

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 570 898**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **85 14016**

⑤1 Int Cl^a : H 02 M 1/08.

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 20 septembre 1985.

③0 Priorité : US, 21 septembre 1984, n° 652 974.

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 13 du 28 mars 1986.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : **VEECO INSTRUMENTS,
INC. — US.**

⑦2 Inventeur(s) : Georges A. Gautherin et Sol Greenberg.

⑦3 Titulaire(s) :

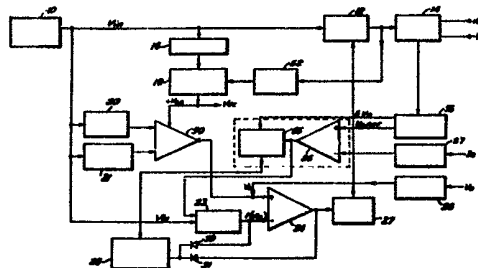
⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Simonnot.

⑤4 Circuit de commande d'alimentation commutée régulée.

⑤7 L'invention concerne les alimentations régulées commu-
tées.

Elle se rapporte à une alimentation dans laquelle le circuit de régulation détecte la tension d'entrée V_{in} , ainsi que la tension et le courant de sortie V_o , I_o , afin que le coefficient d'utilisation puisse atteindre une valeur de l'ordre de 80 % lorsque la tension d'entrée est trop faible, bien que le coefficient d'utilisation soit voisin de 50 % lorsque la tension d'entrée est normale. En outre, un circuit 55, 65 limite le courant d'entrée et le coefficient d'utilisation lorsque la charge consomme une quantité excessive d'énergie ou est en court-circuit, la tension et l'intensité du courant de sortie étant toutes deux limitées.

Application à l'alimentation des appareils électroniques.



La présente invention concerne un circuit de commande pour alimentation commutée régulée, notamment du type parallèle ou sans fer. L'invention concerne en particulier un circuit efficace de commande de régulation, ayant plusieurs fonctions de régulation de ligne par réaction positive, et par régulation de sortie dans diverses conditions de charge.

Les alimentations commutées sont parmi les types les plus utilisés d'alimentations dans l'industrie électronique. On les utilise beaucoup dans les ordinateurs numériques et autres applications de traitement de données, dans les circuits électroniques de vérification, dans les appareillages aéronautiques et en général dans toutes les branches de l'industrie. Etant donné leurs applications universelles et comme plusieurs alimentations régulées sont souvent nécessaires dans une même installation électronique, le coût est un facteur primordial.

La possibilité de l'alimentation à respecter des critères techniques très délicats a aussi beaucoup d'importance. Etant donné les perfectionnements croissants des circuits électroniques, ainsi que la tendance à la miniaturisation et à l'obtention de densités électroniques très élevées, les spécifications de fonctionnement sont de plus en plus strictes. Evidemment, une alimentation doit commander avec précision les paramètres du courant régulé de sortie, entre des limites spécifiées. En outre, elle doit se protéger contre les variations de la tension de ligne et contre les surcharges intempestives par l'utilisateur. L'alimentation doit donc avantageusement pouvoir se protéger elle-même en cas de surintensité importante, et même en cas de court-circuit, et elle doit pouvoir supporter de longues périodes de délestage (c'est-à-dire pendant lesquelles l'énergie fournie est réduite à cause des réductions de la tension de ligne) sans détérioration.

Compte tenu de la densité électronique élevée des ordinateurs numériques actuels, la réduction de la dissipation de chaleur dans l'alimentation elle-même est primordiale.

L'alimentation, pour être compatible avec les densités électroniques et les densités de puissance élevées, doit avoir une petite dimension matérielle et doit consommer de faibles quantités d'énergie pour ses fonctions de commande. Si l'alimentation est petite, il est essentiel que l'énergie dégagée dans l'alimentation pendant le fonctionnement soit réduite, car la chaleur s'accumulerait dans le châssis de l'alimentation dans le cas contraire. Lorsque la chaleur dégagée n'est pas réduite au minimum, il faut des masses importantes formant radiateur, incorporées de manière qu'elles transmettent de la chaleur en des points extérieurs au châssis. De telles masses formant radiateur augmentent le coût de l'alimentation d'une manière importante et augmentent son poids et sa taille.

On sait que les alimentations commutées comportent un dispositif de commutation qui peut être commandé afin qu'elles transmettent des impulsions de courant à un circuit de sortie qui les transforme en un courant continu. La régulation du paramètre de sortie, par exemple la tension de sortie, est assurée par réglage du coefficient d'utilisation de l'opération de commutation. Le réglage du coefficient d'utilisation de la puissance commutée est obtenu par réglage continu et automatique de la durée d'activation de commutation en fonction des variations élémentaires de la tension de sortie.

Dans une alimentation commutée régulée de type équilibré, un convertisseur est habituellement utilisé afin qu'il transforme un courant continu non régulé (provenant de la source externe d'énergie) en un signal de courant alternatif. Ce signal alternatif commande en alternance la conduction de transistors de commutation destinés à transmettre de l'énergie à un transformateur de sortie comprenant des filtres convenables destinés à transformer l'énergie commutée en courant continu de sortie. Un inconvénient de ce type d'alimentation équilibré est sa sensibilité à la saturation du transformateur à la suite des déséquilibres de la tension en fonction du temps. Les caractéris-

tiques du courant commuté doivent être réglées avec précision afin que les composantes continues importantes soient évitées dans le transformateur de sortie. L'inconvénient peut-être le plus important est cependant le prix. Comme
5 deux transistors de commutation de puissance et un transformateur de sortie à prise centrale de grande dimension sont nécessaires, l'alimentation équilibrée est de fabrication plus coûteuse que les alimentations sans fer ayant un seul transistor de commutation et aucune prise centrale de
10 transformateur.

Dans une alimentation commutée en parallèle ou sans fer, la régulation du signal de sortie est réalisée pratiquement de la même manière, c'est-à-dire que le coefficient d'utilisation du courant commuté est réglé de manière que le paramètre de sortie (tension et/ou courant)
15 soit maintenu au niveau voulu. Cette tension de sortie est fonction de la tension d'entrée de ligne, du rapport des nombres de spires des enroulements du transformateur, et du coefficient d'utilisation du courant commuté transmis
20 au transformateur de sortie. Néanmoins, il existe une limite vers laquelle le coefficient d'utilisation peut être prolongé de manière que les tensions de lignes d'entrée excessivement faibles puissent être compensées par exemple. En effet, les produits tension-temps au primaire du transformateur doivent être égaux pour les périodes de conduction
25 et de non conduction du commutateur.

Pour une tension déterminée d'entrée, le produit tension-temps augmente lorsque le temps de conduction du commutateur augmente. Ainsi, lorsque le temps de conduction
30 du commutateur augmente, la tension créée au primaire du transformateur pendant la partie de non conduction du cycle augmente aussi. En théorie, si le commutateur pouvait conduire pendant pratiquement tout le cycle de commutation, la période de non conduction deviendrait infinitésimalement
35 faible et, en conséquence, la tension créée aux bornes du commutateur serait infiniment grande. En fait, cette tension dépasserait beaucoup les limites du transistor de commuta-

tion et celui-ci serait rapidement grillé.

Il est donc nécessaire, dans une alimentation commutée sans fer, de limiter soigneusement le coefficient d'utilisation du transistor de commutation à une valeur maximale choisie de manière que la tension au primaire du transformateur ne puisse pas dépasser la tolérance de claquage du commutateur. De nombreuses alimentations sans fer alimentées par le réseau sont destinées à limiter ce coefficient d'utilisation à 50 % environ, si bien que le commutateur ne conduit pas pendant plus de la moitié environ du cycle disponible de commutation. Cette restriction limite la régulation de sortie qui peut être obtenue en fonction des variations de la charge et de la tension de ligne d'entrée. Les variations du signal de sortie qui nécessitent un coefficient d'utilisation supérieur à 50 % provoquent une perte de régulation. Selon l'invention, le coefficient d'utilisation peut être porté à 70-80 %, si bien que la régulation est permise pour de plus grandes oscillations du courant de la charge et de la tension de ligne.

Un autre critère important pour les alimentations régulées utilisées dans les applications de traitement de données est qu'un temps minimal de "maintien" doit être obtenu en cas de panne d'alimentation. Ainsi, l'alimentation doit normalement pouvoir maintenir une tension minimale de sortie pour la charge nominale maximale pendant de courtes périodes qui suffisent pour que les mémoires de l'ordinateur soient commutées vers une alimentation auxiliaire ou une batterie d'accumulateurs de secours. Ceci nécessite une capacité suffisamment grande du filtre d'entrée pour que l'énergie nécessaire soit stockée après la disparition de l'énergie à l'entrée. Lorsque la régulation peut être réalisée, comme dans le cadre de l'invention, sur une large plage de tensions d'entrée, le condensateur utilisé peut être plus petit. D'autre part, lorsque des mesures convenables de commande ne sont pas prises dans des conditions de délestage (c'est-à-dire pour une très faible tension de ligne), la période de conduction du commutateur peut

devenir suffisamment longue pour que le transformateur de sortie passe à saturation avec une perte résultante de tension de sortie. En outre, comme la dissipation thermique maximale dans le transistor de commutation existe pendant le délé-
5 tage, le dispositif de commutation peut dépasser ses limites thermiques et peut être détruit. L'invention met en oeuvre un dispositif évitant ces restrictions de fonctionnement.

Une protection contre les surintensités est aussi
10 nécessaire dans les alimentations régulières. Un dispositif doit limiter l'intensité du courant fourni par l'alimentation afin que celle-ci soit protégée contre le grillage, et que l'appareillage de l'utilisateur soit protégé contre les détériorations pouvant être dues à des courants demandés
15 d'intensité anormale, ou en cas de court-circuit intempestif. La présente invention limite de manière originale le courant des alimentations commutées.

