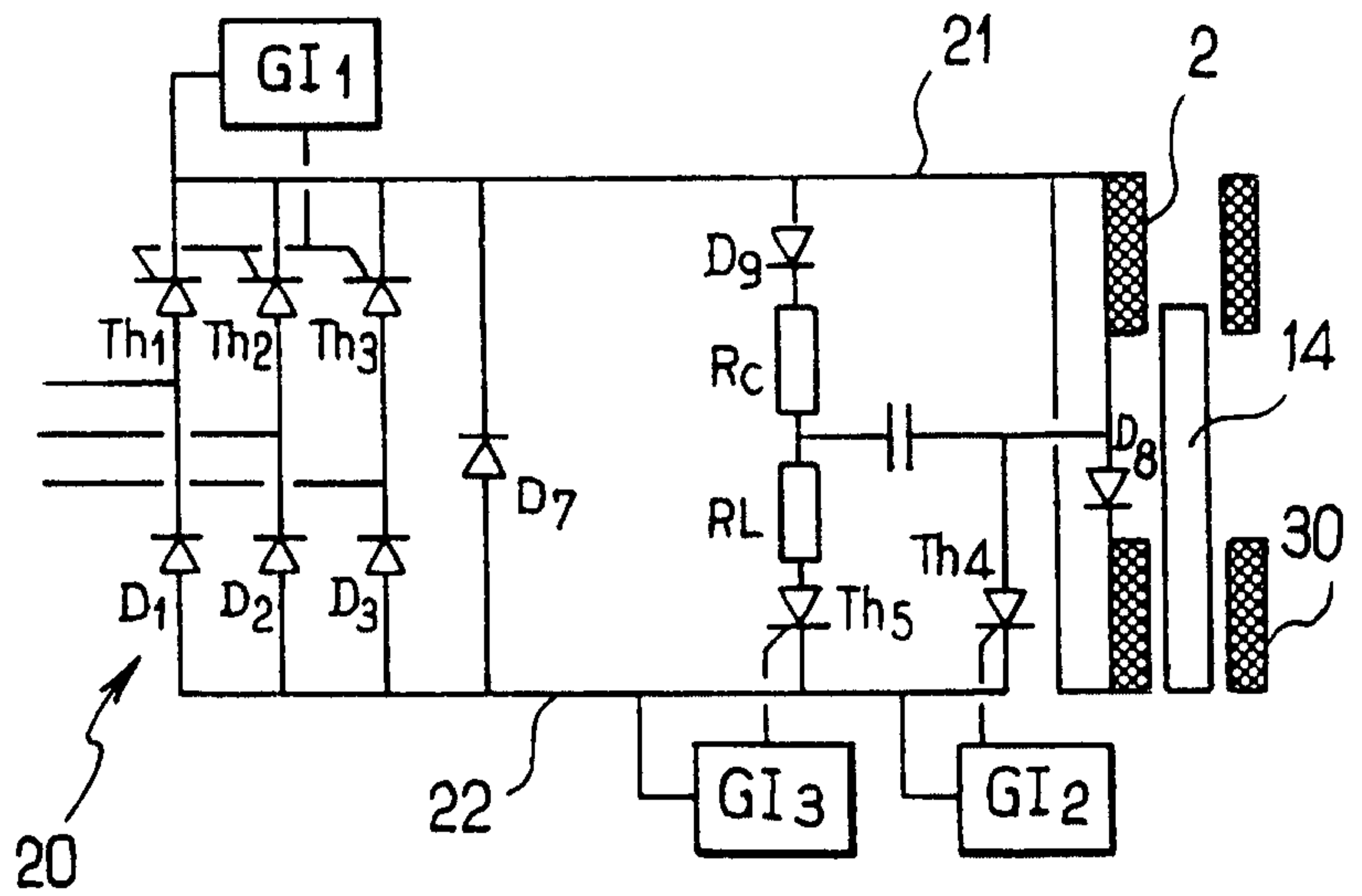


FIG. 9