(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication: **0 045 675**
A1

(12) DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: **81401155.7**

(22) Date de dépôt: **21.07.81**

(51) Int. Cl.³: **H 05 G 1/66**

(30) Priorité: **25.07.80 FR 8016491**

(43) Date de publication de la demande:
10.02.82 Bulletin 82/6

(84) Etats contractants désignés:
DE GB IT NL

(71) Demandeur: **THOMSON-CSF**
173, Boulevard Haussmann
F-75360 Paris Cedex 08(FR)

(72) Inventeur: **Setbon, Raoul**
THOMSON-CSF SCPI - 173, bd Haussmann
F-75360 Paris Cedex 08(FR)

(74) Mandataire: **Dubreuil, Annie et al,**
"THOMSON-CSF" - SCPI 173, bld Haussmann
F-75360 Paris Cedex 08(FR)

(54) Circuit de contrôle et de régulation de la vitesse de rotation d'un rotor, notamment celui d'une anode tournante de tube radiogène.

(57) Circuit de contrôle et de régulation de la vitesse de rotation, notamment d'une anode tournante de tube radiogène, entraînée au moyen d'un rotor (2) dont la partie cylindrique est couplé à deux jeux d'enroulements orthogonaux (4 et 5) constituant respectivement les phases principale (4) et auxiliaire (5) du stator emmanché sur l'enveloppe de verre (2). L'alimentation de l'une des bornes (7) de la phase auxiliaire (5) étant effectuée au moyen d'un condensateur (8) de déphasage, la tension entre celle-ci (7) et la borne commune (9) aux deux phases (4,5) augmente avec la vitesse de rotation.

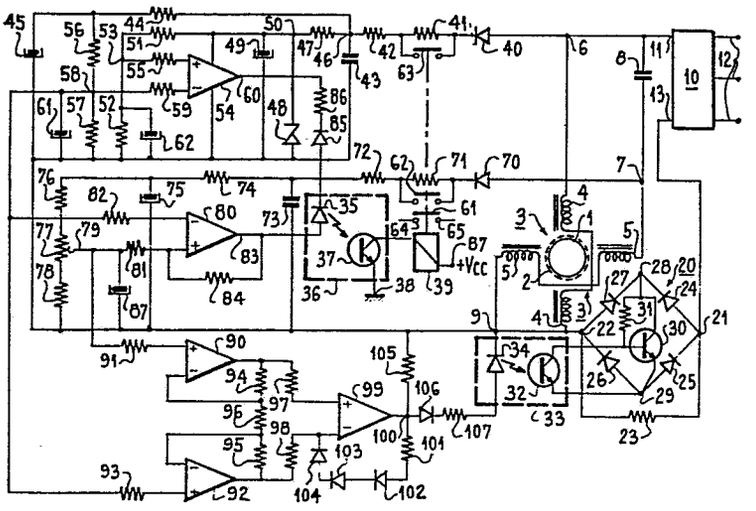
Le circuit de contrôle comporte deux comparateurs de tension (54, 80) dont l'un (54) compare l'amplitude de la tension alimentant la phase principale (4) à une tension de référence fixe et dont l'autre (80) compare une fraction de consigne réglable de l'amplitude de la tension aux bornes de la phase auxiliaire (5) à une fraction prédéterminée de celle de la phase principale (4) et dont les sorties (60, 83) sont réunis de manière à autoriser la mise sous tension du tube, lorsqu'elles fournissent respectivement des états indiquant qu'il y a dépassement simultanée de la seconde fraction par la première.

Le circuit de régulation comporte un amplificateur différentiel (99) commandant la variation de la résistance apparente d'un circuit de ballast (20) en série dans l'alimentation du stator en fonction de la différence entre les fractions réglable et prédéterminée, dès qu'elle devient positive.

Application aux appareils de radiologie utilisant des tubes radiogènes à anode tournante.

./...

EP 0 045 675 A1


+Vcc

CIRCUIT DE CONTROLE ET DE REGULATION DE LA VITESSE DE ROTATION D'UN ROTOR, NOTAMMENT CELUI D'UNE ANODE TOURNANTE DE TUBE RADIOGENE

L'invention concerne un circuit de contrôle et de régulation de la vitesse de rotation d'un rotor d'entraînement, notamment celui d'une anode tournante de tube radiogène, destiné à maintenir une vitesse sensiblement constante et à autoriser, par exemple, l'application de la très haute tension entre l'anode et la cathode de ce tube, dès que la vitesse de rotation a atteint une valeur de consigne préréglée.

Dans des dispositifs connus de ce genre, on utilise souvent des relais sensibles à une valeur de seuil d'un courant dont on insére les bobinages en série avec les enroulements du stator constituant respectivement les phases principale et auxiliaire qui engendrent des champs magnétiques orthogonaux et qui sont alimentés respectivement par des courants déphasés, l'un par rapport à l'autre, de $\pi/2$, au moyen d'un condensateur en série avec l'enroulement de la phase auxiliaire, par exemple, afin d'engendrer un champ magnétique tournant. En outre, on a branché en parallèle avec le condensateur de déphasage alimentant la phase auxiliaire, un relais sensible à la tension qui se met en position de travail lorsque la tension alternative aux bornes du condensateur dépasse un seuil prédéterminé. Les contacts de trois relais y sont insérés en série dans un circuit d'autorisation de la mise sous tension du tube radiogène. L'inconvénient de cette disposition est de ne donner aucune indication de la vitesse de rotation réelle.

Dans la publication US - A - 2 185 826 (voir préambule de la revendication 1), il a été proposé d'inhiber l'application de toute la très haute tension aux électrodes du tube radiogène, lorsque la vitesse de rotation du rotor est notablement inférieure à sa valeur normale, au moyen d'un dispositif interrupteur commandé genre relais actionné à l'aide d'un bobinage qui réagit aux variations de la tension aux bornes de l'enroulement de la phase auxiliaire. Cette tension alternative, si elle lui est appliquée par l'intermédiaire d'un

condensateur, augmente avec la vitesse de rotation. Cette augmentation de la tension aux bornes de l'enroulement de la phase auxiliaire du stator avec celle de la vitesse de rotation du rotor, est principalement dûe selon la publication précitée, à l'augmentation de l'impédance apparente de cet enroulement qui est provoquée par la réaction variable avec la vitesse des courants induits dans le rotor sur le stator.