L'invention concerne plusieurs perfectionnements à la commande des alimentations commutées régulées sans
20 fer. Elle met en oeuvre une régulation par réaction positive permettant un réglage étroit de la modulation du coefficient d'utilisation du commutateur, permettant un élargissement de la plage de fonctionnement. Contrairement aux alimentations du commerce dans lesquelles le coefficient d'utilisa-
25 tion imposé par le circuit de commande dépasse la limite maximale dans certaines conditions transitoires, l'alimentation selon l'invention peut fonctionner de manière satisfaisante avec des coefficients d'utilisation de l'ordre de 70-80 % et pouvant même atteindre 90 %, sans perte de com-
30 mande. Ceci est obtenu par incorporation d'une référence stable de base de temps qui, dans les conditions normales de fonctionnement, a une fréquence établie de répétition et un signal stable de référence déterminant un temps maxi-
35 mal de conduction du commutateur. Dans la plupart des conditions normales de fonctionnement, le coefficient d'utilisation ne dépasse pas 50 %. Dans des conditions temporaires inhabituelles cependant, le coefficient d'utilisation peut

augmenter tout en restant en deçà des limites de la boucle de commande, si bien que la régulation est conservée. Le signal de base de temps joue le rôle d'une référence de temps et empêche le dépassement du temps maximal de conduction du commutateur dans toutes les conditions.

Dans un mode de réalisation préféré, la base de temps est déterminée par un générateur d'impulsions de base de temps, et une modulation par largeur d'impulsion est utilisée pour la modification du coefficient d'utilisation de l'activation du commutateur, suivant une fonction inverse de la tension de ligne et de l'intensité du courant de sortie excessif. A cet effet, un signal correspondant à la tension de ligne est intégré au cours du temps et est comparé à un signal de commande représentatif du paramètre de sortie, par exemple la tension de sortie. Un signal d'activation de commutateur est produit une fois par cycle tant que le signal intégré est inférieur au signal de commande. Ainsi, la modulation par largeur d'impulsion est réalisée à la suite d'une variation de la tension d'entrée ou de la tension de sortie.

Le circuit est réalisé de manière que la période maximale de conduction du commutateur, à pleine puissance nominale, corresponde habituellement à un coefficient d'utilisation ne dépassant pas 50 % environ de la base de temps. Selon une caractéristique importante, la boucle de commande conserve la régulation dans toutes les conditions de fonctionnement autres qu'une tension d'entrée insuffisante pour que le signal de sortie reste à la valeur régulée voulue. Dans des conditions anormales d'entrée telles qu'un délestage ou une panne, le signal de base de temps constitue une fonction de dérivation empêchant la conduction du commutateur pendant des périodes qui provoqueraient par exemple un dépassement d'une valeur telle que 80 % par le coefficient d'utilisation.

En plus des caractéristiques précédentes, l'invention peut mettre en oeuvre une minuterie de faible tension de ligne destinée à empêcher l'activation du commutateur

et à arrêter ainsi le fonctionnement de l'alimentation lorsqu'une condition de tension insuffisante persiste au-delà d'une limite permise. Comme indiqué précédemment, cette caractéristique permet la protection du dispositif de commutation contre les surcharges thermiques et un claquage possible en tension. Dans le mode de réalisation préféré, la minuterie de basse tension comprend, dans un même circuit, un dispositif destiné à réduire la fréquence de commutation, assurant une réduction efficace du coefficient d'utilisation lors de la mise en route. Ceci limite l'intensité du courant que doit recevoir le circuit de commande et permet à l'alimentation de commencer à fonctionner en transmettant un courant de faible intensité, si bien que la dissipation d'énergie à la mise en route dans le circuit de commande est limitée.

Le circuit de limitation de l'intensité du courant selon l'invention assure à la fois un fonctionnement à courant constant, à l'intensité nominale, et un fonctionnement à courant réduit dans des conditions de charge excessive. Plus précisément, le circuit limiteur de courant entre en fonctionnement pour une intensité maximale nominale du courant de sortie afin que l'intensité du courant de sortie reste pratiquement constante dans toute une plage de tension de sortie inférieure à la tension nominale. Dans ce mode de fonctionnement, l'alimentation joue le rôle d'une source de courant constant, permettant la connexion en parallèle avec d'autres alimentations à des charges dépassant la capacité nominale d'une seule alimentation.

Lorsque la conductance de la charge augmente encore, l'alimentation passe dans une région de courant "réduit", dans laquelle la tension et le courant sont tous deux réduits. Le circuit limiteur de courant peut le cas échéant réduire la fréquence fondamentale de fonctionnement à une plus faible valeur (réduisant ainsi le coefficient d'utilisation de la conduction du commutateur) afin que le courant puisse être réglé lorsque la conductance de la charge est excessivement élevée, par exemple lorsqu'il existe un court-

circuit aux bornes de sortie.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description qui va suivre, faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

5 la figure 1 est un diagramme synoptique représentant les principaux éléments d'une alimentation commutée régulée classique du type en parallèle ou sans fer ;

 la figure 2 est un diagramme synoptique d'un mode de réalisation avantageux d'alimentation commutée régulée
10 selon l'invention ;

 la figure 3 est un diagramme des temps utile pour la compréhension du fonctionnement de l'alimentation selon l'invention ;

 la figure 3A est un graphique représentant la rela-
15 tion entre le courant et la tension de sortie obtenue par mise en oeuvre de l'invention ;

 la figure 4 est un schéma électrique détaillé d'une alimentation commutée selon l'invention correspondant au schéma de la figure 2 ;

20 la figure 5 est un schéma électrique de la partie du circuit de la figure 2 qui forme le générateur de base de temps ;

 la figure 6 est un schéma de la partie du circuit de la figure 3 qui forme un modulateur par largeur d'impul-
25 sion à réaction positive linéaire ;

 la figure 7 est un schéma électrique représentant les détails de la minuterie de basse tension et du circuit de commande de mise en route incorporés à l'alimentation de la figure 2 ; et

30 la figure 8 est un schéma électrique représentant les éléments du circuit de la figure 2 qui constituent le dispositif limiteur de courant de l'alimentation.

 Avant la description de l'invention, il est utile de comprendre les éléments fondamentaux d'une alimentation
35 commutée en parallèle ou sans fer. Une telle alimentation classique est représentée sur la figure 1.

L'alimentation reçoit de l'énergie d'une source

d'énergie 10, normalement le réseau alternatif normal, et le courant est redressé et filtré afin qu'il soit sous forme d'une tension d'entrée pratiquement continue V_{in} , apparaissant normalement aux bornes d'un condensateur d'un filtre d'entrée. Le courant continu de l'entrée est transmis à un commutateur 12, habituellement un transistor de commutation de très forte puissance, qui transmet le courant continu de la source à un circuit 14 de sortie. L'énergie est transmise sous forme d'une série d'impulsions séparées, ayant une largeur variable, la durée des impulsions étant déterminée par un circuit 15 de commande de régulation. Comme l'indique la figure 1, ce circuit commande le fonctionnement du commutateur 12 par création d'impulsions de commande ou d'activation du commutateur. La présente invention concerne le circuit 15 de commande de régulation.

Dans une alimentation commutée, le paramètre de sortie, par exemple la tension de sortie, est déterminé par l'expression $V_o = V_{in} (t_{on}/T_p) (N_s/N_p)$, dans laquelle V_{in} est la tension d'entrée, t_{on} est la période de conduction du commutateur, T_p est la période de répétition à la fréquence de commutation, et N_s/N_p est le rapport des nombres de spires des enroulements du transformateur du circuit de sortie. Ainsi, la tension de sortie V_o est fonction des coefficients d'utilisation t_{on}/T_p de l'énergie transmise par le commutateur au circuit de sortie. En conséquence, la tension de sortie V_o peut être réglée par réglage du temps de conduction t_{on} du commutateur, par réglage de la période T_p de commutation, ou des deux.

Il est manifeste que la tension de sortie est aussi fonction de la tension d'entrée V_{in} . Evidemment, lorsque la tension de ligne varie, V_{in} varie aussi et V_o aussi. Dans l'alimentation représentée sur la figure 1, la régulation utilisée est à réaction positive. Cela signifie que le temps de conduction t_{on} du commutateur est commandé en fonction des variations de la tension d'entrée V_{in} . Lorsque la tension de ligne diminue donc, le temps t_{on} de conduction du commutateur doit donc être accru afin que le coefficient

d'utilisation (t_{on}/T_p) augmente et que la tension de sortie V_o garde la valeur voulue. Il s'agit là d'une commande par "réaction positive" et, en théorie, les variations de la tension d'entrée de ligne n'atteignent jamais la sortie.

5 La régulation de la charge de la tension de sortie est obtenue par variation de t_{on} en fonction des variations de la tension de sortie. Plus précisément, une variation élémentaire de la tension de sortie provoque une variation correspondante de la durée (t_{on}) d'activation du commuta-
10 teur. Une variation de V_o par réduction à la suite de l'augmentation du courant demandé par exemple, provoque un allongement de la période t_{on} . Le gain de la boucle de commande est habituellement très élevé si bien que les variations extrêmement petites de la tension de sortie assurent la
15 variation nécessaire de la durée de l'impulsion de commande de commutation.

 On considère maintenant le circuit de commande de régulation selon l'invention tel que représenté sur la figure 2 ; la source d'énergie 10, le commutateur 12 et
20 le circuit de sortie 14 qui ne font pas spécifiquement partie de l'invention, portent des références numériques identiques à celles de la figure 1. Les autres éléments forment le dispositif de commande de régulation ou coopèrent avec celui-ci.

 Comme représenté, la source d'énergie transmet
25 une tension continue d'entrée V_{in} qui est la tension aux bornes d'un condensateur de filtrage d'un circuit redresseur d'entrée classique. Cependant, l'alimentation fonctionne aussi à partir d'une source de courant continu ; ainsi, V_{in} peut aussi représenter la tension réelle de la source.
30 Dans tous les cas, la tension continue d'entrée parvient au commutateur 12 de manière que, lorsque le commutateur est activé, de l'énergie soit transmise au circuit de sortie. Lorsque le commutateur n'est pas activé, le transfert d'énergie se termine.

35 Le courant d'entrée à la tension V_{in} alimente aussi les éléments de commande de régulation. A cet effet, le courant d'entrée est transmis par une impédance 16 destinée

à limiter l'intensité, à l'alimentation interne 18. Celle-ci fixe la tension du circuit de commande V_{cc} . Par exemple, cette tension peut être de l'ordre de 15 V continus.

