

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

11

Numéro de publication:

0 179 680
A1

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21

Numéro de dépôt: 85401754.8

51

Int. Cl.4: H05G 1/10 , H05G 1/18

22

Date de dépôt: 09.09.85

30

Priorité: 14.09.84 FR 8414153

43

Date de publication de la demande:
30.04.86 Bulletin 86/18

84

Etats contractants désignés:
DE GB IT NL

71

Demandaire: THOMSON-CGR
13, square Max-Hymans
F-75015 Paris(FR)

72

Inventeur: Rovacchi, Roberto
THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08(FR)

74

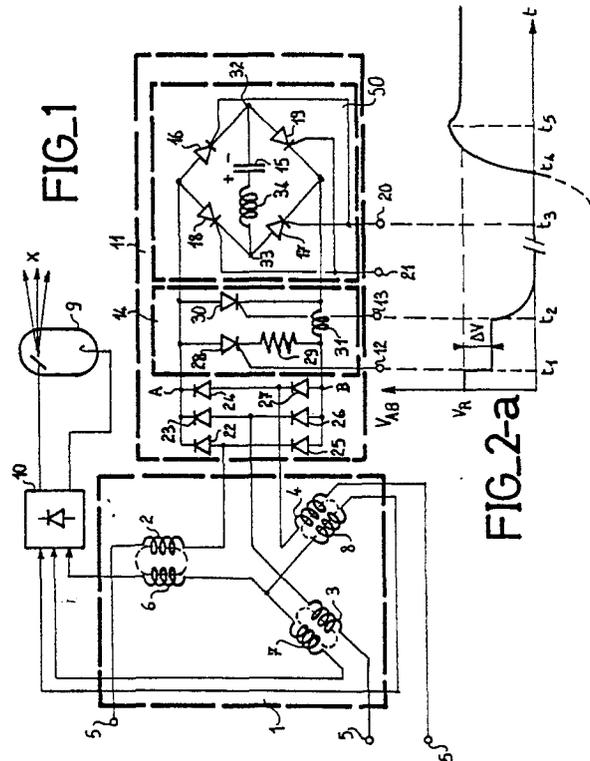
Mandataire: Grynwald, Albert et al
THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine
F-75008 Paris(FR)

54

Circuit d'alimentation pour émetteur de rayons x, utilisable en radiologie.

57

L'invention concerne un circuit d'alimentation pour émetteur de rayons X utilisable en radiologie. Le circuit comporte un transformateur (1) dont le primaire est relié au réseau électrique triphasé (5) et dont le secondaire est relié à l'émetteur (9) de rayons X. Le circuit primaire est mis en service par fermeture d'un interrupteur (11) commandé (12, 13). Cet interrupteur comporte un jeu (14) de thyristors (28, 30) de fermeture. L'interrupteur comporte également une capacité (15) correctement chargée et connectable au jeu des thyristors. Pour ouvrir le circuit on connecte (16, 17, 20) la capacité de manière à ce qu'elle débite un courant en inverse dans les thyristors du jeu de thyristors. Ce faisant la capacité se recharge dans la polarité inverse. Lors d'une séquence suivante de fermeture-ouverture de l'interrupteur les bornes (32, 33) de la capacité sont connectées au jeu des thyristors en commutant (18, 19, 21) leur raccordement. De cette façon la capacité est toujours correctement raccordée pour jouer son rôle lors du blocage des thyristors.



EP 0 179 680 A1

CIRCUIT D'ALIMENTATION POUR EMETTEUR DE RAYONS X, UTILISABLE EN RADIOLOGIE

La présente invention a pour objet un circuit d'alimentation pour émetteur de rayons X utilisable en radiologie. En radiologie il est nécessaire d'alimenter un émetteur ou source de rayons X pendant une durée déterminée. Cette durée correspond à une durée d'exposition ou de pose d'une plaque radiosensible. En radio cinéma il est également nécessaire de moduler l'activité de la source émettrice de rayons X en fonction du rythme de prise d'images: de cette manière on réduit la dose de radiations que reçoit un patient au cours d'un tel examen.

