

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

① N° de publication :
(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 493 093

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

②

N° 81 20142

⑤④ Système de compensation de la tension d'alimentation d'un tube à rayons X.

⑤① Classification internationale (Int. Cl.³). H 05 G 1/32.

②② Date de dépôt..... 27 octobre 1981.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée : *EUA, 27 octobre 1980, n° 200.644.*

④① Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 17 du 30-4-1982.

⑦① Déposant : GENERAL ELECTRIC COMPANY, résidant aux EUA.

⑦② Invention de : Herbert Edward Daniels, Harold Edmund Stehman et Brian Paul Moran.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Alain Catherine, GETSCO,
42, av. Montaigne, 75008 Paris.

La présente invention concerne un appareil de diagnostic à rayons X et, notamment, un système de compensation des variations de la haute tension appliquée, lors d'une exposition, entre anode et cathode du tube à rayons X, ces variations étant dues aux variations de la tension d'alimentation. Ce nouveau système de compensation est notamment applicable aux unités à rayons X mobiles alimentées par batterie dont la tension de sortie diminue à mesure que la batterie se décharge; mais, comme on le verra dans ce qui suit, le système peut également être utilisé pour compenser les variations de tension du réseau lorsque l'unité à rayons X est alimentée à partir du réseau alternatif d'alimentation dans un bâtiment.

Dans la plupart des unités à rayons X mobiles, les batteries alimentent en courant continu un convertisseur dont la tension alternative de sortie est fournie à un autotransformateur auquel est raccordé l'enroulement primaire d'un transformateur élévateur de tension alimentant l'anode du tube à rayons X. La tension de sortie alternative fournie par le secondaire du transformateur est redressée et, lors d'une exposition, la tension redressée est appliquée entre anode et cathode du tube à rayons X. Dans les systèmes antérieurs, avant exposition aux rayons X, l'utilisateur doit relever l'indication fournie par un appareil de mesure des conditions de charge de la batterie et manoeuvrer un dispositif de commande pour changer les prises sur l'autotransformateur de manière à modifier le rapport entre spires de ce dernier, ce qui compense la variation de la tension alternative de sortie due à une tension de source, soit une tension de batterie, inférieure à la pleine tension de charge. Cette procédure de compensation est sujette à erreur humaine.

Certains compensateurs de tension d'application générale, assez sophistiqués, utilisent des techniques logiques numériques, et pourraient être applicables à la compensation des variations de la tension d'alimentation dans un appareil à rayons X. Par exemple, un circuit est

décrit dans le brevet E.U.A. 3 818 321, dans lequel la tension alternative du secondaire d'un autotransformateur d'alimentation est échantillonnée et convertie en un signal analogique continu qui, à son tour, est converti en une valeur numérique équivalente ou code. Les nombres de spires sont établis en commandant la fermeture d'un seul commutateur de prise à la fois. Chaque commutateur de prise correspond à un compte unique dans un compteur numérique. La tension régulée est comparée à plusieurs tensions de référence définissant la gamme de régulation. Les résultats de la comparaison sont utilisés par paliers discrets pour commander les comptes dans le compteur et commander, par suite, la fermeture d'un commutateur particulier, afin que la tension commandée se situe entre les limites de tension de référence, ce qui ne se produit que lorsque la tension régulée se situe dans la gamme souhaitée. La complexité est l'un des inconvénients de ce système.

Divers autres systèmes de régulation de tension d'alimentation de tube à rayons X utilisent également des techniques logiques numériques. Ils sont généralement basés sur l'utilisation d'un microprocesseur. Des signaux représentatifs de la tension que l'utilisateur souhaite établir entre anode et cathode du tube à rayons X, lors d'une exposition, sont transmis à un microprocesseur qui exécute un programme se traduisant par des procédures de commutation ayant pour objet d'appliquer une tension correcte au transformateur de ce tube à rayons X. Des systèmes de ce type dépendent toutefois de moyens indépendants de régulation de la tension d'alimentation. Ils ne constituent pas des moyens simples de compensation automatique des variations de la tension de source à partir d'une simple sélection par l'utilisateur de la tension qu'il souhaite appliquer au tube à rayons X lors d'une exposition.

Conformément à l'invention, la tension d'entrée fournie à l'enroulement primaire d'un transformateur élévateur de tension pour tube à rayons X provient d'un autotransformateur alimenté depuis une source non régulée,

réseau d'alimentation dans un bâtiment, ou convertisseur alimenté par batterie rechargeable pour une unité mobile à rayons X. Dans l'exemple représenté, plusieurs commutateurs de prise, commandés par des moyens électrosensibles tels que des relais, sont utilisés pour modifier le raccordement des parties d'enroulement de l'autotransformateur, afin de commander sa tension de sortie. Les commutateurs peuvent établir diverses combinaisons, afin d'obtenir des tensions de sortie qui se situent sur la totalité de la gamme en kilovolts requise pour alimenter le tube à rayons X. Les données de niveau de tension de la source sont obtenues par un comparateur ou détecteur de niveau. Les signaux de sortie analogiques du détecteur de niveau, représentatifs de la tension de la source, sont convertis en un signal codé à plusieurs éléments binaires, tel qu'un signal à trois éléments binaires représentant la tension de la source. Ce signal est combiné à un autre signal codé, tel qu'un signal à cinq éléments formé par manoeuvre d'un commutateur de sélection de kilovolts (kV) à la disposition de l'utilisateur. Le signal codé résultant, ou signal à huit éléments binaires dans l'exemple représenté, représente alors la tension choisie et la tension de source réelle, le code étant unique pour chacun d'un grand nombre de choix possibles de kilovolts. Des combinaisons de signaux à trois et cinq éléments binaires peuvent, par exemple, représenter huit niveaux de tension de batterie et trente-deux niveaux de sélection de kilovolts. Les signaux combinés sont envoyés dans une mémoire morte qui les convertit en un mot binaire représentant le code correct de sélection de commutateurs de prise qui permet d'obtenir la tension de sortie correspondante en kilovolts pour chaque tension de source prédéterminée, tel que défini par le signal codé de combinaison. Le code de commutation est envoyé sur un banc de dispositifs de commande de commutateurs, et la sélection de la tension en kilovolts compensée se fait au niveau de l'autotransformateur au moyen de commutateurs appropriés. Le programme