La tension d'entrée V_{in} constitue aussi une entrée
5 de signal d'un circuit 20 de référence de tension, d'un
circuit 21 de minutage de faible tension de ligne et d'un
circuit intégrateur électronique 23. Ce dernier transmet,
à sa sortie, un signal qui varie de façon générale linéai-
10 à V_{in} . Ce signal intégré, comme il est une mesure des varia-
tions de la tension d'entrée, constitue le signal de réac-
tion positive utilisé pour la régulation du transfert d'éner-
gie en fonction des variations de la tension de ligne. Ce
signal de réaction positive est transmis au modulateur 24
15 par largeurs d'impulsions qui reçoit, à une seconde entrée,
un signal provenant d'un coupleur optique ou optron 25 et
qui est représentatif de la tension de sortie V_o .

Le signal de sortie du modulateur 24 est une impul-
sion de commande de commutation dont la durée est déterminée
20 à la fois par la tension d'entrée de ligne et par la tension
de sortie à réguler. La durée de cette impulsion de commande
de commutation varie en sens inverse de l'amplitude de la
tension d'entrée, et aussi en sens inverse par rapport aux
variations progressives de la tension de sortie. L'impul-
25 sion d'activation du commutateur, à la sortie du modulateur
24, est transmise au circuit 27 de commande de commutateur
qui met le commutateur 12 à l'état conducteur au début de
chaque impulsion de commande de commutation et qui met le
commutateur 12 à l'état non conducteur à la fin de cette
30 impulsion de commande de commutation.

Selon l'invention, le générateur 28 transmet un
signal de base de temps définissant la période de commuta-
tion ainsi que le coefficient maximal d'utilisation du trans-
fert d'énergie. Le signal de base de temps est sous forme
35 d'un train d'impulsions ayant une période déterminée T_p
et une durée maximale stable d'impulsion τ_{max} . Le signal
de base de temps permet un coefficient d'utilisation maximal

fixe dépassant nettement 50 % et de préférence au moins égal à 70 %. Il constitue aussi une référence temporelle pour chaque impulsion de commande de commutation et empêche la transmission du signal de sortie du modulateur 24 à t_{\max} si bien que le commutateur 12 n'est jamais commandé au-delà de la période maximale permise t_{\max} , dans un seul cycle quelconque de commutation.

Au début de chaque impulsion de base de temps, le signal de sortie du générateur 28 se trouve pratiquement en circuit ouvert, les diodes 30, 31 ne conduisant pas. Dans ces conditions, le signal de sortie de l'intégrateur 23 est appliqué à l'entrée négative du modulateur 24. Tant que le signal de sortie de l'intégrateur est inférieur au signal V_0 à l'entrée positive du modulateur, en fonctionnement normal, le signal de sortie du modulateur 24 a un niveau élevé et le dispositif 27 de commande active le commutateur. Le signal V_0 constitue le niveau d'entrée de réglage du modulateur ; lorsque le signal intégré V_{in} atteint la même valeur que le signal V_0 , le signal de sortie du modulateur 24 passe à un faible niveau si bien que l'impulsion de commande du commutateur est terminée et le commutateur 12 est désactivé.

On note ainsi que le signal intégré, qui est fonction de V_{in} , atteint le niveau du signal de commande (repéré par la référence 36 ou 38 sur la figure 3) d'une manière relativement rapide pour les tensions élevées de lignes, et atteint ce niveau relativement lentement pour les faibles tensions de lignes. En conséquence, la durée d'activation du commutateur est plus courte pour les tensions élevées de ligne et plus longue pour les faibles tensions de ligne. Dans le cas d'une tension constante de sortie, cela signifie que le produit tension-temps reste constant. Cependant, lorsque la tension d'entrée tombe à un niveau excessivement faible, imposant l'activation du commutateur pendant une période dépassant t_{\max} , le signal de base de temps empêche la transmission du signal de sortie du modulateur 24 au temps t_{\max} .

La régulation en fonction de la tension de sortie V_o est réalisée d'une manière analogue. Lorsque la tension V_o a tendance à diminuer du fait de la présence d'une charge élevée, le signal V_o transmis au modulateur 24 augmente.

5 Il apparaît donc, à la sortie du modulateur 24, des impulsions de durée relativement longue. D'autre part, lorsque la tension V_o a tendance à augmenter, par exemple dans le cas d'une faible charge, le niveau de commande fixé par la tension d'entrée V_o du modulateur 24 diminue, et provoque la
10 transmission d'impulsions de commande de commutation dont la durée est relativement courte.

Selon la présente invention, la plage de variations des signaux V_o et intégré V_{in} est limitée si bien que la durée des impulsions d'activation du commutateur à la sortie
15 du commutateur 24 n'atteint jamais t_{max} pour les paramètres nominaux, en fonctionnement continu. Le coefficient d'utilisation du commutateur 12 est normalement de 50 % seulement ou même moins ; de plus longs coefficients d'utilisation n'apparaissent que temporairement et seulement dans des
20 conditions d'alimentation anormalement faibles.

La figure 3 représente les diverses situations de régulation indiquées précédemment. Sur la courbe (a), le signal 35 de base de temps a une période T_p constituée par une largeur maximale d'impulsion t_{max} et une période
25 de disparition t_{off} . Le rapport t_{max}/T_p détermine le coefficient maximal d'utilisation pour l'activation du commutateur. Ce niveau du signal 36 représente un niveau maximal de commande déterminé par la tension d'entrée V_o du modulateur 24 lorsque la charge est importante, à titre illus-
30 tratif. Le niveau 38 du signal est un niveau à faible charge, lui aussi représenté à titre illustratif. Les formes d'ondes triangulaires 40a à 40c représentent le signal V_{in} intégré produit par l'intégrateur 23. La forme d'onde 40a est un
35 exemple pour une tension élevée de ligne et la forme d'onde 40b pour une faible tension de ligne, alors que la forme d'onde 40c correspond à une tension de ligne excessivement faible.

La courbe (b) de la figure 3 représente les impulsions résultantes de commande de commutation (et les moments d'activation du commutateur) pour chacune des conditions de la courbe (a). On note que, lorsque la tension de ligne diminue, la largeur de l'impulsion de commande de commutation augmente pour une charge donnée. De même, pour une charge importante (V_o faible), la largeur de l'impulsion de commande est supérieure à celle qui est obtenue à faible charge. Comme représenté, si l'impulsion 42c de commande de commutation pouvait atteindre une durée déterminée uniquement par les signaux V_o et V_{in} intégré, elle dépasserait la période t_{max} . Cependant, l'impulsion 42c serait inhibée par le signal de la base de temps et ainsi interrompue à la fin de la période t_{max} . De cette manière, la tension aux bornes du primaire du transformateur de sortie pendant la période t_{off} est limitée à une valeur de sécurité. Comme indiqué précédemment, les signaux d'entrée du modulateur 24 sont sélectionnés de manière que, dans toutes les conditions de fonctionnement sauf pour une tension d'entrée excessivement faible, les impulsions de commande de commutation n'atteignent jamais la largeur t_{max} .

On considère à nouveau la figure 2 ; le dispositif de commande de régulation selon l'invention a plusieurs caractéristiques de protection de l'alimentation contre des conditions anormales de fonctionnement. Comme noté précédemment, l'invention met en oeuvre une impédance 16 de limitation d'intensité du courant qui limite le courant consommé par les éléments du circuit d'entrée à une valeur inhabituellement faible, par exemple 5 mA. Le courant nécessaire à la mise en route du circuit de commande est la somme des courants de charge des condensateurs du circuit et du courant de fonctionnement des semi-conducteurs de commande, ainsi que du courant de pilotage nécessaire à l'activation du transistor de puissance assurant la commutation. La dissipation d'énergie lors de la mise en route est réduite au minimum par limitation du courant initial à une faible valeur.

Lors de la mise en route et dans certaines conditions à faible tension de ligne, le circuit 50 inhibe l'impulsion de commande de commutation. Le circuit 50 est destiné à maintenir un état faible, essentiellement en court-circuit, à l'entrée positive du modulateur 24 jusqu'à ce que la tension V_{cc} atteigne une valeur de référence fixée par le circuit 20 et transmise à la borne négative d'entrée. Ceci empêche la formation d'une impulsion de commande de commutation par le modulateur 24, quel que soit l'état du générateur 26 de base de temps. Dès que la tension V_{cc} atteint cette tension de référence, le signal de sortie du circuit 50 d'inhibition passe à un niveau élevé et permet au modulateur 24 de prendre la commande normale.

Lorsque le commutateur est activé, un circuit auxiliaire 52 transmet une partie de l'énergie commutée à l'alimentation interne 18 afin que ce composant soit rechargé progressivement après chaque activation du commutateur. Bien que le générateur 28 de base de temps continue à fonctionner, l'effet du circuit 50 d'inhibition est de prolonger la période comprise entre les impulsions successives de commande de commutation et de maintenir ainsi le coefficient d'utilisation à une faible valeur pendant la mise en route. Comme le coefficient d'utilisation de l'activation de la commutation est faible, l'intensité du courant de mise en route est aussi faible.

Une seconde fonction remplie par le circuit 50, avec la minuterie 21 de faible tension de ligne, est l'arrêt du fonctionnement de l'alimentation par inhibition de l'activation de la commutation lorsque la tension V_{in} tombe au-dessous d'une valeur prédéterminée, pendant une période prédéterminée. A cet effet, le circuit 21 transmet à l'entrée positive du circuit 50 un signal représentatif de la tension V_{in} . Lorsque ce signal tombe au-dessous du signal de référence V_{ref} transmis par le circuit 20, le signal de sortie du circuit 50 passe à un faible niveau et empêche la production des impulsions d'activation de commutateur tant que la tension V_{on} reste au-dessous de la valeur prédéterminée.

Le circuit de commande de régulation comporte aussi une caractéristique originale de limitation de l'intensité du courant. Comme l'indique la figure 2, un comparateur 55 de limitation de courant reçoit des signaux d'un capteur 56 de la tension V_o et d'un capteur 57 du courant de sortie. Le signal du comparateur 55 est utilisé pour l'injection d'un courant dans l'intégrateur 23, provoquant ainsi l'arrivée rapide de la fonction rampe, c'est-à-dire de variation progressive $f(V_{in})$ (voir courbe (a) de la figure 3) au niveau de commande, si bien que l'activation est terminée. Le circuit de limitation de l'intensité du courant fonctionne lorsque les conditions de charge correspondent à un courant de sortie dépassant le courant nominal $I_o \text{ max}$ de l'alimentation.