Classiquement le montage d'alimentation de l'émetteur comporte un transformateur dont le circuit primaire est relié à un réseau électrique alternatif triphasé, et dont le circuit secondaire est relié à l'émetteur. Le circuit primaire monté en étoile comporte, en lieu et place d'une connexion nodale, un interrupteur pour connecter ensemble au point nodal les trois brins d'alimentation. La durée de fermeture de cet interrupteur conditionne la mise en service du primaire, donc celle du transformateur, et en conséquence fixe la durée d'activité de l'émetteur de rayons X. L'interrupteur comporte classiquement un jeu de thyristors que l'on amorce lors de la mise sous tension désirée. Pour obtenir une ouverture de l'interrupteur, on provoque l'extinction des thyristors. Pour cela on dispose d'une quantité d'énergie électrique contenue dans un condensateur préalablement chargé et que l'on fait se décharger en inverse dans les thyristors. Lorsque la valeur de ce courant inverse dépasse la valeur du courant de charge des thyristors ceux-ci se désamorcent et se bloquent.

Avant d'entamer un autre cycle d'allumage-extinction de ce jeu de thyristors il est nécessaire de recharger le condensateur de blocage. La durée de cette séquence supplémentaire empêche la répétition du cycle de fonctionnement à une cadence élevée: par exemple 50 cycles par seconde comme cela est pratiqué en radiocinéma. En outre la recharge du condensateur nécessite de prévoir une alimentation électrique supplémentaire. Enfin, lors de la décharge du condensateur de blocage le courant inverse qui s'établit dans le jeu des thyristors a une allure sinusoïdale. C'est-à-dire que ce courant croît jusqu'à un maximum puis décroît. Pour bloquer les thyristors un courant inverse suffisant doit y être établi pendant une durée supérieure à leur temps de recouvrement. Ceci amène à choisir des condensateurs de valeur importante. En effet la durée utile du courant inverse suffisant est d'autant plus grande que l'intensité maximum de ce courant inverse est élevée. Ce dernier est dépendant de la capacité du condensateur. Il en résulte qu'au moment fort de l'opération du blocage les thyristors sont parcourus par un courant inutilement important puisque c'est en premier lieu leur durée de recouvrement qui commande leur blocage.

La présente invention a pour objet de remédier aux inconvénients cités. Elle permet d'atteindre une cadence élevée en utilisant un circuit ne nécessitant pas une séquence spéciale pour recharger le condensateur. En effet, lors du blocage, la décharge du condensateur provoque sa recharge dans une polarité inverse. Ce que l'invention propose c'est que pour le cycle suivant les bornes du condensateur soient commutées de manière à ce que, sans changer la polarité de ce condensateur, celui-ci redevienne correctement connecté.

L'invention concerne un circuit d'alimentation pour émetteur de rayons X utilisable en radiologie, du type comportant un transformateur dont le circuit primaire est relié au réseau électrique triphasé et dont le circuit secon-

daire est relié à l'émetteur, dans lequel le circuit primaire est mis en et hors service par un interrupteur commandé, ledit interrupteur comportant un jeu de thyristors de fermeture pour fermer le circuit primaire et ainsi mettre en service le circuit d'alimentation, et une capacité correctement chargée, connectable à ce circuit primaire, pour renverser le sens de passage du courant dans le jeu de thyristors de fermeture, pour ouvrir ainsi l'interrupteur et faire cesser en conséquence l'alimentation, caractérisé ce qu'il comporte en outre un circuit de commutation de la connection de la capacité audit circuit primaire.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent. Cette description est donnée à titre indicatif et nullement limitatif de l'invention.