L'impédance apparente de l'enroulement présentant alors une composante inductive croissante qui est de signe opposé à celui de la réactance capacitive du condensateur de déphasage, ce qui entraîne une augmentation du courant dans la phase auxiliaire qui s'ajoute à cette augmentation de la réactance inductive. Ce relais présente une première tension de seuil pour laquelle il se met en position de travail et une seconde tension de seuil inférieure à la première pour laquelle il se remet en position de repos et qui correspondent respectivement à deux vitesses de rotation de l'anode peu éloignées de la vitesse nominale. Lorsqu'il est en position de travail, le contact du relais autorise la mise sous tension du tube radiogène. Ceci présente l'inconvénient d'autoriser la mise sous tension du tube, lorsque la tension aux bornes de l'enroulement de la phase auxiliaire dépasse un seuil qui peut également provenir de l'augmentation de la tension du réseau d'alimentation, même avec le rotor arrêté, par exemple, à cause d'une coupure de phase principale. Il faudra donc stabiliser la tension d'alimentation du stator.

Dans le brevet américain n° 3,518,434, une régulation de la vitesse de rotation de l'anode est décrite qui met en jeu la mesure des courants traversant les phases principale et auxiliaire du moteur alternatif. Les valeurs obtenues sont comparées périodiquement à une rampe de tension qui permet d'élaborer un signal de commande de la tension d'alimentation du moteur. Mais les corrections d'un tel circuit sont assez imprécises, les courants dans les enroulements du stator variant assez peu et en sens contraire avec la vitesse du rotor. De plus, il ne tient pas compte des fluctuations de la tension d'alimentation du stator.

Le circuit, objet de l'invention, permet non seulement de pallier les inconvénients ci-dessus et de n'autoriser l'application de la très haute tension que lorsqu'une vitesse de rotation prédéterminée, proche de sa valeur de consigne est atteinte et d'inhiber cette application ou de l'arrêter lorsque cette vitesse n'a pas encore été atteinte ou est devenue inférieure à cette vitesse de consigne, mais également la régulation de cette vitesse par la mise en série avec l'alimentation des deux phases d'un ballast variable de façon continue entre deux valeurs de résistance.

Suivant l'invention, un circuit de contrôle et de régulation de la vitesse de rotation d'un rotor, notamment celui d'entraînement d'une anode tournante de tube radiogène du type dans lequel ce rotor, disposé à l'intérieur d'une enveloppe de verre, est entraîné à l'aide d'un champ magnétique tournant engendré au moyen d'un stator situé à l'extérieur de l'enveloppe et comprenant au moins deux paires d'enroulements dont la première constitue la phase principale et la seconde la phase auxiliaire et dont les axes de symétrie respectives, normales à l'axe de rotation du rotor, sont angulairement décalés l'un par rapport à l'autre, ces deux phases étant réunies ensemble par l'une de leurs bornes pour constituer une borne d'alimentation commune couplée à l'une des bornes d'une source de tension alternative monophasée, l'autre borne de la phase principale étant reliée directement et l'autre borne de la phase auxiliaire étant réunie au moyen d'un condensateur de déphasage, à l'autre borne de la source monophasée, est principalement caractérisé en ce qu'il comporte des premiers moyens de comparaison fournissant un premier signal qui indique que la tension aux bornes la phase principale a atteint ou dépassé un niveau de référence fixe et prédéterminé ; des seconds moyens de comparaison fournissant un second signal qui indique que le rapport des tensions prélevées respectivement aux bornes des phases auxiliaire et principale a atteint ou dépassé une valeur réglable correspondant à une vitesse de consigne choisie ; et des moyens de combinaison du premier et du second signal fournissant, lors de la présence simultanée de ces

derniers, un troisième signal indiquant que les deux conditions susmentionnées sont remplies, notamment pour autoriser l'application de la très haute tension aux électrodes du tube radiogène.

On remarquera que suivant l'invention, c'est le rapport des tensions respectives de la phase auxiliaire et de la phase principale qui permet d'évaluer la vitesse de rotation et ce rapport est défini ici par les facteurs de division respectifs de deux diviseurs potentiométriques dont l'un est réglable pour définir une vitesse de consigne.

L'invention sera mieux comprise et d'autres de ses caractéristiques et avantages apparaîtront à l'aide de la description ci-après et du dessin annexé s'y rapportant, donnés à titre d'exemple, dont la figure unique est un schéma de principe, partiellement synoptique, d'un mode de réalisation avantageux du circuit de l'invention.

Sur la figure annexée, on a représenté en 1 une coupe schématique du rotor qui porte l'anode tournante du tube radiogène et qui est disposé à l'intérieur de l'enveloppe de verre 2, représentée en pointillé. Le stator 3 comprenant deux paires d'enroulements 4 et 5 bobinés sur un circuit magnétique (non-représenté) sont destinés à engendrer deux champs magnétiques alternatifs et orthogonaux, traversant le rotor 1 composé, par exemple, d'un cylindre extérieur creux en matériau conducteur, tel que le cuivre, et, éventuellement d'un cylindre intérieur également creux en matériau ferromagnétique, tel que le fer doux ou un alliage à faible remanence, emmanchés l'un sur l'autre et supportés à l'aide de deux paliers ou roulements.

La première borne 6 de la première paire d'enroulements 4 qui sont connectés en série et disposés de part et d'autre de l'enveloppe 2, qui constituent la phase principale, est reliée à une première borne de sortie 11 d'une source de tension alternative monophasée 10, telle qu'un cycloconvertisseur (éventuellement statique) ou multiplicateur (doubleur ou tripleur) de fréquence classique, dont les entrées 12 sont alimentées par le réseau de distribution mono- ou

triphasé (50 ou 60 Hz) et qui fournit une tension alternative de fréquence plus élevée (150 ou 180 Hz, par exemple) que le réseau, permettant d'atteindre une vitesse de rotation comprise entre 8000 et 10000 tours/minute.