de compensation dans la mémoire morte est, dans le cas d'une alimentation par batterie, formé par expérimentations, chaque combinaison tension en kilovolts-niveau de batterie étant considérée indépendamment. Dans une réalisation commerciale, la mémoire est une mémoire morte programmable (PROM) dans laquelle sont établis quatre programmes de compensation légèrement décalés l'un par rapport à l'autre pour tenir compte des variations d'une unité à l'autre. Le programme qui conduit à la compensation la plus précise est choisi lors de l'étalonnage.

L'invention a pour principal objectif un système simple et peu coûteux de compensation automatique des variations de la haute tension appliquée au tube à rayons X dues aux variations de la tension d'alimentation, ne requérant de l'utilisateur que le seul choix de la tension en kilovolts qu'il souhaite établir entre anode et cathode de ce tube à rayons X.

L'invention a aussi pour objectif d'établir par moyens logiciels la fonction de compensation, par simple programmation d'une mémoire PROM, de façon que cette fonction soit directement établie à partir de données expérimentales, sans qu'il soit besoin de moyens matériels.

Un autre objectif de l'invention est de réaliser un système dans lequel l'indépendance de chaque combinaison tension en kilovolts-niveau de batterie permet d'établir des fonctions de compensation très complexes.

L'invention a encore pour objectif un système de compensation des variations de la tension de source qui puisse être facilement adapté pour une utilisation dans un appareil à rayons X alimenté à partir soit d'une batterie, soit du réseau alternatif dans un bâtiment.

La suite de la description se réfère aux dessins annexés qui représentent:

. figure 1, le schéma combiné, sous forme de blocs et circuits, d'une unité à rayons X, telle qu'une unité mobile, utilisant une batterie comme source d'alimentation; et

. figure 2, le schéma combiné, sous forme de blocs et circuits, du système de compensation des variations de la source de tension d'une unité à rayons X, alimentée depuis un réseau de courant alternatif.

5 On a représenté en 20, à la partie inférieure de la figure 1, le tube à rayons X dont la tension anode-cathode doit correspondre à la tension choisie par l'utilisateur pour une exposition. C'est un tube classique avec une anode 21 et un filament de cathode 22. Le circuit
10 d'alimentation du filament est représenté symboliquement par le bloc 23. Le circuit d'alimentation en puissance du tube est représenté par le bloc 24; il se compose d'un transformateur élévateur et d'un redresseur et établit une tension en kilovolts, par l'intermédiaire des conduc-
15 teurs 25 et 26, entre anode et cathode du tube à rayons X, lors d'une exposition. Dans cet exemple, l'enroulement primaire du transformateur élévateur est alimenté depuis un autotransformateur portant la référence générale 27. L'autotransformateur comporte deux bornes de sortie 28 et
20 29 raccordées au circuit d'alimentation en puissance du tube 24 par l'intermédiaire des conducteurs 30 et 31 respectivement raccordés aux bornes 28 et 29.

La source d'alimentation dans l'exemple de la figure 1 est une batterie 35. Généralement, la tension
25 hors charge des batteries utilisées dans les unités à rayons X mobiles peut se situer aux environs de 121 V lorsque la batterie est complètement chargée, et sera considérée utilisable jusqu'au point de décharge pour lequel la tension hors charge de la batterie se situe aux envi-
30 rons de 108 V par exemple. La tension hors charge diminue généralement de manière non linéaire entre le point pour lequel la batterie est complètement chargée et celui pour lequel la tension est à une valeur minimum acceptable.

Dans l'exemple de la figure 1, on utilise un
35 convertisseur 36 pour convertir la tension continue de la batterie 35 en tension alternative, afin d'alimenter l'autotransformateur 27. Le convertisseur est raccordé à

la batterie par des conducteurs d'alimentation 37 et 38, et il fournit une tension de sortie à 800 Hz sous la commande d'un dispositif de commande de convertisseur tel que celui symbolisé par le bloc 39. Les systèmes convertisseurs appropriés sont suffisamment connus pour qu'il ne soit pas nécessaire de les décrire en détails. Le convertisseur fournit un signal de courant alternatif en réponse aux signaux reçus d'un temporisateur d'exposition aux rayons X représenté par le bloc 40 et rendu actif par le commutateur manuel d'utilisateur représenté par le bloc 41.

Le convertisseur est raccordé, par les conducteurs de sortie 42 et 44 aux parties d'enroulement de l'autotransformateur qui jouent le rôle d'enroulement primaire et qu'il alimente ainsi en courant alternatif.