Les figures représentent:

- figure 1, un schéma général d'un circuit d'alimentation conforme à l'invention;

- figure 2a et 2b, des formes d'ondes en différents endroits du circuit précédent;

- figure 3, une variante d'une forme d'onde précédente provoquée par un circuit de blocage particulier;

- figure 4, le circuit de blocage en question.

La figure 1 représente un circuit d'alimentation conforme à l'invention. Ce circuit comporte un transformateur 1 dont le circuit primaire 2, 3, 4 est relié au réseau électrique triphasé 5. Le circuit secondaire 6, 7, 8 de ce transformateur est relié à un émetteur 9 de rayonnement X. La liaison de ce circuit secondaire comporte un redresseur de courant 10. Le circuit primaire est mis en service au moyen d'un interrupteur 11 qui reçoit sa commande sur deux bornes d'accès 12, 13. Cet interrupteur comporte un jeu 14 de thyristors qui assurent la fermeture de l'interrupteur en venant quasiment courtcircuiter les points A et B de cet interrupteur. L'interrupteur 11 comporte également une capacité 15 correctement chargée connectable au circuit primaire pour renverser le sens de passage du courant dans le jeu 14 des thyristors. Quand le courant dans les thyristors s'inverse, ils s'éteignent et rétablissent l'ouverture du circuit entre les points A et B de l'interrupteur. Dans ces conditions le primaire ne débite plus et l'émetteur 9 de rayons X ne peut plus émettre. Ce qui caractérise l'invention c'est que la capacité 15 est connectée au jeu 14 des thyristors par un circuit de commutation 50. Ce circuit de commutation comporte les thyristors 16 à 19. Ces thyristors sont commandés deux par deux (16-17 et 18-19) par des bornes communes de commande respectivement 20 et 21. En sélectionnant une ou l'autre de ces bornes on peut inverser le sens de raccordement de la capacité au jeu 14.

Les enroulements 2, 3 et 4 sont les trois enroulements primaires du transformateurs triphasé. Ils sont couplés magnétiquement aux trois enroulements secondaires du transformateur 1. Du côté opposé au réseau électrique triphasé les enroulements 2, 3 et 4 sont raccordés à six diodes 22 à 27. Chaque extrémité de chacun des enroulements est connectée au point milieu respectivement des couples de diodes 25-22, 26-23, 27-24 mises en série. Les trois couples sont montés en parallèle entre les points A et B de l'interrupteur. Pour mettre en service le primaire il suffit de courtcircuiter le point A, raccordé en commun aux trois cathodes des diodes 22 à 24, au point B raccordé en commun aux trois anodes des diodes 25 à 27. Lorsque le circuit est ouvert la tension continue V_d entre les points A et

B est égale à $\sqrt{2}$ fois la tension distribuée par le réseau 5. Pour éviter que la mise en service du primaire ne provoque des surtensions au secondaire le raccordement du point A au point B se fait en deux temps.

Dans le jeu de thyristors 14 on ouvre d'abord, à un instant t_1 (figure 2-a), un thyristor 28 en envoyant une impulsion de courte durée sur sa gâchette par la borne de commande 12. Une résistance 29 connectée en série avec ce thyristor 28 provoque une chute de tension ΔV . La chute ΔV est par ailleurs représentée sur la figure 2a. Puis au bout d'un court instant (l'instant séparant une date t_1 de la date t_2) on amorce un thyristor principal 30 par une courte impulsion appliquée sur sa borne de commande 13. Les deux thyristors 28 et 30 sont montés en parallèle entre les points A et B, le premier par l'intermédiaire de la résistance 29 en série, le second par l'intermédiaire d'une inductance 31 en série. L'inductance 31 limite la variation de courant de telle façon que la tension V_{AB} tend alors vers 0 exponentiellement (Fig. 2-a). Le transformateur est alors sous tension. En radiologie c'est le début de l'exposition. Compte-tenu du fait que le thyristor 30 est passant le thyristor 28 mis en série avec la résistance 29 se bloque naturellement: le courant qui est susceptible d'y passer est inférieur à son courant de maintien.