La première borne 7 de la seconde paire d'enroulements 5, également connectés en série, qui constituent la phase auxiliaire, est réunie, à la première borne de sortie 11 de la source 10, par l'intermédiaire d'un élément déphaseur 8 constitué ici par un condensateur 8 dont la valeur est choisie de manière connue, pour produire un déphasage de $\pi/2$ entre la sortie 11 et la borne 7.

Les secondes bornes respectives des phases principale 4 et auxiliaire 5 du stator 3 sont reliées ensemble pour former une borne dite commune 9 qui est réunie, par l'intermédiaire d'un circuit de ballast variable 20, à l'autre borne de sortie 13 de la source monophasée 10. Cette borne commune 9 constitue pour le circuit de contrôle et de régulation de cette figure le point de potentiel de référence (ou masse isolée).

Le circuit de ballast 20 est un dipôle comportant entre ses bornes 21 et 22 une première résistance de ballast 23 (de quelques centaines d'ohms, par exemple) et, en parallèle avec cette première résistance 23, un pont composé de quatre diodes 24, 25, 26 et 27. Le point commun de l'anode de la première diode 24 avec la cathode de la seconde 25 constitue la première borne 21 du dipôle de ballast 20 et celui de la cathode de la troisième diode 26 avec l'anode de la quatrième 27, sa seconde borne 21. A travers l'autre diagonale du pont, c'est-à-dire entre la jonction 28 des cathodes des diodes 24 et 27 et celle 29 des anodes des diodes 25 et 26, est connecté le trajet collecteur-émetteur d'un transistor de puissance 30 qui constitue un élément à résistance variable qui est faible à l'état saturé et très élevée à l'état bloqué et qui varie de manière continue entre ces deux états. La résistance du trajet collecteur-émetteur du transistor 30 constitue l'élément variable du circuit de ballast 20 qui est en parallèle avec la première résistance 23 de valeur fixe.

Le transistor de puissance 30, de type à haute tension (tel que le type BU 208 de SESCOSEM ayant une tension de claquage collecteur-émetteur V_{CEX} de 1500 V environ), a son collecteur réuni à sa base par l'intermédiaire d'une seconde résistance de polarisation 31 (de quelques kiloohms, par exemple) qui forme avec le phototransistor 32 d'un premier photocoupleur 33 un diviseur de tension fournissant une polarisation variable au transistor 30, lorsque la diode électroluminescente 34 dont la surface photoémissive est optiquement couplée à la surface photosensible du phototransistor 32, est parcourue d'un courant dans le sens direct. La commande de la résistance de ballast 20 entre les bornes 21 et 22 sera décrite plus loin.

La tension alternative présente entre la borne 6 de la phase principale 4 et la borne commune 9 est redressée à l'aide d'une cinquième diode 40 qui alimente à travers une troisième 41 et une quatrième 42 résistance en série, qui servent à filtrer et à réduire le niveau de la redressée, une cellule de filtrage en forme de Π composée d'un second condensateur 43, d'une cinquième résistance 44 et d'un troisième condensateur 45 électrochimique. L'une 46 des armatures du second condensateur 43 reliée à la jonction de la quatrième 42 et de la cinquième 44 résistance est également relié à l'une des bornes d'une sixième résistance 47 dont l'autre borne est reliée à la cathode d'une diode Zener 48 et à l'armature positive d'un quatrième concensateur 49, par exemple, électrochimique. L'autre aramature du second condensateur 43, les armatures négatives respectives du troisième 45 et du quatrième condensateur 49 et l'anode de la diode Zener 48 sont reliées à la borne commune 9. La jonction 50 de la cathode de la diode Zener 48 avec la résistance 47 et le condensateur 49 fournit une tension continue stabilisée (et filtrée), positive par rapport au potentiel de référence de la borne 9 (de 24 volts, par exemple) qui permet, d'une part, d'alimenter les cinq amplificateurs opérationnels équipant le circuit et, d'autre part, d'élaborer une tension de référence fixe servant à la comparaison.

A cette fin, un premier diviseur de tension résistif composé d'une septième 51 et d'une huitième résistance 52 en série, est connecté aux bornes de la diode Zener 48, leur point commun 53 réuni à l'entrée non-inverseuse d'un premier amplificateur opérationnel intégré 54 au moyen d'une neuvième résistance 55, lui fournit une tension de référence que cet amplificateur utilisé comme comparateur de tension, compare à une fraction prédéterminée de la tension redressée et filtrée aux bornes du troisième condensateur 45, dont le niveau est proportionnel à la valeur crête de la tension alternative alimentant la phase principale 4. Cette fraction est fournie au moyen d'un second diviseur de tension résistif connecté en parallèle avec le troisième condensateur 45 et comprenant une dixième 56 et une onzième 57 résistance en série dont le point commun 58 est réunie, au moyen d'une douzième résistance 59 (de même valeur que la neuvième 55), à l'entrée inverseuse du premier amplificateur 54. La sortie 60 du premier amplificateur 54 fournit donc une tension positive sensiblement égale à sa tension d'alimentation (état logique haut), lorsque la tension de référence appliquée à son entrée non-inverseuse est supérieure à la fraction de la tension de phase principale redressée, appliquée à son entrée inverseuse. Dans le cas contraire, c'est-à-dire lorsque la fraction de la tension de phase principale redressée dépasse la tension de référence fixe, la sortie 60 fournit une tension nulle (état bas) par rapport au potentiel de référence de la borne 9.