On se réfère maintenant à la figure 3A qui indique que l'alimentation fonctionne à la tension nominale maximale de sortie $V_o \text{ max}$ pour toutes les intensités du courant, jusqu'à l'intensité nominale maximale. La limitation du courant commence au point 60. Ensuite, le courant de sortie est maintenu constant à la valeur $I_o \text{ max}$ pour toute une gamme de tensions de sortie comprise entre les points 60 et 61, ce dernier point étant compris entre 30 et 50 % environ de la tension $V_o \text{ max}$. Au point 61, l'alimentation commence à fonctionner dans la région de réduction de l'intensité du courant. Grâce aux caractéristiques spéciales du circuit selon l'invention, cette région rejoint un point auquel la sortie est véritablement en court-circuit.

Le fonctionnement à courant réduit est obtenu grâce à deux facteurs, selon l'invention. D'abord, entre les points 61 et 63, la tension V_o diminue essentiellement en fonction de la réduction du temps de conduction du commutateur. Lorsque la conductance de la charge augmente encore cependant, le temps de conduction du commutateur nécessaire au maintien du courant au-dessous de $I_o \text{ max}$ risque de devenir inférieur au temps de réponse du commutateur et/ou du circuit de commande. Ainsi, la période de commutation T_p est allongée afin que le coefficient d'utilisation soit suffisamment

faible pour que la tension V_o , et ainsi le courant I_o , restent à une faible valeur.

La fonction précédente est obtenue à l'aide d'un circuit 65 de décalage de la fréquence de la base de temps (ou d'allongement de sa période) (figure 2). Il entre en fonctionnement lorsque la fonction V_o tombe au-dessous d'une valeur prédéterminée, indiquée par le point 63 sur la figure 3A, et commande le générateur 28 d'impulsions de base de temps de manière que la période I_{off} soit prolongée comme indiquée par la courbe (b) de la figure 3. Cette courbe est telle que t_{min} représente un temps minimal hypothétique de réponse du commutateur pour lequel t_{off} doit être prolongé afin que la régulation soit conservée. Comme le courant de sortie n'est limité que par la chute de tension aux bornes des résistances de la diode, du câblage interne et des composants du circuit de sortie, dans des conditions de court-circuit, le coefficient d'utilisation est réduit par fonctionnement du circuit limiteur de courant à une valeur extrêmement faible telle que la somme des chutes de tension précitées est égale à la valeur moyenne de la tension créée aux bornes du secondaire du transformateur de sortie.

On considère maintenant la figure 4 sur laquelle les circuits électroniques correspondants aux éléments de la figure 2 sont entourés en traits interrompus. Ces traits facilitent la compréhension du fonctionnement et ne doivent pas être pris dans un sens strict. Il est important de noter que la plupart des éléments de la figure 4 peuvent être incorporés dans un seul circuit paillette à semi-conducteur remplissant toutes les fonctions fondamentales de commande. Un tel circuit paillette à semi-conducteur peut par exemple comporter des entrées destinées à recevoir les signaux détectés (par exemple V_o , I_o), et peut transmettre à des composants externes des signaux donnant des conditions particulières de fonctionnement, déterminant par exemple la fréquence de fonctionnement de l'alimentation.

On considère maintenant les détails du circuit de commande de régulation.

1. Générateur de base de temps

Le générateur 28 de base de temps se trouve à la partie inférieure gauche de la figure 4. Ses composants sont reproduits sur la figure 5. Comme indiqué précédemment, le générateur 28 forme une référence stable de base de temps formée d'une période maximale de conduction t_{max} du commutateur à la fréquence choisie de commutation f tel que $T_p = 1/f$. Le générateur 28 de base de temps transmet les impulsions 35 représentées par la courbe (a) de la figure 3.

On considère maintenant la figure 5 sur laquelle la référence A1 désigne un comparateur différentiel dont le signal de sortie a un niveau élevé lorsque le signal de son entrée positive dépasse celui de son entrée négative. A tous les autres moments, le signal de sortie du comparateur A1 a un faible niveau. L'étage de sortie du comparateur A1 comporte un transistor dont le collecteur est relié à la borne de sortie. Lorsque le signal de sortie est à un faible niveau, le transistor est très saturé, si bien qu'il couple pratiquement le signal de sortie à la tension négative V_{cc} . Lorsque le signal de sortie est à un niveau élevé, le transistor ne conduit pratiquement pas et la sortie présente une impédance infinie.

Le générateur 28 de base de temps fonctionne de la manière suivante. La tension V_{cc} du circuit de commande est pratiquement constante et d'environ 15 V. Le signal de l'entrée positive du comparateur A1 est soit à 5 V soit à 10 V, suivant l'état du comparateur A1. Lorsque celui-ci est à saturation, des résistances R2 et R3 sont montées en parallèle. Lorsque le signal de sortie du comparateur A1 est à un niveau élevé, les résistances R3, avec les résistances R6 et R7, sont montées en parallèle par rapport à la résistance R1. Ainsi, lorsque le signal de sortie du comparateur A1 est à un niveau élevé, le condensateur C1 se charge à travers les deux résistances R4 et R5 et crée un signal croissant progressivement vers les valeurs positives à l'entrée négative du comparateur A1. Lorsque ce signal croissant progressivement atteint 10 V (amplitude

du signal à l'entrée positive), le signal de sortie du comparateur A1 passe à l'état de saturation ferme, et le condensateur C1 se décharge à travers la diode D1 et la résistance R5 seulement.

5 Le temps de charge du condensateur C1 pendant le signal croissant positivement détermine la période t_{\max} représentée sur la figure 2 ; le temps de décharge du condensateur C1 détermine la période t_{off} . La somme de t_{\max} et de t_{off} constitue la période de commutation T_p du circuit
10 de commande. La fréquence de commutation est réglée par les valeurs relatives des résistances R4, R5 et du condensateur C1. Par exemple, la fréquence de commutation est de l'ordre de 35 kHz.

2. Modulateur par largeurs d'impulsions

15 Comme l'indique la figure 6, le circuit modulateur représenté forme une impulsion d'activation du commutateur dont la durée est fonction de la tension d'erreur de la boucle de commande est de la tension V_{in} .

Dans le cas d'une alimentation recevant un courant
20 alternatif, la tension V_{in} apparaît aux bornes du condensateur de filtrage du redresseur d'entrée (non représenté), et elle est proportionnelle à la tension de ligne. Comme représenté, la tension V_{in} est appliquée à la résistance R9 de l'intégrateur 23. Le courant circulant dans la résistance
25 R9 charge le condensateur C2 à une vitesse qui est fonction du temps et de la tension de ligne. La tension aux bornes du condensateur intégrateur C2 est appliquée à l'entrée négative d'un comparateur A2.

Un signal de commande représentant la tension V_o ,
30 provenant d'un coupleur optique OC, est appliqué à l'entrée positive du comparateur A2 à travers la résistance R10. L'amplitude de ce signal est limitée à une valeur établie par le réseau diviseur de tension des résistances R11, R12 et R13 et de la diode de Zener D2. Une diode D3 écrête le
35 signal de commande de boucle V_o à cette tension maximale.

Il faut noter que le signal de commande de boucle varie inversement par rapport à la tension de sortie V_o .

Par exemple, si la tension de sortie V_o augmente progressivement, l'augmentation élémentaire est détectée par le circuit de pilotage du coupleur optique OC dont la conduction augmente si bien que le signal de commande de boucle V_o diminue. Dans ce cas, dans l'hypothèse où la tension de ligne est constante, le signal intégré transmis à l'entrée négative du comparateur A2 atteint la valeur du signal de commande de boucle plus tôt. En conséquence, le comparateur A2 transmet un signal de niveau élevé pendant une plus courte période. Le commutateur 12 est ainsi activé pendant une plus courte période.

L'entrée négative du comparateur A2 est reliée au générateur 28 de base de temps par une diode 30. Pendant la présence de chaque impulsion 35 de base de temps, la diode 30 est polarisée en inverse et elle n'a aucun effet. Pendant la période t_{off} cependant, la diode 30 conduit et décharge le condensateur C2 si bien que la signal intégré est rétabli à sa valeur initiale. Simultanément, le signal du comparateur A2 est écrêté à $-V_{cc}$ par l'intermédiaire de la diode 31, qui est aussi reliée au générateur de base de temps. La diode 31 empêche ainsi l'apparition d'un signal d'activation de commutateur pendant le reste de la période T_p . Une nouvelle impulsion d'activation de commutateur n'apparaît pas à la sortie du comparateur A2 avant l'apparition de l'impulsion suivante de base de temps.

3. Circuit de mise en route et de minuterie de basse tension

La figure 7 représente les détails du circuit comprenant les composants 16, 18, 20, 21 et 50 de la figure 2. Ces composants commandent le fonctionnement de l'alimentation pendant la mise en route et dans des conditions de faible tension.

Comme indiqué précédemment, un des buts de l'invention est la réduction d'une dissipation superflue de l'énergie dans le circuit de commande. Cette caractéristique est obtenue en grande partie par limitation de l'intensité du courant consommé par le circuit de commande lui-même. Selon l'invention, ce courant réduit peut être en réalité inférieur à

celui qui est nécessaire au fonctionnement continu du circuit de commande, mais le circuit fonctionne grâce à l'introduction d'une quantité supplémentaire d'énergie électrique d'un circuit auxiliaire lorsque le commutateur ne conduit pas.

- 5 Pendant la mise en route, le courant consommé par le circuit de commande est réduit au minimum par limitation du coefficient d'utilisation de conduction du commutateur.

Sur la figure 7, lorsque l'alimentation est initialement connectée à la source, la tension V_{in} augmente progressivement à partir d'une faible valeur. Le courant d'entrée est transmis par l'intermédiaire de l'impédance résistive 16. Ce courant charge progressivement le condensateur C3 constituant le dispositif d'accumulation d'énergie, destiné à l'alimentation interne V_{cc} du circuit de commande.

10

15 la diode de Zener D6 établit la référence de tension de 15 V pour l'alimentation $+V_{cc}$. Cette tension alimente le comparateur A3 du circuit 50 d'inhibition de tension par l'intermédiaire de la borne 64.