Pour obtenir la mise hors tension du transformateur on provoque l'extinction forcée du thyristor 30. Pour cela on dispose de l'énergie électrique contenue dans la capacité 15. Cette capacité 15 dans l'invention est raccordée entre les deux points milieu 32 et 33 d'un pont de commutateurs qui comporte deux branches en parallèle. Une première branche comporte les thyristors 16 et 19 en série l'un avec l'autre et la deuxième branche comporte les thyristors 18 et 17 également en série l'un avec l'autre. Les extrémités communes de ces deux branches sont raccordées en parallèle aux bornes du thyristor 30.

Supposons que la capacité 15 se trouve dans l'état électrique représenté sur la figure 1, à savoir que son armature proche de la borne 33 est chargée positivement par rapport à son autre armature. Pour obtenir la mise hors tension du circuit d'alimentation on amorce, à une date t_3 , les thyristors 16 et 17 par une courte impulsion appliquée sur leur borne commune de commande 20. Les thyristors 18 et 19 restent bloqués. Lors de cet amorçage la capacité 15 se décharge en passant au travers d'une inductance 34 raccordée en série avec elle entre les points 32 et 33. Le courant traverse l'inductance 34 et commence à passer en sens inverse du courant normal dans le thyristor 30. Pendant la durée de l'exposition il passe un courant de charge d'intensité I_{ch} dans le thyristor 30. A l'instant t_4 un courant inverse de valeur I_i commence à passer dans le thyristor 30. L'allure de ce courant en fonction du temps est représentée en figure 2b. Du fait de la présence de l'inductance 34 le courant I_i à une allure sinusoïdale: mais une seule alternance (l'alternance positive) peut passer à cause des thyristors 16 et 17. Dès que le courant I_i devient supérieur, en valeur absolue, au courant I_{ch} le thyristor 30 commence à se bloquer. Pour que le blocage du thyristor 30 soit effectif il faut que le courant inverse soit supérieur au courant de charge pendant une durée t supérieure à un temps de recouvrement t_q caractéristique du thyristor 30 utilisé.

Le courant inverse emprunte un circuit passant par le thyristor 16, la capacité 15, l'inductance 34, le thyristor 17 et le thyristor 30. Après le temps t_q la queue de courant de décharge de la capacité passe par le circuit des diodes 22 à 27 pour se refermer sur la capacité 15. Vers la fin de la demi alternance le courant inverse s'annule, il ne peut pas devenir négatif du fait de la présence des thyristors 16 et

17 et des diodes 22 à 27. Pendant toute la phase d'ouverture, le courant de décharge vient recharger la capacité 15 à l'envers. Finalement le courant de recharge s'annule, le circuit est ouvert entre les points A et B, et le condensateur 15 se retrouve chargé, en inverse, à une tension supérieure à la valeur de crête de la tension du réseau du fait de la présence des inductances de fuite du transformateur. En effet, et c'est un intérêt notable de l'invention, l'énergie contenue dans les inductances de fuite, au moment du blocage, vient s'appliquer sur le condensateur 15. C'est la raison pour laquelle la tension V_{AB} sur la figure 2a prend lors du blocage, à la date t_4 , une valeur supérieure à la tension V_R trouvée en régime permanent entre les points A et B. Aux bornes A et B cette surtension rechute pour revenir à la valeur normale en régime permanent quand l'interrupteur 11 est ouvert. Par contre, aux bornes de la capacité 15 la surtension n'a pas pu décroître, dans les limites du temps de fuite de la capacité 15. En effet le thyristor 16 se retrouve alors polarisé en inverse et n'autorise pas la décharge de la capacité 15. Cette décroissance du potentiel V_{AB} après la surtension est d'ailleurs la raison du blocage naturel des thyristors 16 et 17. Le blocage de ces thyristors est d'ailleurs renforcé par le fait qu'à cet instant là le courant T_i est faible et donc est inférieur à leur courant de maintien.