La tension alternative présente entre la borne 7 de la phase auxiliaire 5 et la borne commune 9 est également redressée au moyen d'une sixième diode 70 dont la cathode est reliée à travers une troizième 71 et une quatorzième 72 résistance à l'une des armatures d'un cinquième condensateur 73 dont l'autre armature est reliée à la borne commune 9. Le point commun de la résistance 72 et du condensateur 73 est relié, en outre, à l'une des bornes d'une quinzième résistance 74 dont l'autre borne est reliée à l'armature positive d'un sixième condensateur 75, par exemple, électrochimique dont l'armature négative est reliée à la borne commune 9. Les

éléments 73 à 75 forment une cellule de filtrage en Π semblable à celle qui est formée par les éléments 43 à 45.

Le sixième condensateur 75 est connecté en parallèle avec un troisième diviseur de tension résistif de facteur de division réglable, qui à cette fin est composé d'une seizième résistance 76, d'un potentiomètre 77 et d'une dix-septième résistance 78 connectés en série. Le curseur 79 du potentiomètre 78 fournit ainsi une fraction réglable d'une tension continue proportionnelle à l'amplitude crête de la tension alternative appliquée entre les bornes 7 et 9 de la phase auxiliaire 5.

Un second amplificateur opérationnel 80 est utilisé en tant que second comparateur, dont l'entrée non-inverseuse est réunie, par l'intermédiaire d'une dix-huitième résistance 81, au curseur 79 du potentiomètre 77 et dont l'entrée inverseuse est reliée à la jonction 58 du second diviseur 56-57 fournissant une tension continue proportionnelle à l'amplitude crête de la tension alternative aux bornes de la phase principale 4, par l'intermédiaire d'une dix-neuvième résistance 82.

Le second amplificateur opérationnel 80 dont la sortie 83 est réuni à son entrée non-inverseuse au moyen d'une vingtième résistance 84 de réaction positive permettant d'accélérer le basculement entre ses deux états, permet de comparer les amplitudes crête des deux phases principale 4 et auxiliaire 5. La sortie 83 du second compateur 80 est dans son état haut (où il fournit une tension positive sensiblement égale à sa tension d'alimentation), lorsque la fraction réglable de la tension de la phase auxiliaire redressée et filtrée, prélevée sur le curseur 79 du potentiomètre 77, est supérieure à la fraction fixe de la tension de la phase principale redressée et filtrée, sur le point commun 58 du second diviseur 56-57. Si la tension aux bornes de la phase principale 4 dépasse celle aux bornes de la phase auxiliaire 5, la sortie 83 du second comparateur 80 fournit une tension nulle (par rapport à la borne 9), c'est-à-dire un état logique bas.

En effet, au cours du démarrage et de l'accélération du rotor 2, la réactance inductive apparente $X_5 = \omega L_5$ de la phase auxiliaire 5 (où $\omega = 2\pi f$ et f est la fréquence de la tension alternative fournie par le cycloconvertisseur 10) augmente, de sorte que la réactance $X_S = \omega L_5 - 1/\omega C_8$ résultant de sa combinaison en série avec celle du condensateur-déphaseur 8 dont la réactance capacitive $1/\omega C_8$ est supérieure à la valeur initiale de ωL_5, diminue. Cette diminution de la réactance X_S entraîne une augmentation du courant I_5 dans la phase auxiliaire 5 dont l'effet est cumulatif avec l'augmentation de la réactance apparente X_5, de sorte que l'amplitude de la tension V_5 de la phase auxiliaire 5 égale à $X_5.I_5 = \omega L_5.I_5$, augmente également, c'est-à-dire l'on obtient une augmentation de la tension de la phase auxiliaire 5, tandis que la tension de la phase principale 4 correspondant à la tension entre les bornes 11 et 13 de la source 10, reste sensiblement constante, pendant les phases de lancement et d'accélération.

La combinaison comprenant le premier diviseur de tension 56, 57 fixe, le second diviseur de tension 76, 77, 78 réglable et le second comparateur 80 constitue un moyen pour déterminer le rapport des tensions aux bornes respectives des phases auxiliaire 5 et principale 4 qui correspond à la vitesse de consigne. Plus précisément, lorsqu'il y a égalité des fractions de tensions appliquées aux entrées respectives du second comparateur 80, le rapport de la tension de la phase auxiliaire 5 à la tension de la phase principale 4 est égale au quotient des facteurs de division du second et du premier diviseur. Ce quotient étant réglable à l'aide du potentiomètre 77, il permet de signaler par un changement d'état (basculement) à la sortie 83 du second comparateur 80 quand ce rapport de tensions a atteint sa valeur de consigne choisie. L'expérience a montrée que c'est surtout ce rappport de tensions et non pas uniquement la tension de la phase auxiliaire utilisée dans la publication US-A-2 185 826 précitée et qui varie également en fonction de la tension entre les bornes 11 et 13 de sortie de la source fournissant la tension alternative monophasée 10, qui indique de façon fiable qu'une vitesse de consigne préa-

lablement choisie a été atteinte. Ceci est encore plus vrai si l'on modifie notablement la tension d'alimentation des deux phases lors d'une régulation de la vitesse à l'aide d'une résistance de ballast variable 20, comme dans le circuit de la figure annexée, qui sera décrite ultérieurement.

En résumé, c'est le rapport des facteurs de division des deux diviseurs de tension qui permettent de déterminer le rapport des tensions des deux phases qui correspond à la vitesse de consigne. Lorsque cette vitesse de consigne est atteinte, l'égalité des fractions réglable (V_{79}) et fixe (V_{53}) font basculer le second comparateur 80 de son état bas à son état haut.

L'autorisation de l'application de la très haute tension aux électrodes du tube radiogène ne devant être donnée que lorsque, simultanément, la tension aux bornes 6, 9 de la phase principale 4 dépasse un niveau correspondant à la tension de référence V_{53} et le rapport des tensions susmentionné, correspondant à la vitesse de consigne, est atteint ou dépassé, il faut donc combiner les états de sortie respectifs du premier 54 et du second comparateur 80 pour en déterminer la coïncidence.