Des diodes de Zener D7 et D8 d'un circuit 20 de référence de tension établissent une référence d'environ 9,5 V à l'entrée négative du comparateur. Cependant, l'entrée négative est connectée à la tension V_{in} par une résistance R14 et, tant que la tension V_{cc} n'a pas atteint 9,5 V, les transistors Q1, Q2, Q3 et Q4 sont tous à l'état non conducteur, et le transistor U5 de l'étage de sortie est totalement saturé. La sortie 66 est reliée à l'entrée positive du comparateur A2 du modulateur (figure 4). En conséquence, le signal de sortie du comparateur A2 est inhibé tant que la tension V_{cc} n'a pas atteint au moins 9,5 V. Lorsque ce

20

25

30 phénomène se produit, le transistor Q5 du comparateur A3 passe à l'état non conducteur, supprimant ainsi la tension d'écrêtage au modulateur. La première impulsion d'activation de commutateur apparaît alors à la sortie du comparateur A2.

Pendant les moments d'activation du commutateur,

35 le courant de pilotage du commutateur 12 est transmis par le circuit de commande. L'énergie d'amorçage est transmise par le condensateur C3. Cependant, lors de la mise en route,

l'épuisement de l'énergie du condensateur C3 provoque une chute de la tension V_{CC} au-dessous de 9,5 V, et le signal de sortie du comparateur A3 passe à nouveau à saturation afin que l'impulsion d'activation du commutateur soit terminée. Comme l'alimentation V_{CC} transmet une énergie limitée, elle ne peut pas fournir l'énergie de fonctionnement du dispositif de commande. Une quantité supplémentaire d'énergie doit être transmise par une source auxiliaire. Cette énergie supplémentaire provient du circuit 52 (figure 4), de la manière suivante.

Comme l'indique la figure 4, le circuit 52 comprend un transformateur 67 de courant à réaction dont le primaire est monté en série avec le collecteur du commutateur 12 et dont le secondaire est monté en série avec le condensateur C3. Lorsque le commutateur 12 passe à l'état non conducteur, l'énergie du courant conservé dans le secondaire du transformateur 67 est transférée par les diodes 68 et 69 au condensateur C3, le trajet de circulation du courant étant complété par la ligne à $-V_{CC}$ et la diode de Zener 70 (partie inférieure droite de la figure 4). L'énergie de réaction transmise par le transformateur 67 dépasse celle qui est prélevée par le circuit pendant la conduction du commutateur si bien que l'énergie (et la tension) du condensateur C3 atteint une valeur supérieure à chaque cycle successif jusqu'à ce que finalement la tension V_{CC} ait atteint sa valeur régulée de 15 V. Entre-temps, le temps t_{off} est prolongé de manière que la fréquence de commutation soit réduite de plus en plus pendant le fonctionnement de mise en route. La fréquence de répétition, lors de la mise en route, peut être réduite à une valeur aussi faible que 200 Hz, cette fréquence augmentant progressivement lorsque la tension aux bornes du condensateur C3 de l'alimentation 18 augmente. Cette énergie auxiliaire ne provient pas obligatoirement d'un élément à réaction tel qu'un transformateur 67, mais cette caractéristique est cependant avantageuse.

Une seconde fonction remplie par le comparateur A3 est l'inhibition de la création des impulsions d'activation

du commutateur afin que l'alimentation cesse de fonctionner lorsque la tension V_{in} tombe au-dessous d'une valeur prédéterminée pendant un temps donné. Cette fonction est obtenue par utilisation d'un circuit 21 de minutage qui comporte une résistance R15 et un condensateur C4 (figure 7). Comme représenté, ce circuit est monté entre la diode de Zener D8 et l'entrée positive du comparateur A3. La diode D9, montée entre les entrées du comparateur A3, limite la différence maximale de tension à la chute de tension dans la diode dans le sens direct, c'est-à-dire à 1 V environ. Le condensateur C4 se charge à la somme des chutes de tension dans les diodes D7 et D9.

Lorsque la tension V_{in} tombe au-dessous d'une valeur minimale prédéterminée et tend à provoquer une inversion de la polarité de la tension différentielle d'entrée au niveau du comparateur A3, le condensateur C4 de minutage se décharge dans la résistance R15. Lorsque la charge du condensateur C4 est tombée d'un volt, le sens du signal différentiel d'entrée s'inverse et le signal de sortie du comparateur 66 passe donc à saturation. La production des impulsions d'activation du commutateur est ensuite inhibée. La limite de temps de la basse tension est déterminée par la constante de temps donnée par le condensateur C4 et la résistance R4 et par la chute de tension dans le sens direct (1 V) dans la diode D9. L'alimentation reste à l'état d'arrêt tant que la tension d'entrée reste inférieure à la limite prédéterminée de tension faible.

4. Limiteur de courant à trois états

La figure 8, considérée avec la figure 4, montre comment l'opération de limitation d'intensité du courant est réalisée de façon générale d'abord par mise hors circuit du signal de commande de boucle dans le cas où la charge est excessive et ensuite par prolongation de la période T_p et par réduction de la fréquence de commutation, en cas de court-circuit franc ou presque à la sortie de l'alimentation.

Le circuit limiteur de courant reçoit deux signaux

d'entrée. Le bruit de la ligne commune à la tension V_{CC} est transmis avec des valeurs presque égales aux deux entrées afin qu'une immunité efficace au bruit soit obtenue. Comme l'indique la figure 8, une tension stable de référence établie par une diode D10 de Zener est appliquée aux bornes d'un circuit diviseur de tension formé par les résistances R16, R17 et R18. La tension aux bornes de la résistance réglable R17 est appliquée à l'entrée positive du comparateur A4. Cette tension détermine le point de début de la limitation du courant (voir le point 60 sur la figure 3A).

La limitation du courant est commandée par un comparateur A4 qui est normalement à saturation de manière que sa sortie soit pratiquement couplée à la tension $-V_{CC}$. Tant que le comparateur A4 est saturé, aucune limitation du courant n'est effectuée.

Un signal sous forme d'une tension proportionnelle au courant de sortie I_O apparaît aux bornes de la résistance 57 de détection et il est appliqué en série avec le circuit diviseur de tension formé par les résistances R19 et R20. Ce signal, il faut le noter, est sous forme d'une impulsion dont l'amplitude suit les impulsions de courant transmises par le commutateur 12. La tension de la connexion des résistances R19 et R20 est transmise à l'entrée négative du comparateur A4. Ainsi, le signal de limitation du courant I_O apparaît à cette entrée du comparateur.

Au point 60 de limitation de courant (figure 3A), le signal différentiel des entrées du comparateur A4 changent de polarité et la sortie du comparateur A4, qui est normalement à saturation, s'ouvre. Le courant est alors immédiatement transmis par la résistance R21 et la diode D11 au condensateur intégrateur C12. La résistance R21 a une valeur bien inférieure à celle de la résistance d'intégration R9. Le condensateur C2 se charge donc rapidement à la limite de commande et l'impulsion d'activation du commutateur se termine. La limitation du courant est effectuée de cette manière dans la région à courant constant représentée sur la figure 3A.

Comme indiqué précédemment, le signal d'échantillonnage de courant aux bornes de la résistance 57 d'échantillonnage est une forme d'onde d'impulsion puisque pratiquement tout le courant de sortie circulant dans cette résistance n'apparaît que pendant la conduction du commutateur. Cette impulsion de courant n'est pas une onde rectangulaire parfaite, et elle a tendance à s'incliner vers le haut, du début à la fin. Etant donné cette caractéristique de l'impulsion du courant, le moment auquel le circuit limiteur de courant commence à agir effectivement dans chaque période de conduction du commutateur dépend de l'amplitude de l'impulsion de courant du commutateur.

Lorsque la tension de sortie V_o , en mode de limitation de courant, tombe à une valeur comprise entre environ 30 et 50 % de la tension nominale de sortie, la réduction du courant commence. Il s'agit du point 61 de la figure 3A. Il est utile de considérer le circuit 56 de détection de la tension V_o pour comprendre cette opération de réduction de courant. Ce circuit est aussi reproduit sur la figure 8.

Le capteur de la tension V_o prélève un signal proportionnel à la tension de sortie d'un transformateur 72 du circuit de sortie. Pendant la période t_{off} , pratiquement toute la tension de sortie apparaît aux bornes du primaire du transformateur 72 et, en conséquence, la tension aux bornes du secondaire du transformateur 72 est représentative de la tension V_o . Cette tension apparaît aussi aux bornes du condensateur de filtrage C5 (figure 8). Une diode D12 de référence de Zener est montée entre les bornes X et Y de sortie du capteur. La tension de Zener peut être par exemple de 6,2 V. Tant que la tension aux bornes du condensateur C5 suffit au maintien de la valeur de référence de 6,2 V aux bornes de la diode D12, le signal du capteur V_o reste à la valeur de référence.

Ce signal du capteur V_o est appliqué aux bornes de la résistance R18 du circuit limiteur de courant et détermine ainsi un niveau de référence (6,2 V) aux bornes de

la résistance réglable R17. Cependant, lorsque la tension V_o atteint le point 61 sur la figure 3A, la diode D12 de Zener cesse de conduire et le signal de sortie du capteur aux bornes X, Y varie avec la tension V_o . Dans ces conditions, il faut un plus faible courant pour modifier l'état du comparateur A4, et la limitation du courant apparaît à des tensions de sortie de plus en plus faibles. En d'autres termes, les impulsions d'activation du commutateur ont une durée de plus en plus courte lorsque la conductance de la charge augmente dans la région de réduction du courant.

Lorsque la conductance de la charge continue à augmenter, l'alimentation doit pouvoir encore réduire la tension de sortie afin qu'elle évite un emballement en courant. Cependant, il arrive un moment où la durée d'activation du commutateur ne peut plus être réglée si bien que la période de conduction t_{on} fixée par la boucle de commande peut être inférieure au temps de réponse électrique du circuit. En d'autres termes, le commutateur 12 ne peut plus être commuté entre les états de conduction et de non conduction pendant le très faible temps imposé par la boucle de commande dans des conditions proches du court-circuit. Pour cette raison, le circuit limiteur de courant a un troisième mode de fonctionnement qui peut être considéré comme un mode de décalage de fréquence, dans lequel la période t_{off} est prolongée de manière que la période T_p augmente. Ceci réduit évidemment le coefficient d'utilisation du fonctionnement du commutateur et provoque une réduction supplémentaire de la tension V_o .