La polarité de charge de la capacité 15 est donc maintenant l'inverse de celle représentée sur la figure 1. A la prochaine mise sous tension que l'on désire faire ce ne sont plus les thyristors 16 et 17 accessibles par la borne 20 que l'on va solliciter mais plutôt les thyristors 18 et 19 en envoyant une impulsion électrique de courte durée sur leur borne commune de commande 21. Dans l'invention on constate que la capacité, qui a été chargée en inverse par le courant qui a servi à éteindre le thyristor 30, va garder alors la polarité dans laquelle elle se trouve. Tout simplement les bornes 32 et 33 de cette capacité vont être commutées pour que leurs connexions au thyristor 30 soient l'inverse de celles qu'elles étaient précédemment. Autrement dit dans l'invention il n'est pas nécessaire de prévoir une séquence spéciale pour remettre la capacité dans un état initial unique.

Lors d'une première mise en service du circuit d'alimentation, ou bien après un temps trop long entre deux mises en service successives, la capacité 15 est en général déchargée. Il faut alors lui donner une bonne charge de départ. Dans ce but on amorce au préalable les thyristors 18 et 19. La tension V_R vient s'appliquer aux bornes de la capacité 15. Celle-ci se retrouve chargée comme dans le cas présenté sur la figure 1. Après la première fermeture du circuit primaire, l'ouverture est commandée par l'allumage des thyristors 16 et 17. Après la fermeture suivante, l'ouverture est commandée par l'allumage des thyristors 18 et 19; ainsi de suite au fur et à mesure des mises en service successives. Si ces mises en service successives sont suffisamment rapprochées dans le temps, en particulier dans le cas du radiocinéma, la capacité 15 n'a pas le temps de se décharger et le circuit de commutation fonctionne normalement. Donc l'invention apporte bien les deux avantages attendus à savoir le gain de temps par suppression de la séquence de recharge du condensateur et le gain technologique par la suppression de la source destinée à apporter un complément d'énergie aux condensateurs.

L'invention comporte également une autre caractéristique. Pour obtenir le désamorçage du thyristor 30 il est nécessaire de lui envoyer en inverse un courant supérieur à son courant direct de charge pendant un temps supérieur à son temps de recouvrement t_q . Ce courant

inverse est fourni par la décharge du condensateur 15. Lorsque le circuit de décharge comporte une simple inductance 34 comme indiqué sur la figure 1 la forme du courant de décharge est celle représentée sur la figure 2b. La condition indiquée ci-dessus peut conduire à un courant de crête inverse i_{ic} important. Par contre si l'on remplace le couple capacité/inductance 15-34 par un ensemble de cellules L-C représentées par exemple sur la figure 4 on obtient une impulsion de décharge ayant la forme représentée sur la figure 3. Chacune des cellules 35 ou 36 de l'ensemble 37 comporte une inductance 38 en parallèle avec une capacité 39. Les inductances des différentes cellules sont légèrement couplées magnétiquement entre elles. On sait calculer ces cellules ainsi que leur nombre pour obtenir une forme d'impulsion désirée. Ce qui est important ici c'est la durée pendant laquelle cette impulsion laisse passer un courant dont l'intensité est supérieure à l'intensité de charge i_{ch} . En comparant la figure 2b à la figure 3 on remarque que ce perfectionnement apporte un gain sur l'énergie dissipée inutilement par le thyristor 30. L'énergie dissipée inutilement correspond approximativement à la surface séparant les courbes i_{ch} et i_i . Ces surfaces sont hachurées sur les figures 2b et 3. Comme en définitive cette énergie inutile devait être stockée dans la capacité 15 ceci permet de réduire notablement les valeurs des capacités des cellules. Approximativement la valeur confondue des deux capacités 39 de la figure 4 est de l'ordre du quart de la capacité 15 utilisée dans les mêmes conditions sur la figure 1. Ceci provoque par ailleurs une économie sur les thyristors 16 à 19 du fait qu'ils doivent passer un courant maximum qui est bien inférieur au courant i_{ic} vu précédemment.