L'autotransformateur porte, sur son noyau, un certain nombre de parties d'enroulement 45 à 54. On a porté entre parenthèses un nombre à côté des références de certaines parties d'enroulement, ce nombre représentant le nombre de spires choisi pour l'enroulement considéré dans cet exemple. Ainsi, les parties d'enroulement 46 à 49 comportent seize spires, et les parties d'enroulement 51, 52, 53 et 54 comportent respectivement huit, quatre, deux et une spires. On appellera parties mineures les parties 51 à 54, et parties majeures les parties 46 à 49.

On remarquera que, de la partie 54 à la partie 51, les nombres de spires correspondent aux valeurs du plus petit au plus grand chiffre significatif dans un mot de quatre éléments binaires. Le nombre de spires dans les parties majeures 46 à 49 est de seize et correspond au cinquième chiffre significatif dans un mot de cinq éléments binaires. On remarquera que la somme des nombres de spires des parties mineures est égale au nombre de spires dans l'une quelconque des parties majeures, soit seize. Au cours d'un demi-cycle de la tension de sortie de l'inverseur, le courant circulera depuis le conducteur d'entrée primaire 42, dans les parties d'enroulement raccordées en

série 49 et 48, vers le conducteur commun de courant continu 37; au cours du demi-cycle suivant, le courant circulera depuis le conducteur 44, dans les parties d'enroulement primaire 46 et 47, vers le conducteur commun 37; 5 une tension sera donc induite dans ces parties d'enroulement et dans les autres parties d'enroulement montées sur le noyau de transformateur.

Les diverses parties d'enroulement peuvent être raccordées ou non à un circuit série monté entre les bornes de sortie 28 et 29 de l'autotransformateur. On prévoit 10 à cette fin un certain nombre de moyens électrosensibles de commande de commutateur de prise, tels que les bobines de relais 60 à 67. Chaque bobine de relais, lorsqu'elle est excitée, commande une paire de contacts de commutateur 15 de prise, pour raccorder sélectivement une partie d'enroulement dans le circuit série monté entre les bornes de sortie de l'autotransformateur, ou pour court-circuiter et débrancher sélectivement cette partie d'enroulement. Par exemple, lorsque la bobine de relais 67 est excitée, 20 elle commande la fermeture des contacts 70 et l'ouverture des contacts 71 simultanément. Lorsque les contacts 71 normalement fermés sont ouverts et lorsque les contacts 70 normalement ouverts sont fermés, sous la commande de la bobine de relais 67 excitée, la partie d'enroulement 54 25 sera insérée dans le circuit série entre les bornes de sortie 28 et 29. On peut voir sur le dessin que chaque partie d'enroulement est associée à un commutateur de prise comparable au commutateur 70 afin de pouvoir être raccordée sélectivement en série avec les autres parties d'enroulement sélectionnées, ainsi qu'à un commutateur comparable au commutateur 71 afin de pouvoir être court-circuitée tout en permettant d'établir la continuité du circuit entre les bornes 28 et 29. La tension de sortie la plus élevée sera fournie entre les bornes 28 et 29 de 30 l'autotransformateur lorsque les commutateurs de prise 71, 73, 75, 77 et 79 seront ouverts et que les commutateurs de prise 70, 72, 74, 76 et 78 seront fermés, toutes

les parties d'enroulement étant alors en série entre les bornes de sortie. Bien entendu, le système de compensation des variations de la tension de source qui va être décrit raccorde les parties d'enroulement en série en fonction de la demande afin d'obtenir, entre les bornes de sortie 28 et 29, une tension directement proportionnelle à la valeur en kilovolts choisie par l'utilisateur pour l'exposition suivante aux rayons X. La tension de sortie entre les bornes 28 et 29 est réellement proportionnelle à la valeur de tension choisie pour le tube à rayons X puisque cette tension de sortie est élevée dans le circuit 24 à transformateur et redresseur avant d'être appliquée entre anode et cathode du tube à rayons X par l'intermédiaire des conducteurs 25 et 26.

On décrira maintenant le circuit de compensation et de mesure de la tension de la source. La tension réelle de la batterie 35 est obtenue par l'intermédiaire d'un amplificateur de mesure 91 dont une entrée est raccordée à cette batterie par le conducteur 92 et l'un des interrupteurs d'un double commutateur 93. La tension apparaissant sur la sortie 94 est à tout moment proportionnelle à la tension de batterie. La tension mesurée est fournie à un comparateur ou détecteur de niveau de tension portant la référence générale 95. Le détecteur de niveau comporte plusieurs amplificateurs différentiels tels que l'amplificateur 96, les conducteurs de sortie signal de ces amplificateurs étant respectivement référencés 97 à 104. Le circuit comporte un diviseur de tension dont les résistances sont raccordées en série aux points 105 à 112. Une résistance variable 113 est raccordée à la borne positive d'alimentation et utilisée pour établir la tension de seuil des niveaux du comparateur 95.