A cette fin, la sortie 83 du second comparateur 80 est reliée à l'anode d'une diode électroluminescente 35 d'un second photocoupleur 36, dont la cathode est reliée à l'anode d'une septième diode 85. La cathode de la septième diode 85 est réunie au moyen d'une vingt-et-unième résistance 86 à la sortie 60 du premier comparateur 54. On obtient ainsi que la diode électroluminescente 35 du second photocoupleur 36 n'est alimentée en courant que lorsque la sortie 83 du second comparateur 80 est dans son état haut et lorsque, en même temps, la sortie 60 du premier comparateur 54 est dans l'état bas.

Ceci signifie que la diode électroluminescente 35 ne conduit que lorsque l'amplitude crête de la tension de la phase principale V_4 dépasse une valeur déterminée, proportionnelle à la tension de référence continue V_{53} et lorsque la vitesse de rotation du rotor 2 est suffisante pour que la fraction réglable en fonction de la vitesse

de consigne désirée, de l'amplitude crête de la tension de la phase auxiliaire V_5 dépasse la fraction prédéterminée et constante de l'amplitude crête de la tension de la phase principale V_4.

La diode électroluminescente 35 du second photocoupleur 30 éclaire, lorsqu'elle est alimentée en courant continu, la surface photosensible d'un phototransistor du type NPN 37, par exemple, dont l'émetteur est relié à la masse 38 du générateur radiologique (non représenté), par exemple, et dont le collecteur est réuni, par l'intermédiaire du bobinage 39 d'un relais ou d'un contacteur à commande électromagnétique, au pôle positif 87 d'une source de tension continue d'alimentation ($+ V_{CC}$). Lorsque la diode électroluminescente 35 conduit, le phototransistor 37 devient saturé et les contacts mobiles 61, 62, 63 couplés ensemble passent de leur position de repos à leur position de travail. Le premier contact mobile 61 relie ensemble deux contacts fixes 64 et 65 qui sont insérés dans le circuit d'autorisation de la mise sous tension du tube radiogène, situé dans le générateur radiologique, par exemple.

Le circuit de régulation de la vitesse de rotation comporte un troisième amplificateur opérationnel 90 dont l'entrée non-inverseuse est réunie, par l'intermédiaire d'une vingt deuxième résistance 91, au curseur 79 du potentiomètre 77 fournissant la tension continue V_{79} dont le niveau représente la fraction réglable précitée de l'amplitude de la tension aux bornes de la phase auxiliaire V_5. Il comporte, en outre, un quatrième amplificateur opérationnel 92 dont l'entrée non-inverseuse est réunie, par l'intermédiaire d'une vingt-troisième résistance 93, au point commun 58 du second diviseur 56-57, qui fournit la tension continue V_{58} dont le niveau représente la fraction constante de l'amplitude de la tension aux bornes de la phase principale V_4.

Les sorties des amplificateurs 90 et 92 sont respectivement réunies au moyen d'une vingt-quatrième 94 et d'une vingt-cinquième 95 résistance de contre-réaction, à leurs entrées inverseuses qui sont réunies ensemble à l'aide d'une vingt-sixième résistance 96. Les étages comprenant les amplificateurs 90 et 92 constituent des

étages d'amplification sans inversion de polarité, à impédance d'entrée élevée. Leurs sorties alimentent respectivement, par l'intermédiaire d'une vingt-septième 97 et une vingt-huitième 98 résistance, les entrées non-inverseuse et inverseuse d'un cinquième amplificateur opérationnel 99. La sortie 100 du cinquième amplificateur opérationnel 99 est réunie à son entrée inverseuse par un circuit de contre-réaction à seuil comportant une vingt-neuvième résistance 101, une huitième 102, une neuvième 103 et une dizième 104 diode en série.

La sortie 100 de l'amplificateur 99 est réunie, en outre, à la borne commune 9 par l'intermédiaire, d'une part, d'une trentième résistance 105 et, d'autre part, par une onzième diode 106 et une trente-et-unième résistance 107 en série avec la diode électroluminescente 34 du premier photocoupleur 33.

La diode électroluminescente 34 du premier photocoupleur 33 en série avec la onzième diode 106 présentent un seuil de conduction prédéterminé qui doit être atteint dès que la fraction de consigne V_{79} de la tension de phase auxiliaire redressée a dépassée la fraction fixe V_{58} de la tension de phase principale redressée. Les trois diodes 102 à 104 en série avec la résistance de contre-réaction 101 assurent à l'amplificateur 99 un gain proche de sa valeur à boucle ouverte jusqu'à ce que sa tension de sortie ait atteint ce seuil de conduction. Par la suite son gain est déterminé par les résistances de contre-réaction 101 et d'entrée 98 pour que la variation du courant dans la diode électroluminescente 34 soit graduelle.

Pendant que la fraction fixe V_{58} de la tension de phase principale V_4 est supérieure à la fraction de consigne préréglée V_{79} de la tension de phase auxiliaire V_5, la sortie 100 fournit une tension nulle (puisqu'elle n'est pas alimentée par une tension négative par rapport à la borne 9). La diode électroluminescente 34 du premier photocoupleur 33 reste éteinte et le phototransistor 32 reste bloqué, de sorte que le transistor de puissance haute-tension 30 devient saturé au cours de la quasi-totalité de chacune des alternances de la tension alternative alimentant les enroulements 4, 5 par la borne

commune 9. Cette saturation se produit peu après chaque passage par zéro de la tension alternative du fait des seuils de conduction du transistor 30 et des diodes 24 à 27 du pont, dont deux sont chaque fois conducteurs en série, par l'intermédiaire du trajet collecteur-émetteur du transistor 30 qui n'est polarisé qu'à travers la résistance 31. La chute de tension résiduelle entre les bornes 21 et 22 du circuit de ballast 20 est alors faible (7 volts environ) par rapport à la tension (de 1000 V crête environ) fournie par le cycloconvertisseur 10. Ceci permet le démarrage (lancement) du moteur avec des courants et tensions élevées, c'est-à-dire à pleine puissance qui est également appliquée pendant la phase d'accélération.