Revendications

1. Circuit d'alimentation pour émetteur (9) de rayons X utilisable en radiologie, du type comportant un transformateur (1) dont le circuit primaire (2-4) est relié au réseau électrique triphasé (5) et dont le circuit secondaire (6-8) est relié à l'émetteur, dans lequel le circuit primaire est mis en et hors service par un interrupteur (11) commandé (12, 13), ledit interrupteur comportant un jeu (14) de thyristors (28, 30) de fermeture pour fermer le circuit primaire et ainsi mettre en service le circuit d'alimentation, et une capacité (15) correctement chargée, connectable à ce circuit primaire, pour renverser (i_i) le sens de passage du courant dans le jeu de thyristors de fermeture, pour ouvrir ainsi l'interrupteur et faire cesser en conséquence l'alimentation, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un circuit (50) de commutation de la connexion (32, 33) de la capacité audit circuit primaire.

2. Circuit selon la revendication 1, caractérisé en ce que le circuit de commutation comporte un pont de commutateurs (16-19), ce pont comportant deux branches (18, 17 et 16, 19) reliées en parallèles à leurs extrémités aux bornes du jeu de thyristors, la capacité étant insérée entre les points milieu (32, 33) de ces deux branches.

3. Circuit selon la revendication 2, caractérisé en ce que chaque branche comporte deux thyristors (18, 17 et 16, 19) montés en série.

4. Circuit selon la revendication 2 ou la revendication 3, caractérisé en ce que les commutateurs (16, 17) sont situés dans des demi branches opposées du circuit de commutation et sont manoeuvrés (t_c) simultanément (20 ou 21).

5. Circuit selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens (18, 19, V_R) pour charger la capacité.

6. Circuit selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la capacité (15) est en série avec une inductance (34).

7. Circuit selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la capacité comporte un ensemble (Fig.4) de cellules (35, 36) inductance-condensateur (38-39) mises en cascade les unes avec les autres.

8. Circuit selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'ensemble des cellules comporte deux cellules (Fig.4).