Le signal analogique formé sur la sortie 94 de l'amplificateur 91 et représentatif de la tension de batterie est transmis sur un conducteur commun 94' auquel sont raccordées les entrées d'inversion de l'amplificateur 96 et des autres amplificateurs de la chaîne. Le potentiel

sur le conducteur commun 94' dépend de la tension réelle de la batterie hors charge. Pour la tension de batterie la plus élevée apparaissant sur le conducteur commun 94', tous les points de jonction 105 à 112 seront à une tension plus faible que celle de ce conducteur commun, et la différence de tension sera suffisamment élevée pour déclencher l'amplificateur 96 et tous les autres amplificateurs, de sorte que toutes les sorties 97 à 104 passeront à niveau bas. Les sorties d'amplificateur 97 à 104 peuvent donc être considérées comme étant au zéro binaire, et, dans cet exemple, on peut considérer qu'on a formé un nombre binaire à huit chiffres, tous égaux à zéro. Lorsque la tension de batterie est à la valeur la plus basse acceptable, à 110 V par exemple, elle ne peut être supérieure qu'au potentiel au point 112 du diviseur; dans ce cas, la différence de tension entre le point 112 et le conducteur commun 94' peut tout juste être suffisante pour déclencher uniquement l'amplificateur situé en bas de la chaîne représentée, de sorte que, seule, la sortie 104 passera au zéro binaire, les sorties des autres amplificateurs restant à niveau haut, soit au 1 binaire. On aura donc formé un mot binaire sous la forme 01111111. Dans cet exemple particulier, la tension de batterie est définie en huit paliers de deux volts entre 110 et 124 V, et ces paliers de deux volts se répercutent sous forme de paliers de deux kilovolts en sortie du transformateur élévateur du tube à rayons X. Dans l'agencement représenté, vingt-huit réglages possibles de valeurs en kilovolts et les huit paliers de tension de batterie se traduisent par deux cent vingt-quatre combinaisons des commutateurs de prise 70 à 84.

Sur la figure 1, le mot binaire à huit chiffres représentant la tension réelle de la batterie avant exposition est transmis par une barre omnibus à huit conducteurs 120 au codeur numérique 121 qui, dans cette réalisation, est un codeur 8-3 conducteurs. Autrement dit, le signal de sortie du détecteur de niveau est converti en un signal codé à trois éléments binaires qui représente la

tension réelle de la batterie et qui apparaît, en sortie du codeur, sur la barre omnibus à trois conducteurs 122. Lorsque le système est mis sous tension pour une exposition aux rayons X, la tension de batterie est mesurée, codée comme il vient d'être décrit, et le signal codé représentatif de cette tension est gardé dans un registre ou bascule numérique de verrouillage 123. Lorsque le circuit est en condition de préparation à une exposition, un commutateur 124 est fermé pour que la valeur enregistrée dans la bascule 123 ne puisse pas être modifiée au cours de l'exposition.

Le signal codé à trois chiffres représentant la tension de batterie constitue une partie d'une adresse permettant d'accéder à l'un des programmes enregistrés dans la mémoire PROM 125. La partie à trois chiffres de l'adresse est transmise à la mémoire, depuis la bascule, par l'intermédiaire de la barre omnibus 126. Les programmes enregistrés dans la mémoire, lors de leur exécution, commandent sélectivement les commutateurs de prise de l'autotransformateur de manière à obtenir, en sortie de cet autotransformateur, une tension compensée, que la tension de la batterie soit au-dessus ou en dessous d'un niveau prédéterminé. L'autre partie de l'adresse d'accès à la mémoire PROM est, dans cet exemple, un signal codé à huit éléments binaires qui représente la valeur en kilovolts de la tension que le radiologiste souhaite établir entre anode et cathode du tube à rayons X pour une exposition. Le choix de cette valeur de tension est la seule démarche mentale devant être accomplie par l'utilisateur. Ce choix se fait au moyen d'un sélecteur de tension avec codeur, l'ensemble étant représenté par le bloc 130. L'utilisateur tourne un bouton 127 pour aligner une aiguille sur une échelle 128 graduée en kilovolts de tension appliquée au tube à rayons X. Le bouton commande un codeur (non visible) qui fournit en sortie un mot binaire de code à cinq chiffres représentatif de la valeur choisie. Dans cet exemple, le mot à cinq chiffres est transmis par la barre omnibus

129 et constitue l'autre partie de l'adresse d'accès à un programme particulier de la mémoire PROM. L'adresse est donc un mot de code à huit chiffres qui représente la valeur de tension choisie et le niveau de la tension
5 réelle de la batterie. On expliquera ultérieurement comment la mémoire PROM est programmée.

Lorsque la mémoire PROM 125 reçoit un mot de code à huit chiffres représentatif de la tension réelle de batterie et de la tension choisie pour le tube à rayons
10 X, elle forme dans cet exemple, un mot binaire à huit chiffres sur la barre omnibus 131 pour sélectionner certains dispositifs de commande des relais, l'ensemble des dispositifs de commande étant représenté par le bloc 132. Les dispositifs de commande sont mis sélectivement en ser-
15 vice par les chiffres qui, dans le mot fourni, se trouvent au niveau haut, soit à 1 binaire. Par suite, seront excités les relais de l'ensemble 60 à 67 qui commanderont les commutateurs de prise de l'autotransformateur de telle sorte que la tension de sortie entre les bornes 28 et 29, et,
20 par suite, la tension fournie au tube à rayons X seront correctes, quelle que soit la tension réelle de la batterie à ce moment. Bien entendu, lorsque la tension de la batterie est faible, un plus grand nombre de spires de la partie secondaire de l'autotransformateur doivent être
25 mises en circuit pour obtenir la valeur de tension choisie sur le tube à rayons X.