Lorsque la vitesse de rotation réelle du rotor 2 a dépassé de peu la vitesse de consigne pour laquelle la tension V_{79} est égale à la tension V_{58}, la sortie 100 du cinquième amplificateur 99 fournit une tension positive qui provoque un courant à travers la diode électroluminescente 34 ayant pour effet de rendre le phototransistor 32 conducteur de sorte que celui-ci réduite la tension de polarisation de la jonction base-émetteur du transistor de puissance 30. La résistance du trajet collecteur-émetteur de ce transistor 30 augmente alors avec l'éclairement croissant du phototransistor 32. Cette augmentation de la résistance du trajet collecteur-émetteur du transistor de puissance 30 a pour effet de diminuer la tension aux bornes des phases principale et auxiliaire par la chute de tension entre les bornes 21 et 22 du circuit de ballast 20, pour que les courants qui les parcourent soient réduits à leurs valeurs juste nécessaires au maintien de la vitesse de rotation désirée.

Il est à noter ici que du fait de l'augmentation de la résistance du trajet collecteur-émetteur du transistor de puissance 30, les tensions redressées et filtrés subissent une réduction notable. Afin d'éviter que cette baisse de tension ne change les conditions de fonctionnement du circuit de contrôle et de régulation, les contacts fixes du relais reliées par ses contacts mobiles 62 et 63 sont respectivement connectés de manière à court-circuiter la troisième 41 et la treizième 71 résistance dés circuits redresseurs respectifs

des tensions des phases principale et auxiliaire.

L'invention n'est pas limitée au mode de réalisation décrit précédemment et illustré par la figure annexé, mais s'étend à des variantes équivalentes de celui-ci. Par exemple, le circuit de ballast 20 peut être insérée dans le circuit des enroulements primaires d'un transformateur triphasé équipant le cycloconvertisseur 10 qui est alors un tripleur statique, dont les bornes froides (non reliées aux phases du réseau) sont alors reliées chacune à la jonction de la cathode d'une diode et de l'anode d'une autre diode en série, dont les autres électrodes sont reliées respectivement aux bornes 21 et 22 du circuit de ballast 20 qui apparaît alors comme une résistance variable en série avec les trois enroulements primaires. Cette résistance a pour effet d'influer sur la tension apparaissant aux bornes de la combinaison série des trois enroulements secondaires, qui constituent les bornes de sortie 11 et 13 du cycloconvertisseur 10 qui est alors du type à noyau saturable.

On peut également envisager de combiner les états de sortie du premier 54 et du second comparateur 80 au moyen d'une porte logique du type ET ou NON-ET dont l'une des entrées serait précédée d'un inverseur logique (NON) qui pourrait être remplacé par l'inversion des connections des entrées de l'un des comparateurs 54 ou 80. La sortie de cette porte pouvant alors alimenter le bobinage 39 du relais.

Le circuit objet de l'invention présente, par rapport à l'état de la technique, notamment les avantages suivants :

- d'ajuster automatiquement le temps de lancement à pleine puissance aux caractéristiques de l'ensemble composé du stator, du rotor et de la charge (anode), variables dans le temps et d'un tube ou moteur à l'autre ;
- d'autoriser la mise sous tension des électrodes du tube radiogène uniquement lorsque la vitesse du rotor est proche de sa valeur de consigne ; et
- de ne fournir aux enroulements du stator que le courant nécessaire au maintien de la vitesse rotation choisie.

On remarquera ici qu'il peut s'avérer avantageux de connecter des condensateurs 61, 62 et 87 de capacité élevée, par exemple, du type électrochimique, entre les sorties 53, 58 et 79 respectives des premier (51, 52), second (56, 57) et troisième (76, 77, 78) diviseurs de tension afin de parfaire le filtrage des fractions de tensions continues, respectivement appliquées aux entrées des amplificateurs opérationnels 54 et 80.

REVENDICATIONS

1. Circuit de contrôle et de régulation de la vitesse de rotation d'un rotor (1), notamment celui d'entraînement d'une anode tournante de tube radiogène du type dans lequel ce rotor (1), disposé à l'intérieur d'une enveloppe de verre (2), est entraîné à l'aide d'un champ magnétique tournant engendré au moyen d'un stator (3) situé à l'extérieur de l'enveloppe (3) et comprenant au moins deux paires d'enroulements (4, 5) dont la première constitue la phase principale (4) et la seconde la phase auxiliaire (5) et dont les axes de symétrie respectives, normales à l'axe de rotation du rotor, sont angulairement décalés l'un par rapport à l'autre, ces deux phases (4, 5) étant réunies ensemble par l'une de leurs bornes pour constituer une borne d'alimentation commune (9) couplée à l'une des bornes (13) d'une source de tension alternative monophasée (10), l'autre borne (6) de la phase principale (4) étant reliée directement et l'autre borne (7) de la phase auxiliaire (5) étant réunie au moyen d'un condensateur de déphasage (8), à l'autre borne (11) de la source monophasée (10), le circuit comprenant des premiers moyens de comparaison (54) de la tension de la phase principale (4) à un niveau de référence fixe et prédéterminé et des seconds moyens de comparaison (80) des tensions de la phase principale (4) et de la phase auxiliaire (5) à une valeur réglable, caractérisé en ce qu'il comporte des seconds moyens de comparaison (80) fournissant un second signal qui indique que le rapport des tensions prélevées respectivement aux bornes (6-9, 7-9) des phases auxiliaire (5) et principale (4) a atteint ou dépassé une valeur réglable correspondant à une vitesse de consigne choisie ; et des moyens de combinaison du premier et du second signal fournissant, lors de la présence simultanée de ces derniers, un troisième signal indiquant que les deux conditions susmentionnées sont remplies, notamment pour autoriser l'application de la très haute tension aux électrodes du tube radiogène.