5

10

15

20

25

30

35

40

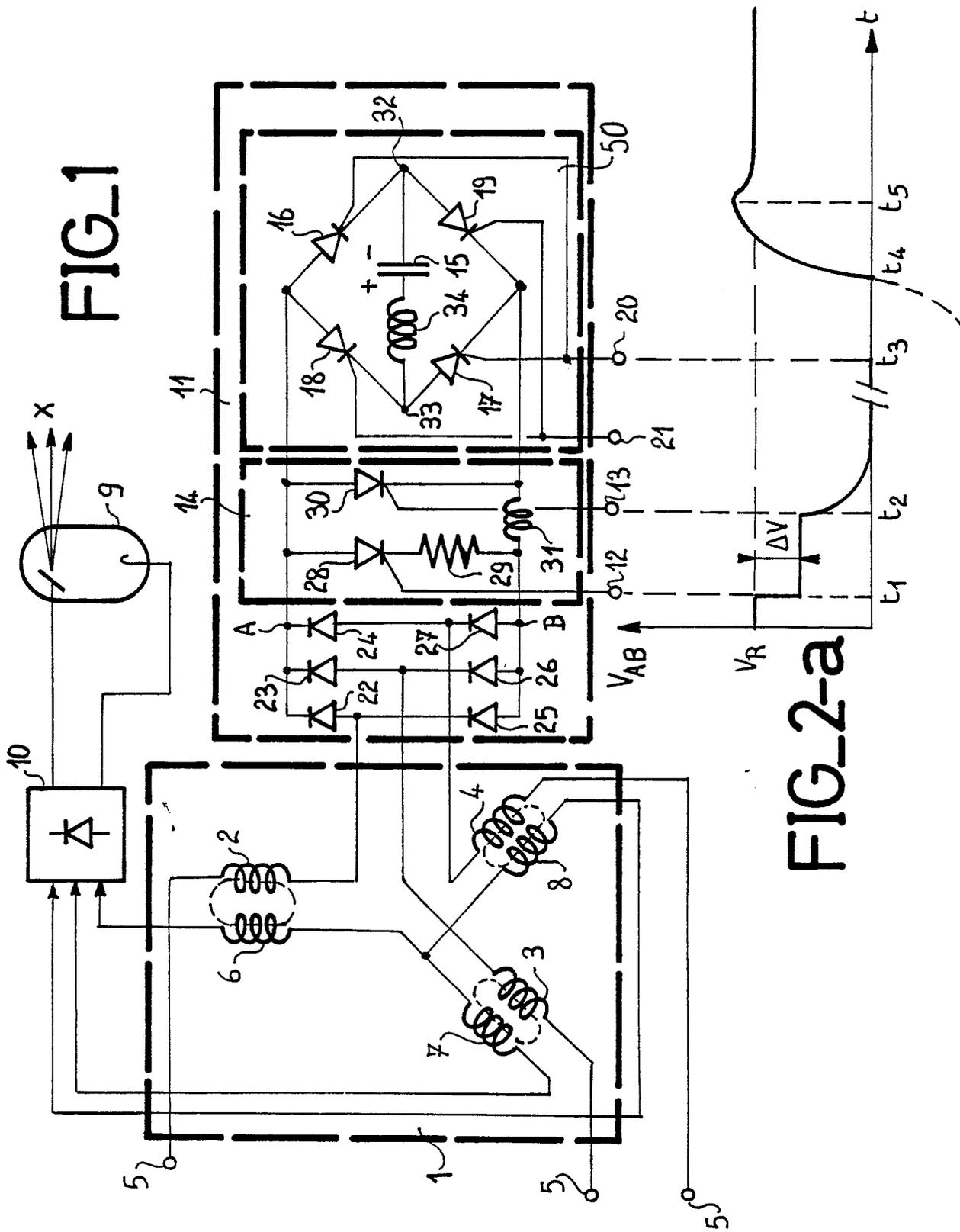
45

50

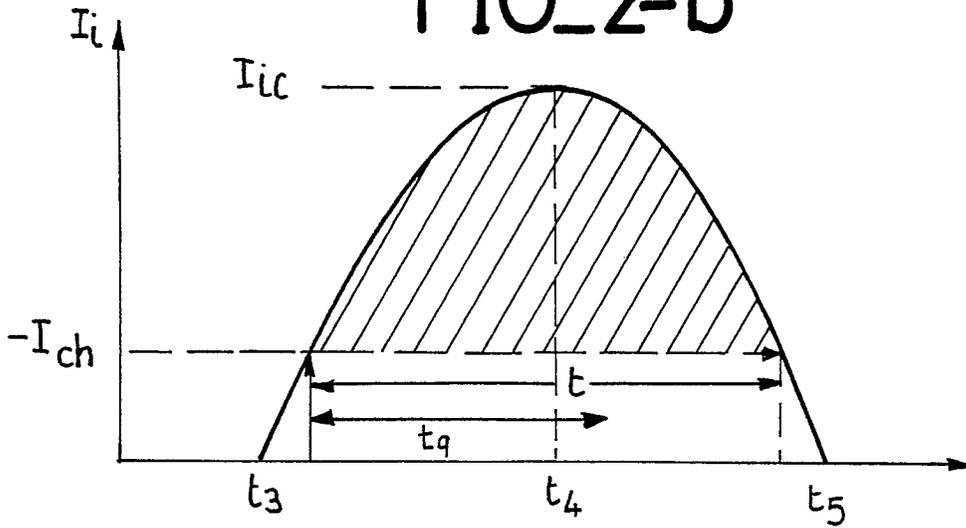
55

60

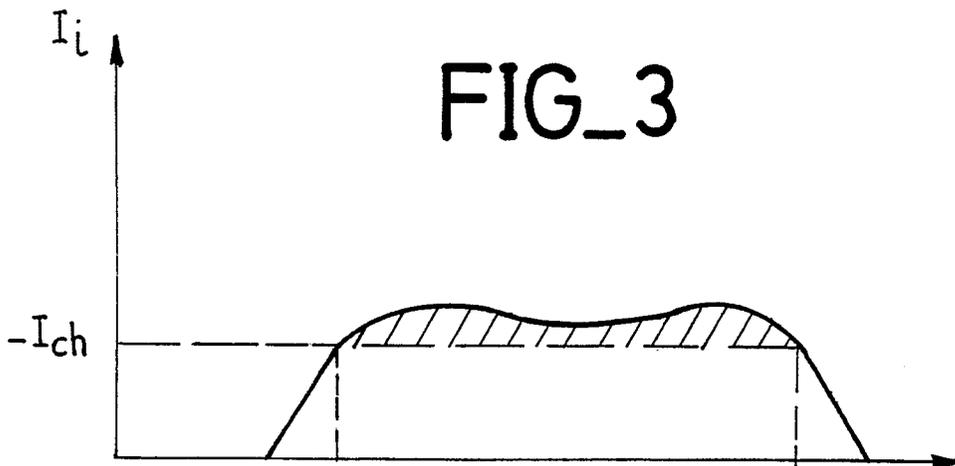
65



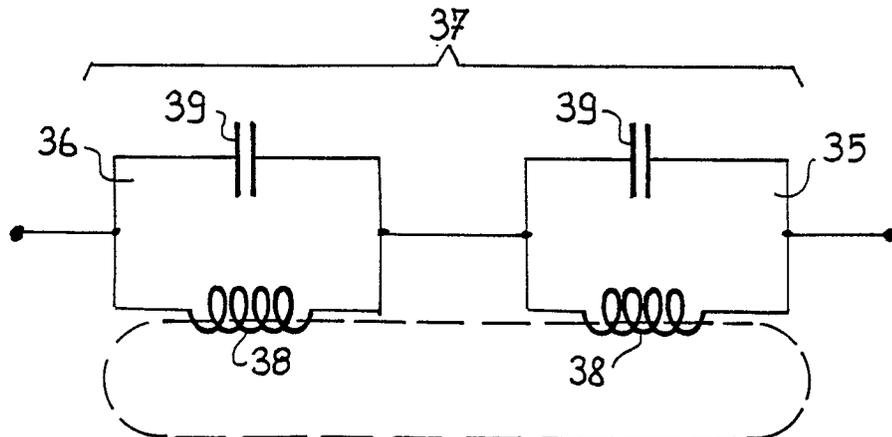
FIG_2-b



FIG_3



FIG_4





DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 4)
X	DE-A-2 608 243 (KOCK & STEREEL KG) * Page 5, ligne 10 - page 8, ligne 18; figure *	1,5	H 05 G 1/10 H 05 G 1/18
A	US-A-4 200 795 (K. KAWAMURA et al.) * Colonne 5, lignes 44-66; colonne 8, ligne 53; colonne 9, ligne 44; figure 5 *	1,6	
A	FR-A-2 389 294 (N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN) * Page 7, lignes 17-36; figure 1 *	1	
A	FR-A-2 481 046 (SIEMENS AG) * Page 2, ligne 9 - page 3, ligne 29; figure *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 4)
A	DE-A-2 804 591 (KOCK & STERZEL GmbH & CO.) * Page 1, ligne 1 - page 2, ligne 7; figure 2 *	1	H 05 G 1/00
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 30-12-1985	Examineur HORAK G. I.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	