Lorsque l'autotransformateur est mis sous tension à partir du convertisseur, un nombre minimum de spires primaires sont en circuit comme on peut le voir figure 1, le
30 groupe de spires 45 étant mis en circuit par l'intermédiaire des commutateurs normalement fermés 71, 73, 75, 77, 79, 81, 83 et 85 qui sont en position de fermeture. On peut voir que, par diverses combinaisons de relais ou de moyens électrosensibles de commande de commutateur, on peut fermer
35 et ouvrir les deux commutateurs associés, respectivement, d'un certain nombre de paires de commutateurs, tels que 70, 71 et 78, 79 et 85, afin d'insérer d'autres parties

d'enroulement secondaire dans le circuit série monté entre les bornes de sortie 28 et 29, ou de les éliminer d'entre ces bornes, pour augmenter ou diminuer la tension de sortie du transformateur. Si, par exemple, on a en
5 sortie de la mémoire PROM le mot binaire 00100111, les bobines de relais 62, 65, 66 et 67 seront excitées. La bobine de relais 62 excitée met en circuit les enroulements 46, 47 et 48 entre les bornes de sortie puisqu'elle entraîne les contacts de commutateur auxquels elle est
10 associée dans la position inverse de la position représentée. Les bobines de relais 65, 66 et 67, excitées, mettent en circuit les parties d'enroulement secondaire 52, 53 et 54 dans le circuit série montée entre les bornes de sortie, avec les parties d'enroulement précédemment mention-
15 nées. Les trois enroulements majeurs, soit les enroulements 46, 47 et 48 qui ont seize spires dans cet exemple, s'accroissent donc des quatre spires de la partie 52, des deux spires de la partie 53 et la spire unique de la partie 54. Dans la plupart des cas, ce sont seulement les parties
20 d'enroulement mineures 54, 53, 52 et 51, de un, deux, quatre et huit spires qui devront être commutées.

On décrira maintenant comment la mémoire PROM 125 est programmée. Mais avant, on notera que la compensation complète des variations de la haute tension du tube
25 à rayons X doit prendre en compte des variations d'autres conditions électriques afin de pouvoir faire des expositions à différentes tensions et avec différents courants de tube à rayons X. Par exemple, si le courant du tube à rayons X est choisi de valeur élevée, les flux et impédances de fuite du transformateur et d'autres facteurs
30 dans le circuit varient en fonction du courant de charge et des niveaux de tension, si bien que la relation est non linéaire entre la tension de la batterie et le montant de la compensation nécessaire et obtenue par commutation
35 sous commande des relais, afin d'obtenir une tension de sortie de transformateur qui se traduira par la valeur en kilovolts appliquée au tube à rayons X correspondant

à celle établie par l'intermédiaire du sélecteur-codeur.

La programmation de la mémoire PROM résulte donc d'une procédure expérimentale qui commence en établissant la tension de la batterie à un niveau qui correspond au niveau le plus bas qu'il est permis à la batterie d'atteindre lorsque l'unité à rayons X est en service. A cette valeur de tension de batterie, toutes les permutations d'ouverture et de fermeture des commutateurs à relais sont faites et une exposition aux rayons X est faite pour chaque permutation. Pour chaque exposition aux rayons X, soit avec le tube à rayons X conducteur, on note la tension appliquée au tube, la tension de batterie et la combinaison de relais correspondante. La tension de batterie est alors amenée à un niveau un peu plus élevé, de deux volts par exemple, et on note la tension appliquée au tube et la combinaison de relais pour chaque permutation établie. On répète cette procédure pour les différents paliers de tension de batterie jusqu'au niveau maximum de tension de batterie que l'on peut obtenir. Toutes ces données étant enregistrées, on peut entreprendre la programmation de la mémoire PROM. La façon de programmer les mémoires PROM est décrite dans les notices fournies par les fabricants et ne sera donc pas décrite en détails. Ce que l'on doit faire en principe est de relever, dans les données expérimentales collationnées, la sélection de valeurs en kilovolts correspondant à chaque tension de batterie pour établir dans la mémoire les circuits qui fourniront un mot de code spécifique à une tension particulière et une valeur en kilovolts particulière, de sorte que l'adresse en deux parties établie par le codeur 121 et le sélecteur 130 constituera pour la mémoire une adresse unique permettant d'obtenir le mot de sortie correspondant à la tension choisie pour être appliquée au tube par le truchement de relais spécifiques alors commandés. Par exemple, on supposera que l'on souhaite appliquer 85 kV sur le tube et que la tension de la batterie est de 112 V. On recherchera dans les données celles correspondant à la

combinaison de relais permettant d'obtenir 85 kV avec une tension de batterie de 112 V. On établit alors dans la mémoire les circuits qui, à l'adresse 85 kV-112 V, fourniront le mot de code entraînant l'établissement de la combinaison de relais relevée. On peut donc mettre en programme chaque valeur en kilovolts pour chaque tension de batterie, de sorte que les variables non mesurables du circuit n'ont pas besoin d'être prises en compte.

Dans une réalisation commerciale, plusieurs programmes de compensation sont enregistrés dans une ou plusieurs mémoires PROM, chaque programme étant défini par expérimentations, et chaque combinaison sélection kV-niveau de batterie étant considérée indépendamment. Par exemple, la mémoire PROM considérée contient quatre programmes de compensation légèrement décalés les uns par rapport aux autres pour pouvoir s'adapter aux différences entre différentes unités à rayons X. Pour une unité, on choisit le programme qui conduit à la compensation la plus précise lors de l'étalonnage de cette unité.