L'opération de décalage de fréquence se produit lorsque le transistor 74 conduit. La base du transistor 74 est reliée par la diode D13 à la sortie du comparateur A4. Normalement, la diode D13 est polarisée en inverse étant donné l'état normalement conducteur de la diode de Zener D14. Comme cette dernière est montée en série avec le condensateur C5 du capteur de tension, il arrive un moment (point 63 sur la figure 3A) où la diode de Zener D14 cesse de conduire. Alors, lorsque le transistor 74 conduit, le

condensateur C6 (figure 8) se charge à travers la diode D15. La charge du condensateur C6 est appliquée par la diode D16 au circuit de minutage du générateur 28 de base de temps. Pendant le cycle de décharge du circuit de minutage, le condensateur C6 se décharge dans la résistance R5, avec le condensateur C1, et il augmente le temps de décharge du condensateur et en conséquence augmente la période t_{off} . Evidemment, le prolongement de cette période t_{off} prolonge en fait la période de commutation T_p et réduit le coefficient d'utilisation de l'énergie transférée à la charge dans des conditions de surcharge en courant.

5. Circuit de commande de commutateur

Comme l'indique la figure 2, le commutateur 12 est commandé par l'intermédiaire d'un circuit 27. Celui-ci est réalisé essentiellement de manière qu'il provoque une commutation rapide à l'état conducteur et une commutation positive à l'état non conducteur du commutateur 12 en fonction du signal d'activation de commutateur apparaissant à la sortie du modulateur 24. Comme le circuit de commande ne fait partie de l'invention, on ne le décrit pas en détail.

La description qui précède montre que l'invention assure une commande complète des alimentations commutées régulées sans fer. Elle permet un fonctionnement sur une large plage de conditions d'entrée et de sortie. Elle permet un fonctionnement avec un coefficient élevé d'utilisation, compensant les faibles tensions d'entrée et cependant, dans les conditions normales, elle permet l'utilisation de coefficients modérés d'utilisation qui ne provoquent pas une dissipation excessive d'énergie. Il est important de noter que l'alimentation fonctionne avec consommation d'un courant minimal. En fait, le circuit est réalisé de manière que le courant suffise juste à la commande des dispositifs électroniques consommant de faibles puissances. En outre, le circuit de mise en route est combiné à une minuterie de faible tension de manière que l'alimentation soit arrêtée dans des conditions de ligne qui imposeraient autrement des coefficients d'utilisation importants pour le transfert

d'énergie au circuit de sortie. Enfin, l'invention met en oeuvre une limitation du courant à trois états permettant le fonctionnement de l'alimentation dans des conditions virtuelles de court-circuit.

5 Il est bien entendu que l'invention n'a été décrite et représentée qu'à titre d'exemple préférentiel et qu'on pourra apporter toutes équivalences techniques dans ses éléments constitutifs sans pour autant sortir de son cadre. Par exemple, la régulation du coefficient d'utilisation
10 des impulsions d'activation du commutateur est réalisée suivant des techniques particulières, mais de nombreuses variantes sont possibles. Par exemple, la modulation des impulsions peut être réalisée à leur flanc postérieur si bien que l'impulsion d'activation du commutateur peut être
15 interrompue par application de signaux convenables en un certain point du circuit. De même, le décalage de fréquence ou le prolongement de la période T_p peut être réalisé par d'autres moyens que par les circuits précis décrits précédemment. Dans un autre exemple, le signal de base de temps
20 peut être créé d'une manière tout à fait différente de celle qui est décrite.

REVENDICATIONS

1. Circuit de commande et de régulation d'une alimentation commutée sans fer, recevant de l'énergie d'une source externe, et du type qui comporte un circuit de sortie
5 (14) destiné à être connecté à une charge à alimenter et un commutateur commandé (12) destiné à assurer la régulation par réglage du coefficient d'utilisation de l'énergie transférée de la source externe au circuit de sortie, ledit circuit de commande et de régulation étant caractérisé en ce
10 qu'il comprend :

un dispositif (23, 24) sensible à la tension d'entrée de la source d'énergie et au paramètre de sortie à réguler et destiné à former un signal d'activation du commutateur (12) à une fréquence donnée de répétition et pendant une
15 durée déterminée par la tension de la source et par le paramètre de sortie afin que ce dernier garde la valeur voulue, et un circuit de mise en route (20) destiné à réduire temporairement le coefficient d'utilisation de l'énergie transférée par le commutateur (12) et à limiter ainsi le
20 courant de mise en route par prolongement de la période comprise entre les périodes successives d'activation du commutateur, après la connexion de l'alimentation à la source externe.

2. Circuit selon la revendication 1, caractérisé
25 en ce que :

le dispositif générateur d'un signal d'activation du commutateur comporte un dispositif (23) d'intégration d'un signal périodique représentatif de la tension de la source, et un dispositif (24) de comparaison du signal périodique intégré à un signal représentatif du paramètre
30 de sortie,

le dispositif de comparaison (24) transmettant un signal d'activation du commutateur lorsque l'amplitude de l'un des signaux comparés est inférieure à celle de l'autre des signaux comparés.
35

3. Circuit selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comprend un circuit destiné à remettre le signal

intégré à une valeur de référence après chaque apparition de l'activation du commutateur.

4. Circuit selon la revendication 2, caractérisé en ce que le circuit de mise en route (20) est destiné à
5 remplacer l'un des signaux comparés par un signal de référence afin que la production du signal d'activation du commutateur soit inhibée.

5. Circuit selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comprend un circuit de minutage (28) relié au
10 circuit de mise en route et destiné à créer le signal de référence de manière qu'il provoque l'inhibition du signal d'activation de commutateur lorsque, la tension de la source est inférieure à une valeur prédéterminée dans une période donnée.

15 6. Circuit selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif destiné à limiter la durée d'activation du commutateur ayant ladite fréquence de répétition de manière que le coefficient maximal d'utilisation soit établi à une valeur nettement supérieure à
20 50 %.

7. Circuit selon la revendication 6, caractérisé en ce que le coefficient maximal d'utilisation de l'activation du commutateur est au moins de 70 % environ.

8. Circuit selon la revendication 2, caractérisé
25 en ce qu'il comprend un dispositif destiné à limiter l'amplitude de l'un des signaux comparés et à limiter ainsi le coefficient d'utilisation d'activation du commutateur dans des conditions normales, à une valeur inférieure au coefficient maximal d'utilisation.

30 9. Circuit selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un circuit de minutage (28) sensible à la tension de la source et destiné à inhiber l'activation du commutateur lorsque cette tension de la source est inférieure à une valeur minimale prédéterminée,
35 pendant une période donnée.

10. Circuit selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend :

un dispositif (55, 65) destiné à créer un signal de limitation de courant lorsque la demande de courant de sortie par la charge dépasse une valeur maximale permise, et

un dispositif destiné à transmettre le signal de limitation de courant au dispositif (23, 24) générateur d'un signal d'activation du commutateur afin que la durée du signal d'activation du commutateur varie inversement avec l'intensité du courant de sortie demandé, ayant une valeur excessive.

11. Circuit de commande et de régulation destiné à une alimentation commutée régulée sans fer, recevant de l'énergie d'une source externe et du type qui comporte un circuit de sortie (14) destiné à être connecté à une charge alimentée et un commutateur commandé (12) destiné à assurer la régulation par réglage du coefficient d'utilisation de l'énergie transférée de la source au circuit de sortie, ledit circuit de commande étant caractérisé en ce qu'il comprend :

un modulateur (24) par largeurs d'impulsions sensible à la fois à la tension de la source et au paramètre de sortie à réguler de manière qu'il crée des impulsions d'activation de commutateur ayant un coefficient d'utilisation relié aux variations de la tension de la source et du paramètre de sortie afin que ce dernier garde la valeur voulue, les impulsions de commande du commutateur ne dépassant pas une largeur maximale d'impulsion,

une alimentation interne (18) du dispositif de commande, comprenant un dispositif d'accumulation d'énergie recevant un courant de la source avec une intensité limitée, et

un circuit de mise en route (20) destiné à empêcher l'activation du commutateur lorsque l'énergie conservée dans le dispositif d'accumulation ne suffit pas au maintien de l'activation du commutateur pendant le temps nécessaire à l'obtention de la valeur voulue du paramètre de sortie, si bien que l'intensité du courant de la source utilisée pour le fonctionnement du circuit de commande et de régula-

tion lors de la mise en route est limitée.

12. Circuit selon la revendication 11, caractérisé en ce que le circuit de mise en route comporte un dispositif (55, 65) sensible à la fois à la tension de l'alimentation interne et à une première tension de référence et destiné à empêcher l'activation du commutateur lorsqu'une fraction de la tension de l'alimentation interne est inférieure à la première tension de référence.

13. Circuit selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'il comporte en outre :

un circuit de minutage destiné à établir une seconde tension de référence ayant, par rapport à la première tension de référence, une amplitude qui varie en fonction du temps lorsque la tension de la source est inférieure à un niveau minimal permis pour un fonctionnement continu,

le circuit de mise en route (20) assurant l'inhibition de l'activation du commutateur lorsque la seconde tension de référence atteint l'amplitude de la première tension de référence.

14. Circuit de commande et de régulation d'une alimentation commutée régulée sans fer, recevant de l'énergie d'une source externe et du type ayant un circuit de sortie (14) destiné à être connecté à une charge à alimenter et un commutateur commandé (12) destiné à assurer la régulation de sortie par réglage du coefficient d'utilisation de l'énergie transférée de la source au circuit de sortie, ledit circuit de commande et de régulation étant caractérisé en ce qu'il comprend :

un dispositif (23, 24) sensible à la fois à la tension de la source et au paramètre de sortie à réguler, et destiné à créer un signal d'activation du commutateur à une fréquence donnée de répétition, la durée de chaque signal d'activation variant avec la tension de la source et le paramètre de sortie de manière que ce dernier garde la valeur voulue,

une alimentation interne (18) du circuit de commande et de régulation, comprenant un dispositif destiné à limiter

le courant tiré de la source d'énergie, un condensateur (C3) destiné à recevoir ce courant limité et relié de manière qu'il transmette de l'énergie aux composants du circuit de commande et de régulation, et un dispositif (D6) de référence de tension destiné à maintenir la tension du condensateur à une valeur choisie,

un dispositif (52) d'accumulation d'énergie monté en circuit avec le commutateur (12) et destiné à conserver une partie de l'énergie transférée par le commutateur pendant une première partie du cycle à la fréquence de répétition et connecté de manière qu'il transmette au condensateur de l'énergie en quantité supplémentaire pendant une autre partie du cycle, afin que le condensateur soit chargé à un niveau plus élevé lors des périodes successives de conduction du commutateur, et

un dispositif destiné à inhiber l'activation du commutateur lorsque l'énergie emmagasinée dans le circuit d'alimentation est inférieure à une valeur minimale prescrite.