2. Circuit suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte un premier redresseur (40) et un filtre (41-45) en cascade fournissant une première tension continue proportionnelle à l'amplitude crête de la tension alternative aux bornes (6, 9) de la phase principale (4) ; un premier montage potentiométrique fixe (56, 57) fournissant une première fraction prédéterminée (V_{58}) de la première tension continue ; une source de tension continue de référence (47-52) ; un premier comparateur de tension (54) constituant les premiers moyens de comparaison, alimenté respectivement par la première fraction (V_{58}) et la tension de référence (V_{53}) constante afin de fournir sur sa sortie (60) le premier signal sous la forme d'un premier état logique prédéterminé, lorsque celle-là atteint ou dépasse celle-ci.

3. Circuit suivant la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comporte, en outre, un second redresseur (70) et filtre (71-75) en cascade fournissant une seconde tension continue proportionnelle à l'amplitude crête de la tension alternative aux bornes (7, 9) de la phase auxiliaire (5) ; un second montage potentiométrique réglable (76, 77, 78) fournissant une seconde fraction (V_{79}) réglable de la seconde tension continue et faisant partie avec le premier montage fixe (56, 57) des seconds moyens de comparaison qui comprennent, en outre, un second comparateur de tension (80) comparant la seconde fraction réglable (V_{79}) à la première fraction prédéterminée (V_{58}) dont l'égalité représente un rapport déterminé et réglable des tensions aux bornes des phases auxiliaire (5) et principale (4), correspondant à une vitesse de consigne choisie, la sortie (83) du second comparateur (80) fournissant le second signal sous la forme d'un second état logique prédéterminé, lorsque la seconde fraction atteint ou dépasse la première.

4. Circuit suivant la revendication 3, caractérisé en ce que les moyens de combinaison comportent un circuit combinant les états de sortie respectives des deux comparateurs et fournissant en réponse à la présence simultanée à ses entrées du premier et du second signal, le troisième signal d'autorisation.

5. Circuit suivant la revendication 4, caractérisé en ce que le circuit combinant les états de sortie des deux comparateurs (54, 80) comporte un photocoupleur (36) dont la diode électroluminescente (35) est insérée entre les sorties respectives (83, 60) de ceux-ci et connectée de façon à conduire un courant suffisant pour que le rayonnement ainsi engendré sature le phototransistor (37) de ce photocoupleur (36) uniquement lorsque l'une (60) de sorties fournit un état logique bas indiquant que la première fraction (V_{58}) dépasse la tension de référence (V_{53}) et lorsque l'autre sortie (83) fournit un état logique haut indiquant que le rapport correspondant à la vitesse de consigne est atteint ou dépassé, la saturation du phototransistor (37) permettant d'établir une continuité dans le circuit de commande de la mise sous tension du tube, le photocoupleur (36) assurant un isolement entre les circuits.

6. Circuit suivant l'une des revendications 3 à 5, caractérisé en ce qu'il comporte un amplificateur opérationnel (99) respectivement alimenté sur ses entrées différentielles par les première est seconde (V_{79}) fractions et un circuit de ballast (20) en forme de dipôle dont les bornes (21, 22) sont insérés dans le circuit d'alimentation des deux phases (4, 5), entre leur borne commune (9) et l'une (13) des bornes de la source monophasée (10), ce circuit de ballast (20) constituant une résistance variable de façon continue entre une valeur minimale qu'elle présente pendant le démarrage et l'accélération du rotor (2) jusqu'à ce que la seconde fraction (V_{79}) ait dépassée de peu la première (V_{58}) et une valeur maximale déterminée à l'aide d'une première résistance fixe (23) connectée entre ses bornes (21, 22).

7. Circuit suivant la revendication 6, caractérisé en ce que le circuit de ballast (20) comporte un pont redresseur composé de quatre diodes (24 à 27) dont la diagonale d'entrée (21, 22) constitue les bornes du dipôle et qui comporte, en outre, un transistor de puissance (30) connecté par son trajet collecteur-émetteur entre les bornes (28, 29) de sa diagonale de sortie et dont la base est réunie à son collecteur au moyen d'une résistance de polarisation (31) qui en