Bien entendu, le principe de l'enregistrement en mémoire PROM de programmes pour combinaisons de commutateurs permettant d'obtenir plusieurs valeurs de haute tension, à partir de plusieurs niveaux de tension de batterie, est applicable aux systèmes utilisant un transformateur classique avec enroulements primaires isolés des enroulements secondaires, au lieu d'un autotransformateur dans lequel au moins une partie des enroulements primaires et secondaires est commune. Par ailleurs, on peut utiliser un transformateur classique avec commutateurs de prises associés aux enroulements primaires ou aux enroulements secondaires pour augmenter la tension fournie par le convertisseur.

On a représenté figure 2 une variante du système de compensation. Le circuit est celui d'un système de diagnostic par rayons X alimenté, non pas par batterie comme dans le cas de la figure 1, mais par le réseau d'alimentation alternatif d'un bâtiment.

On a représenté en P1 et P2 les bornes d'entrée du système de la figure 2, la source de tension alternative portant la référence 140. Comme dans le cas précédent, le système comporte un autotransformateur 141 avec 5 prises destiné à fournir une tension de sortie au transformateur du tube à rayons X, cette tension de sortie étant fonction de la haute tension en kilovolts choisie, que la tension de la source soit inférieure ou supérieure à la tension normale.

10 L'autotransformateur comporte plusieurs parties d'enroulement 142 à 151. Chaque partie d'enroulement est associée à deux commutateurs à commande unique, l'un normalement fermé, l'autre normalement ouvert, tels que les commutateurs 153 et 152. Les paires de commutateurs sont 15 commandés par des moyens électrosensibles, tels que les bobines de relais 154 à 161. L'autotransformateur, l'agencement des commutateurs et des relais sont en principe identiques à l'autotransformateur et à l'agencement de la figure 1. Les nombres de spires dans les parties d'enroulement de transformateur sont équivalents à des valeurs binaires. Par exemple, les parties d'enroulement 148, 149, 20 150 et 151 peuvent avoir respectivement huit spires, quatre spires, deux spires et une spire. On peut donc, avec ce groupe de bobines, obtenir toute combinaison de valeurs de tension entre 0 et 16. Les enroulements 143, 144, 145 et 146 ont chacun un nombre de spires égal à la somme du nombre de spires du groupe d'enroulements 148 à 151. Les 25 bornes de sortie du transformateur portent les références L1 et L2. Comme dans l'exemple précédent, la tension fournie par le transformateur sur ses bornes L1 et L2, dont 30 les éventuelles variations dues aux variations de la tension de source sont compensées, est transmise à l'ensemble 169 constitué par le transformateur élévateur du tube à rayons X et un redresseur, la haute tension obtenue étant 35 appliquée entre anode et cathode du tube à rayons X 170. Le système de commande du courant dans le tube est symbolisé par le bloc 171; c'est un système classique qui ne sera pas

décrit en détails.

Le système de la figure 2 comporte un détecteur de niveau de tension de source ou comparateur 172, analogue au détecteur de niveau 95 de la figure 1, qui peut être utilisé pour déterminer le niveau réel de la tension de réseau d'alimentation aux bornes d'entrée P1 et P2. La tension d'entrée du détecteur de niveau est une tension continue, comme dans l'exemple précédent, formée par un redresseur 173 qui est alimenté par l'enroulement secondaire d'un transformateur d'isolement abaisseur 174, l'enroulement primaire de ce transformateur étant raccordé aux bornes P1 et P2.

Comme dans l'exemple de la figure 1, le signal analogique fourni par le détecteur de niveau, et représentant le niveau de tension de la source, est converti, dans le codeur 175, en un signal codé à plusieurs éléments binaires. Un signal codé à trois éléments binaires est généralement satisfaisant; mais si l'on souhaite une compensation plus précise, ou encore compenser de plus petites variantes de la tension de réseau, on doit élargir la gamme de fonctionnement du détecteur de niveau et adapter le codeur à la conversion d'un plus grand nombre de paliers de tension d'entrée en un signal couvrant les paliers supplémentaires avec un nombre d'éléments binaires supérieur à trois. On sait que seize niveaux différents de tension peuvent être représentés par un signal codé à quatre éléments binaires, et que trente-deux niveaux peuvent être représentés par un signal à cinq éléments binaires.

Le mot de code correspondant à la tension réelle de la source est transmis à une bascule de verrouillage 176 comme dans l'exemple précédent. Ce mot de code constitue une partie d'une adresse d'un programme de compensation spécifique enregistré dans la mémoire PROM 177. Comme dans l'exemple précédent, l'autre partie de l'adresse représente la valeur en kilovolts de la haute tension choisie par l'utilisateur avant de faire une exposition. Cette partie d'adresse est, là aussi, formée à partir d'un

sélecteur kV de valeur de haute tension 178 comportant un bouton rotatif avec une aiguille se déplaçant devant une échelle 179 de valeurs de tension. Le bouton entraîne un potentiomètre (non visible) qui fournit un signal analogique sur un conducteur 180 raccordé à une entrée d'un amplificateur de sommation 181. L'autre conducteur d'entrée 182 de l'amplificateur 181 reçoit le signal d'un circuit de compensation mA représenté par le bloc 183. Le circuit de compensation mA modifie le signal représentant la valeur de haute tension en tenant compte des différences entre valeur de haute tension choisie et valeur réelle de haute tension, telles que celles pouvant résulter des différences de chute de tension dans le circuit dues à des courants de charge de tube à rayons X différents.