15. Circuit selon la revendication 14, caractérisé en ce que le dispositif d'accumulation d'énergie est un circuit transformateur à réaction (52).

16. Circuit de commande et de régulation d'une alimentation commutée régulée sans fer, recevant de l'énergie d'une source externe et du type qui comporte un circuit de sortie (14) destiné à être connecté à une charge à alimenter, et un commutateur commandé (12) destiné à assurer la régulation par réglage du coefficient d'utilisation de l'énergie transférée de la source au circuit de sortie, le circuit de commande et de régulation étant caractérisé en ce qu'il comprend :

un générateur (28) d'un signal de base de temps déterminant une période voulue de conduction du commutateur à une fréquence spécifiée de commutation, la fréquence établissant une période normale (T_p) de base de temps constituée par une période maximale de conduction (t_{max}) du commutateur et par une période (t_{off}) de non conduction du commutateur, et

un dispositif (23, 24) sensible à la fois à la tension de la source et au paramètre de sortie à réguler et destiné à créer une impulsion d'activation de commutateur pour chaque période (T_p) ayant une durée variable en fonction de la tension de la source et du paramètre de sortie afin que ce dernier garde la valeur voulue,

le dispositif générateur du signal d'activation du commutateur comprenant un premier circuit (23) destiné à créer un premier signal variant linéairement au cours du temps en fonction de la tension de la source et référencé dans le temps par rapport à la période (T_p),

un second circuit destiné à créer un second signal dont l'amplitude est représentative du paramètre de sortie, et un dispositif (24) sensible à la fois au premier et au second signal et destiné à transmettre le signal d'activation du commutateur lorsque l'amplitude de l'un des premier et second signaux est inférieure à l'amplitude de l'autre de ces signaux,

la plage de variation des signaux étant telle que la durée du signal d'activation du commutateur est limitée à une valeur inférieure à ladite période maximale (t_{max}) dans toutes les conditions de fonctionnement autres que celles dans lesquelles la tension de la source est insuffisante pour que le paramètre régulé de sortie soit maintenu à la valeur voulue.

17. Circuit selon la revendication 16, caractérisé en ce que le coefficient maximal d'utilisation (t_{max}/T_p) d'activation du commutateur n'est pas inférieur à 70 % environ

18. Circuit selon la revendication 16, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un dispositif (28) destiné à limiter le signal d'activation du commutateur à une durée ne dépassant pas (t_{max}) dans une période quelconque (T_p) lorsque la source de la tension ne suffit pas au maintien du paramètre régulé de sortie à la valeur voulue.

19. Circuit selon la revendication 16, caractérisé en ce que le premier circuit (23) comporte un dispositif destiné à remettre l'amplitude du premier signal à une valeur

prescrite après chaque période de conduction du commutateur.

20. Circuit selon la revendication 16, caractérisé en ce qu'il comporte en outre :

5 un dispositif (56) sensible aux variations élémentaires du courant de sortie au-delà d'une valeur maximale prescrite lorsque les conditions de charge sont excessives, afin qu'il forme un signal de limitation de courant, et
un dispositif (55, 65) sensible à ce signal de limitation de courant et destiné à réduire le coefficient
10 d'utilisation d'activation du commutateur de manière que la tension de sortie soit réduite d'une quantité qui suffit pour que l'intensité du courant de sortie soit pratiquement limitée à ladite valeur maximale prescrite.

21. Circuit selon la revendication 20, caractérisé
15 en ce que la tension de sortie est réduite, en présence d'une charge excessive, d'une quantité telle que l'intensité du courant de sortie est maintenue à une valeur sensiblement constante dans une plage prescrite de tensions de sortie.

22. Circuit selon la revendication 20, caractérisé
20 en ce que la tension de sortie, en dehors de ladite plage, est réduite d'une quantité telle que l'intensité du courant est aussi réduite si bien que l'intensité du courant de sortie diminue lorsque la conductance de la charge augmente.

23. Circuit selon la revendication 22, caractérisé
25 en ce que le dispositif de limitation du courant (55, 65) prolonge la période (t_{off}) et réduit ainsi la fréquence de commutation, avec réduction correspondante de la tension de sortie lorsque la conductance de la charge augmente excessivement.

30 24. Circuit selon la revendication 23, caractérisé en ce que le dispositif destiné à limiter le courant comporte :

un circuit (56) de détection de la tension de sortie, donnant un signal de référence de tension pour les tensions de sortie dépassant un niveau donné de commande,
35 un circuit (57) de détection de courant destiné à créer un signal qui est fonction du courant de sortie, et
un dispositif (55, 65) sensible à la fois au signal

de référence de tension et aux signaux de fonction du courant, et destiné à créer le signal de limitation du courant lorsque les amplitudes desdits signaux présentent une relation prédéterminée.

5 25. Circuit selon la revendication 24, caractérisé en ce que le signal de référence varie avec la tension de sortie lorsque celle-ci est inférieure au niveau donné de commande, le signal de limitation du courant étant créé pour des valeurs relativement faibles de l'intensité du
10 courant de sortie lorsque la tension de sortie est inférieure au niveau donné de commande.

26. Circuit selon la revendication 24, caractérisé en ce que :

le signal de référence varie avec la tension de
15 sortie lorsque celle-ci est inférieure au niveau donné de commande, et

le dispositif (55, 65) de limitation du courant comporte en outre un dispositif sensible au signal variable de référence et destiné à prolonger la période (T_p) en mode
20 de limitation du courant.

27. Circuit selon la revendication 20, caractérisé en ce que le dispositif (55, 65) de limitation du courant règle le coefficient d'utilisation d'activation du commutateur de manière qu'il réduise la tension de sortie lorsque
25 la charge est excessive et assure ainsi (a) un fonctionnement à courant pratiquement constant de l'énergie de sortie à une valeur maximale prescrite du courant permis dans une plage donnée de tensions de sortie, et (b) un fonctionnement avec réduction du courant de sortie lorsque la charge aug-
30 mente, avec des tensions de sortie inférieures à celles de ladite plage.

28. Circuit selon la revendication 27, caractérisé en ce que le dispositif (55, 56) de limitation du courant comporte :

35 un dispositif destiné à réduire la durée du signal d'activation du commutateur dans ladite plage donnée de tensions de sortie, en fonction de la conductance croissante

de la charge, et

un circuit de décalage de fréquence commandé par les tensions de sortie lorsqu'elles sont inférieures à une valeur donnée et destiné à prolonger la période (T_p) de la base de temps lorsque la conductance de la charge augmente encore, si bien que la fréquence de commutation à laquelle de l'énergie est transférée au circuit de sortie est réduite.

29. Circuit selon la revendication 16, caractérisé en ce qu'il comprend en outre :

un dispositif (55, 65) destiné à limiter l'intensité du courant transmis par la source d'énergie au circuit de commande et de régulation,

une alimentation interne (19) du circuit de commande et de régulation, et

un dispositif destiné à prolonger la période (T_p) de la base de temps lorsque l'énergie accumulée dans l'alimentation interne est inférieure à une valeur maximale nécessaire à un fonctionnement permanent, si bien que l'énergie consommée par le circuit de commande et de régulation est limitée.

30. Circuit de commande et de régulation destiné à une alimentation commutée régulée sans fer, recevant de l'énergie d'une source externe et du type qui comporte un circuit de sortie (14) destiné à être connecté à une charge à alimenter, et un commutateur commandé (12) destiné à assurer la régulation par réglage du coefficient d'utilisation de l'énergie transférée de la source au circuit de sortie, le circuit de commande et de régulation étant caractérisé en ce qu'il comprend :

un dispositif (23, 24) sensible à la fois à la tension de la source et au paramètre de sortie à réguler et destiné à créer un signal d'activation de commutateur dont la durée varie avec la tension de sortie et avec le paramètre de sortie afin que celui-ci garde la valeur voulue,

un dispositif (55, 65) de limitation de courant, sensible aux variations du courant de sortie au-delà d'une valeur maximale prescrite lorsque la charge est excessive,

et destiné à créer un signal de limitation de l'intensité du courant, et

un dispositif destiné à coupler le signal de limitation de courant au dispositif générateur d'un signal d'activation du commutateur afin que le coefficient d'utilisation de l'activation du commutateur soit réduit, le dispositif (55, 65) de limitation d'intensité du courant comprenant :

un circuit (56) de détection de la tension de sortie, donnant un signal de référence de tension qui varie avec la tension de sortie lorsqu'elle est inférieure à un niveau donné de commande,

un circuit (57) de détection de courant destiné à créer un signal qui est fonction du courant de sortie, et un dispositif (55, 65) sensible aux signaux de référence de tension et fonction du courant et destiné à créer le signal de limitation de courant lorsque les amplitudes desdits signaux présentent une relation prédéterminée, le signal de limitation d'intensité du courant étant créé à des valeurs relativement faibles de l'intensité du courant de sortie lorsque la tension de sortie est inférieure à un niveau donné de commande.

31. Circuit selon la revendication 30, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un dispositif (55, 65) sensible au signal variable de référence et destiné à prolonger la période en mode de limitation de courant lorsque la tension de sortie tombe à une valeur inférieure au niveau de commande.

32. Circuit selon la revendication 30, caractérisé en ce que le dispositif de limitation de courant (55, 65) règle le coefficient d'utilisation de l'activation du commutateur de manière que la tension de sortie soit réduite dans des conditions dans lesquelles la charge est excessive, afin qu'il assure (a) un fonctionnement à courant sensiblement constant de l'énergie de sortie pour une valeur maximale prescrite du courant permis dans une plage donnée des tensions de sortie, et (b) un fonctionnement avec réduction du courant de sortie lorsque la charge augmente, si bien que la tension de sortie est inférieure à ladite plage.