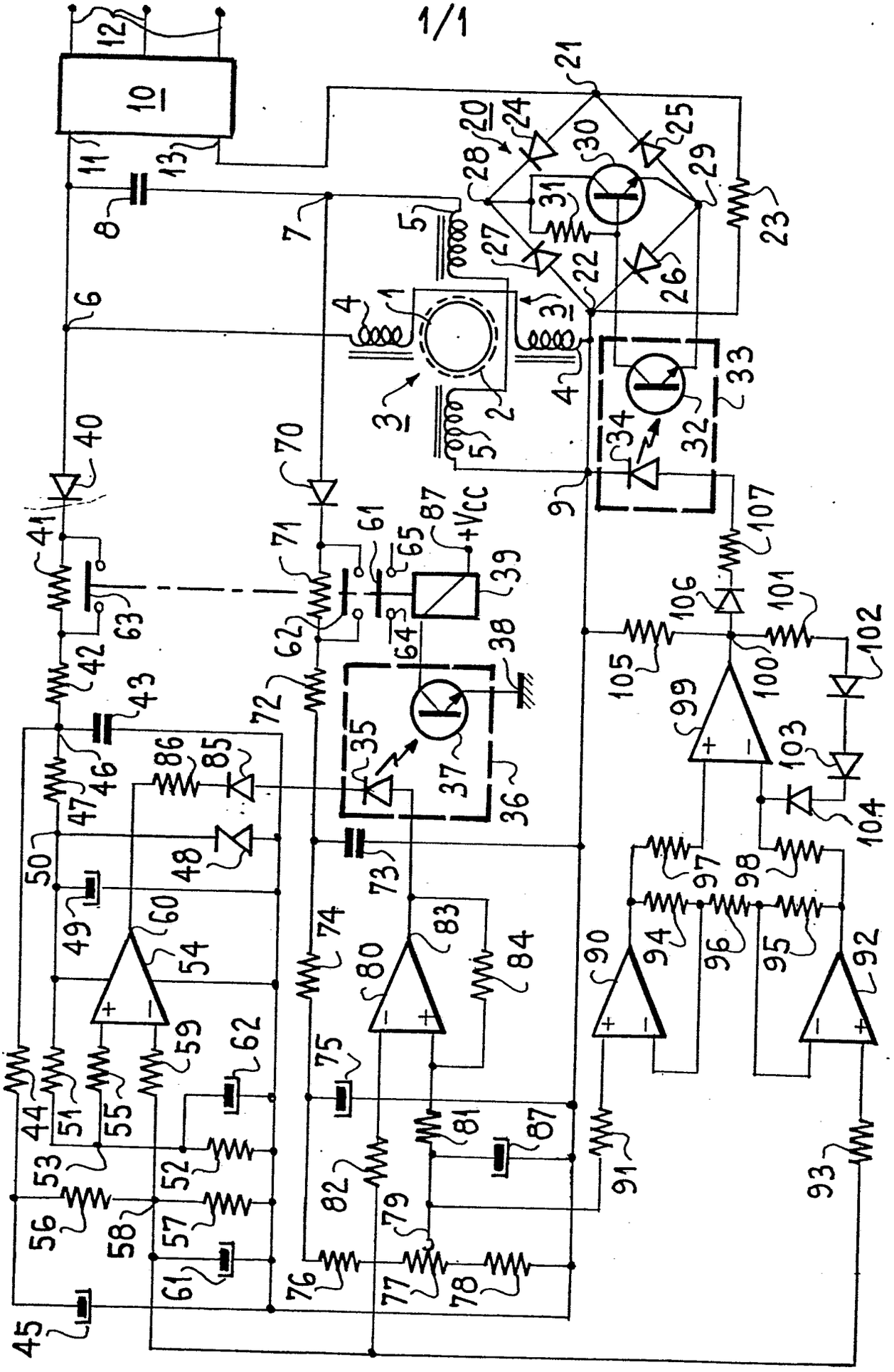
l'absence du signal de l'amplificateur opérationnel (99) provoque la saturation du transistor (30) après chacun des passages par zéro de la tension fournie par la source monophasé (10) de sorte que son trajet collecteur-émetteur shunte la première résistance (23).

8. Circuit suivant la revendication 7, caractérisé en ce qu'un élément à résistance variable (32) est réunie entre la base et l'émetteur du transistor (30), dont la résistance est commandé de manière à diminuer avec l'augmentation de la différence entre la seconde (V_{79}) et la première fraction (V_{58}) afin de réduire la polarisation du transistor (30) et d'augmenter, en conséquence, la résistance de son trajet collecteur-émetteur en fonction de cette différence, lorsqu'elle est positive.

9. Circuit suivant la revendication 8, caractérisé en ce que l'élément à résistance variable est constitué par un phototransistor (32) d'un autre photocoupleur (33), dont le trajet collecteur-émetteur est connecté entre la base et l'émetteur du transistor de puissance (30), la diode électroluminescente (34) de cet autre photocoupleur (33) étant insérée entre la sortie (100) de l'amplificateur différentiel (99) et la borne commune (9) de façon à être parcourue d'un courant qui varie avec la différence entre la seconde (V_{79}) et la première (V_{58}) fraction dès qu'elle est devenue positive.

10. Circuit suivant les revendications 6 à 9, caractérisé en ce que la sortie (100) de l'amplificateur opérationnel (99) est réunie à son entrée inverseuse à l'aide d'un circuit de contre-réaction à seuil (101, 102, 103, 104) qui comprend une résistance de contre-réaction (101) permettant de réduire notablement son gain dès qu'une tension de seuil déterminée par des éléments (102-104) présentant un seuil de conduction, connectés en série avec cette résistance (101) et compensant le seuil de conduction, notamment de la diode électroluminescente (34) de l'autre photocoupleur (33), est dépassé.

11. Générateur de rayons X comportant un tube radiogène à anode tournante, caractérisé en ce qu'il comporte un circuit de contrôle et de régulation de la vitesse de rotation de l'anode suivant l'une des revendications précédentes.


10
12
11
13
8
7
5
6
4
1
3
2
21
20
24
25
28
30
29
31
27
22
26
23
40
70
41
71
61
65
87
+Vcc
39
63
62
64
38
42
43
72
35
37
36
46
47
86
85
48
50
73
49
60
54
74
80
83
84
59
62
75
44
51
55
53
52
81
87
56
58
57
82
79
61
76
77
78
45
9
107
106
101
105
102
99
100
103
104
97
98
94
96
95
90
92
91
93

0045675
Numéro de la demande
EP 81 40 1155

Office européen des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée
AD	US - A - 3 518 434 (PICKER) * Colonne 2, ligne 51 - colonne 3, ligne 52; figure 1 *	1
A	US - A - 3 564 254 (WESTINGHOUSE) * Colonne 1, lignes 41-70; figure 1 *	1
A	FR - A - 2 251 152 (SIEMENS) * Page 7, lignes 1-14; figure 1 *	1
A	FR - A - 2 423 114 (SIEMENS) * Page 3, ligne 33 - page 4, ligne 31; figures 2,3 *	1
A	FR - A - 1 372 570 (PICKER X-RAY) * Page 3, colonne de droite, ligne 29 - page 4, colonne de gauche, ligne 16; figure *	1
A	DE - B - 1 191 048 (PICKER X-RAY) * Colonne 6, revendication *	1
DA	US - A - 2 185 826 (GENERAL ELECTRIC X-RAY) * Page 1, ligne 29 - page 2, ligne 21; figure 1 *	1

CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.³)

H 05 G 1/66

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.³)

H 05 G 1/66
H 01 J 35/10
H 05 G 1/32

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

X: particulièrement pertinent
A: arrière-plan technologique
O: divulgation non-écrite
P: document intercalaire
T: théorie ou principe à la base de l'invention
E: demande faisant interférence
D: document cité dans la demande
L: document cité pour d'autres raisons

&: membre de la même famille, document correspondant

X Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications

Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
La Haye	03-11-1981	WEIHS