Le signal analogique représente la valeur de haute tension d'anode choisie et le signal du circuit de compensation mA sont additionnés dans l'amplificateur 181, le signal de sommation étant transmis à un convertisseur analogique-numérique 184 qui transforme le signal analogique en un mot de code numérique à chiffres multiples; ce dernier forme la seconde partie de l'adresse programme et est transmis à la mémoire PROM par la barre omnibus 185. Lorsqu'elle reçoit le mot de code combiné constitué par un groupe de chiffres représentatif de la tension de source et par un autre groupe de chiffres représentatif de la valeur en kilovolts choisie et compensée, la mémoire PROM fournit la combinaison d'éléments binaires 0 et 1 qui, transmise aux dispositifs de commande de relais 186, provoquera l'excitation de ceux des relais 154 à 161 entraînant, par ouverture des contacts appropriés, l'apparition, sur les bornes L1 et L2, d'une tension correspondant à la valeur de haute tension choisie pour être appliquée sur l'anode du tube à rayons X 170.

Lorsque le système de la figure 2 est en phase de préparation d'une exposition aux rayons X, et immédiatement avant que l'exposition soit commandée, le commutateur 187 est fermé pour commander un dispositif de

temporisation 188, ce dernier fournissant, sur le conducteur 189, un signal de sortie bloquant, dans la bascule 176, le mot de code représentatif de la tension de source au moment où se fait l'exposition aux rayons X et jusqu'à

5 ce qu'elle soit terminée. Le même signal est transmis à la mémoire PROM pour qu'elle fournisse à ce moment le code de compensation résultant des mots de code d'adresse qu'elle reçoit, de sorte que les relais 154 à 161 ont le temps

10 d'établir le réseau de commutation correct avant exposition.

Le système de la figure 2 comporte un redresseur 190 raccordé aux bornes L1 et L2 du transformateur. La tension continue de sortie de ce redresseur est transmise à un dispositif d'affichage de tension 191 étalonné pour afficher en sept segments la valeur de haute tension réelle

15 appliquée au tube à rayons X avant exposition.

La mémoire PROM 177 est programmée comme il a été décrit précédemment pour l'exemple de la figure 1, sauf que l'entrée de tension alternative ou tension de source est modifiée par paliers et que l'on note la combinaison

20 correcte de relais en fonctionnement pour obtenir une valeur de haute tension spécifique.

En résumé, on a décrit deux systèmes de compensation des variations d'une tension de source, avec enregistrement permanent de chaque combinaison tension source-

25 valeur de haute tension en kilovolts, chaque combinaison étant indépendante des autres de sorte que tous les facteurs pouvant affecter la haute tension de sortie, pour des valeurs particulières de tension de source et de tension et courant de tube, sont pris en compte bien que non

30 connus.

REVENDEICATIONS

1. Système de compensation permettant de réguler la tension fournie au circuit d'alimentation en puissance (24) d'un tube à rayons X (20, de manière que la
- 5 valeur de haute tension choisie pour être appliquée à ce tube soit indépendante des variations de la tension de la source d'alimentation (35), caractérisé en ce qu'il comporte:
- . un transformateur (27) avec bornes d'entrée
10 d'enroulement primaire, des moyens (36) pour coupler ces bornes d'entrée à la source d'alimentation, et avec bornes de sortie (28, 29) destinées à être couplées au circuit d'alimentation en puissance du tube à rayons X, ce transformateur étant composé d'un certain nombre de parties
15 d'enroulement (45-54) destinées à être raccordées sélectivement dans un circuit série monté entre les bornes de sortie;
 - . un certain nombre de paires de moyens (70-71, 72-73,..) constituant commutateur de prise pouvant être
20 commandés pour raccorder dans le circuit série certaines parties d'enroulement sélectionnées et pour éliminer certaines parties d'enroulement sélectionnées de ce circuit série, ce qui permet d'obtenir entre les bornes de sortie une tension de sortie se traduisant par la valeur choisie
25 de haute tension à appliquer au tube;
 - . des moyens électrosensibles (60-67) de commande de commutateur pour chaque paire de commutateurs de prise;
 - . des moyens détecteurs de niveau de tension
30 (95) pour mesurer une tension représentative de la tension de la source d'alimentation, ces moyens fournissant des signaux analogiques correspondant à la tension de cette source;
 - . des premiers moyens de codage (121) transformant les signaux analogiques en premiers mots de code
35 binaires à chiffres multiples, représentatifs des niveaux de tension instantanés de la source d'alimentation, ces

premiers mots de code constituant une partie d'une adresse;

5 . des moyens (127,128) pour choisir la valeur de tension souhaitée pour être appliquée au tube à rayons X, par l'intermédiaire du circuit d'alimentation en puissance de ce tube, à partir de la tension de sortie du transformateur appliquée à ce circuit;

10 . des seconds moyens de codage (130) formant des seconds mots de code binaires à chiffres multiples, représentatifs de la valeur de haute tension souhaitée et qui constituent une autre partie de l'adresse;

15 . des moyens constituant mémoire morte (125) avec des moyens de sortie (131) et avec des moyens d'entrée (126,129) pour recevoir une adresse combinée composée des chiffres binaires représentatifs de la tension de la source d'alimentation et des chiffres binaires représentatifs de la haute tension souhaitée pour le tube à rayons X, cette mémoire transformant chaque adresse en un signal codé binaire qu'elle fournit sur ses moyens de sortie et qui définit quels sont les moyens de commande de commutateur qui doivent être mis en service pour obtenir la tension appropriée de sortie du transformateur pour chaque tension de source d'alimentation dont la valeur est définie dans l'adresse; et

20 . des moyens de commande (132) recevant en entrée le signal codé binaire, avec des moyens de sortie couplés aux moyens électrosensibles de commande de commutateur, pour que les paires de commutateurs soient commandés en fonction de la valeur binaire des chiffres constituant ce signal codé binaire.

30 2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens couplant les bornes d'entrée du transformateur (27) à la source d'alimentation (35) sont constitués par un convertisseur continu/alternatif (36), la source d'alimentation étant en batterie.

35 3. Système selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'il comporte une bascule de verrouillage (123) recevant en entrée les mots de code binaires

fournis par les premiers moyens de codage (121), avec
moyens de sortie (126) couplés à la mémoire morte (125),
cette bascule maintenant inchangé le mot de code représen-
tant la tension de la source d'alimentation lorsque la
5 haute tension est appliquée au tube à rayons X pour une
exposition.

4. Système selon la revendication 1, caracté-
risé en ce que:

. les moyens qu'il comporte pour choisir la
10 valeur de haute tension souhaitée pour le tube à rayons X
(178) fournissent un signal analogique qui correspond à la
valeur nominale choisie;

. il comporte des moyens pour former un autre
signal analogique (183) représentatif de la quantité de
15 laquelle la tension nominale choisie doit être modifiée
pour compenser les variations de tension qui dépendent du
courant choisi pour circuler dans le tube à rayons X lors-
que la haute tension est appliquée à ce tube pour une expo-
sition;

. il comporte des moyens constituant amplifi-
cateur de sommation (180) pour former, par sommation du
signal analogique de valeur nominale et du signal analogi-
que de compensation, le signal analogique qui, transmis
aux seconds moyens de codage, formera l'autre partie de
25 l'adresse à transmettre à la mémoire morte.

5. Système selon la revendication 1, caractéri-
sé en ce que:

la mémoire morte qu'il comporte (177) est pro-
grammée pour fournir des signaux codés binaires de sortie
30 définissant quels sont les commutateurs associés aux enrou-
lements du transformateur qui doivent être ouverts et fer-
més pour que la tension mesurée fournie au circuit d'ali-
mentation en puissance du tube à rayons X et pour que le
courant mesuré circulant dans ce tube correspondent aux
adresses formées à partir du niveau de tension mesuré de
35 la source d'alimentation et de la valeur de haute tension
choisie, au moment où sont mesurés tensions et courants,
afin de compenser les variations de tous les facteurs qui

pourraient affecter la relation entre la valeur de haute tension choisie et la valeur de haute tension appliquée au tube lorsque ce tube est mis en service.

5 6. Procédé de compensation des variations de la tension appliquée entre anode et cathode d'un tube à rayons X (20) dues aux variations de tension de la source d'alimentation (35), caractérisé en ce qu'il consiste:

10 . à monter un transformateur (27) avec ses bornes d'entrée couplées à la source d'alimentation, ce transformateur comportant un certain nombre d'enroulements (45-54) pouvant être raccordés par commutateurs (70-85) selon diverses combinaisons afin de former diverses tensions de sortie qui sont transmises au transformateur élé-
vateur (24) qui fournit la haute tension anode-cathode au
15 tube à rayons X;

20 . à régler la source d'alimentation pour qu'elle fournisse un niveau de tension déterminé, à établir diverses combinaisons de commutateurs en position d'ouverture et de fermeture, tout en effectuant une série d'exposi-
tions aux rayons X par mise en service de ce tube pour cha-
que combinaison, et à enregistrer les données correspon-
dant à la valeur de haute tension réellement appliquée au
tube à rayons X, au niveau de tension de la source d'ali-
mentation pour chaque combinaison;

25 . à collationner les mêmes données pour des niveaux différents de la tension de la source d'alimenta-
tion couvrant au moins la gamme de variation supposée de
la tension de la source d'alimentation;

30 . à programmer une mémoire morte (125) de façon qu'en réponse à des adresses formées de mots de code
binaires, représentatifs de niveaux de tension de source
d'alimentation et de valeurs de haute tension pour le tube
à rayons X qui correspondent aux données collationnées,
cette mémoire fournisse un signal codé binaire représen-
35 tatif d'une combinaison spécifique de commutateurs pour
chaque combinaison de niveau de tension de source et de
valeur de haute tension de tube définie dans les données

collationnées;

- 5 . à établir des adresses de mémoire morte représentatives de niveaux réels de tension de source et de valeurs de haute tension de tube pouvant être choisis pour que la mémoire morte puisse fournir des signaux codés binaires représentatifs de combinaisons spécifiques de commutateurs, et à prévoir des moyens (132,60-67) qui, en réponse à ces signaux, établissent les combinaisons de commutateurs.