1/7

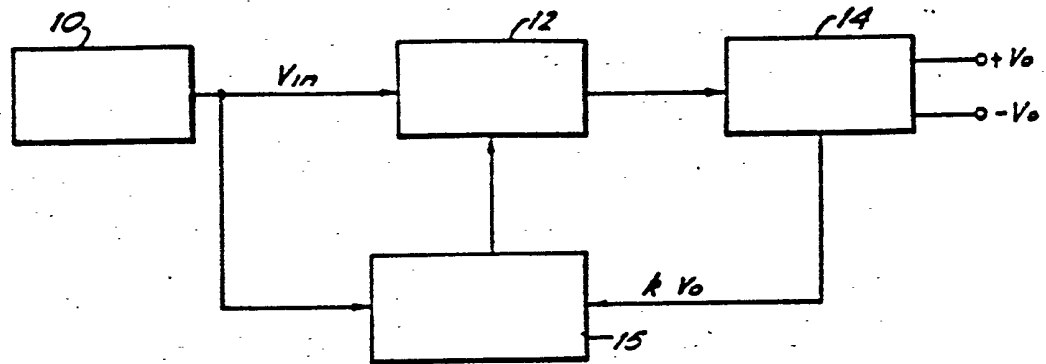


FIG. 1

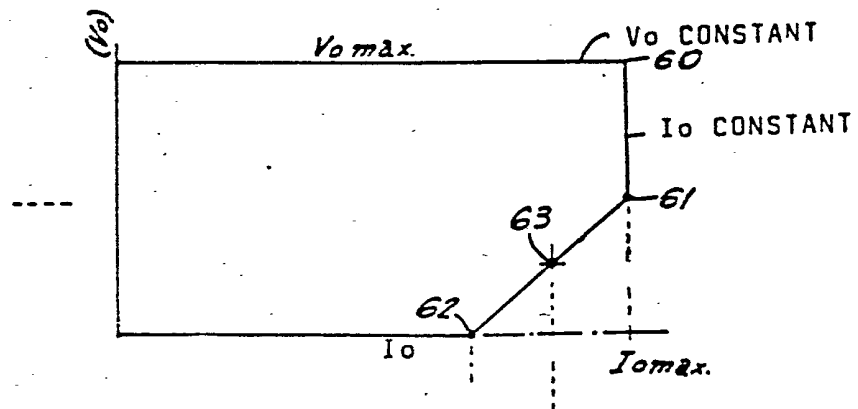


FIG. 3A

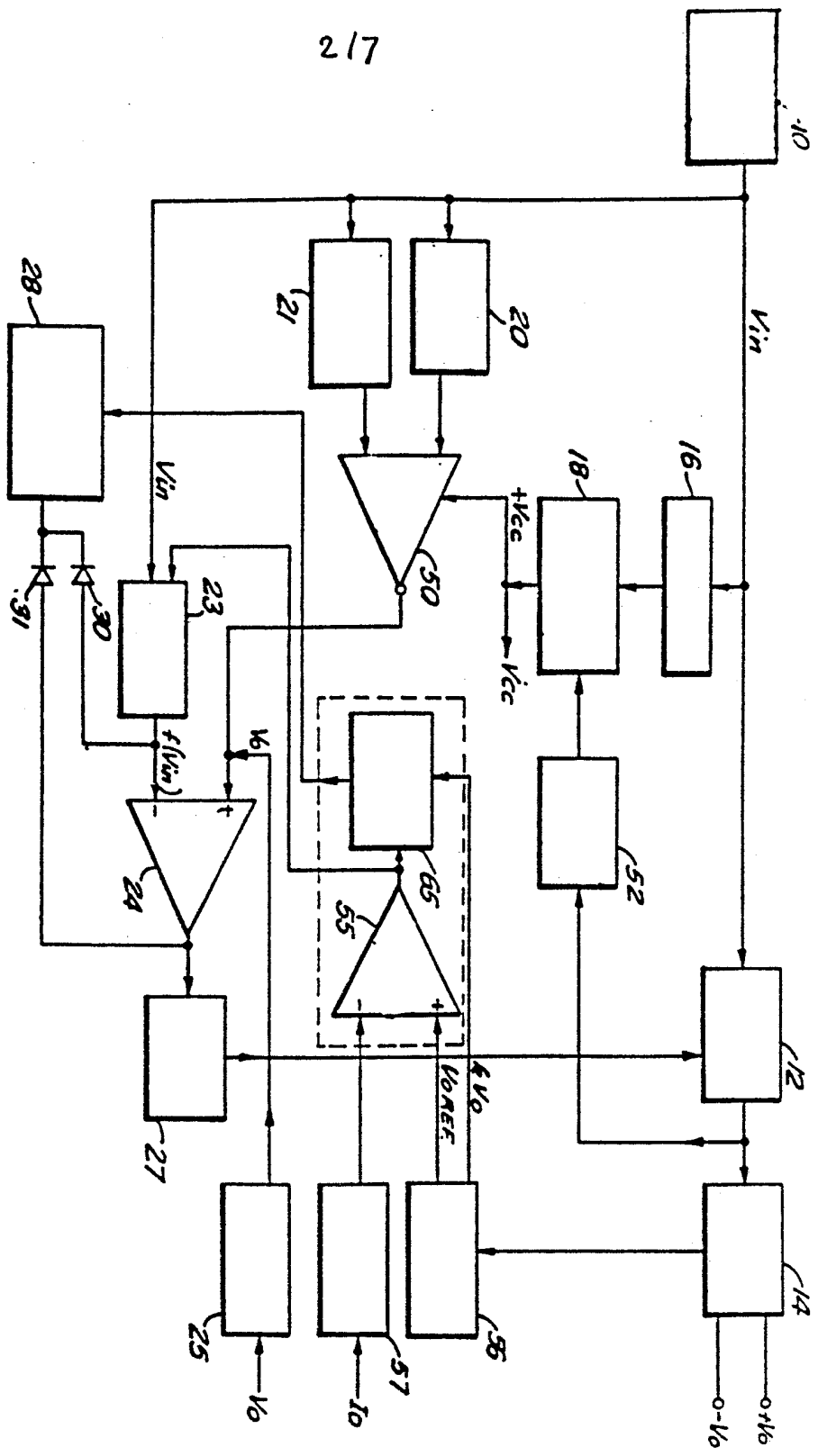


FIG. 2

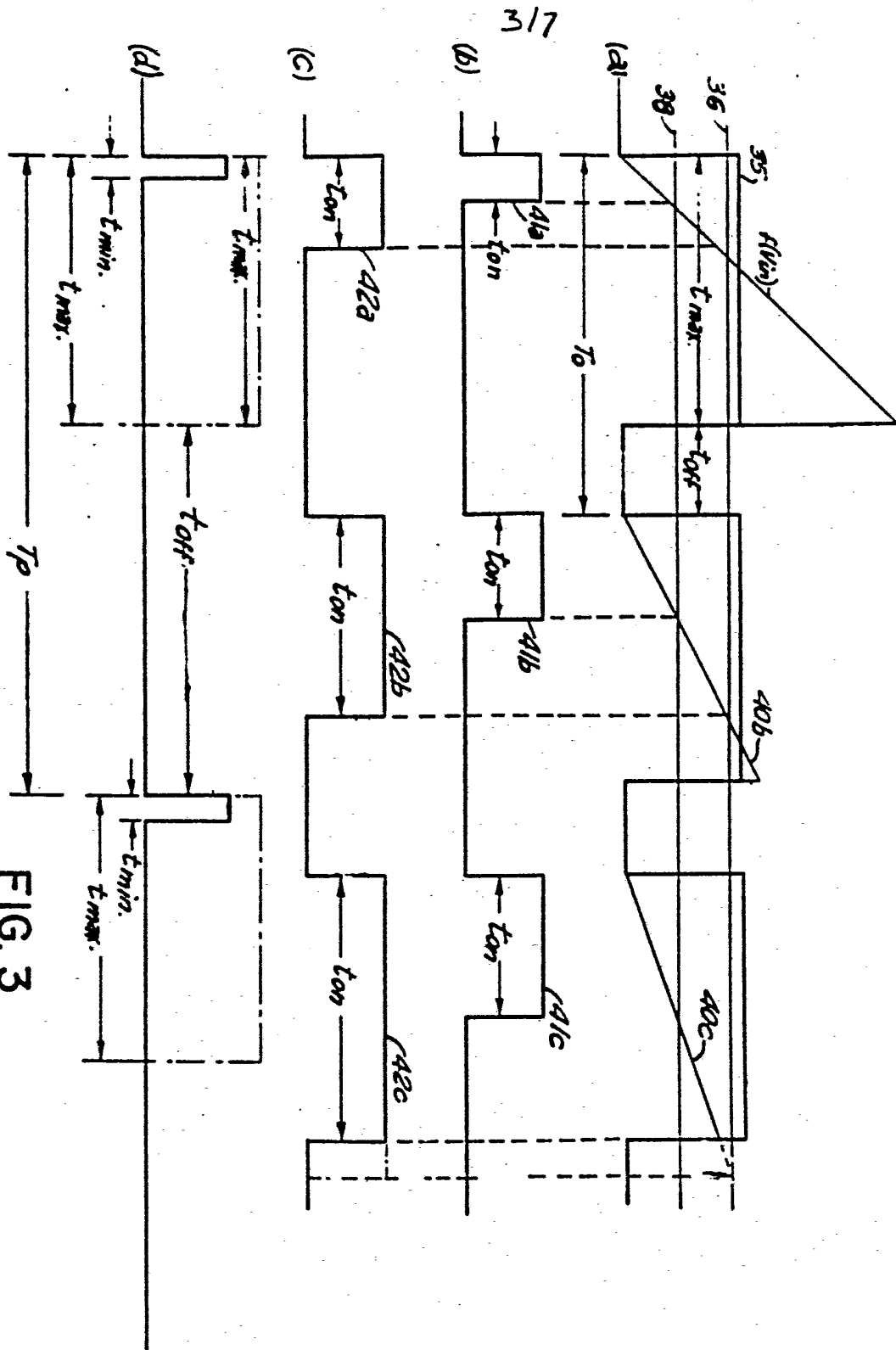


FIG. 3

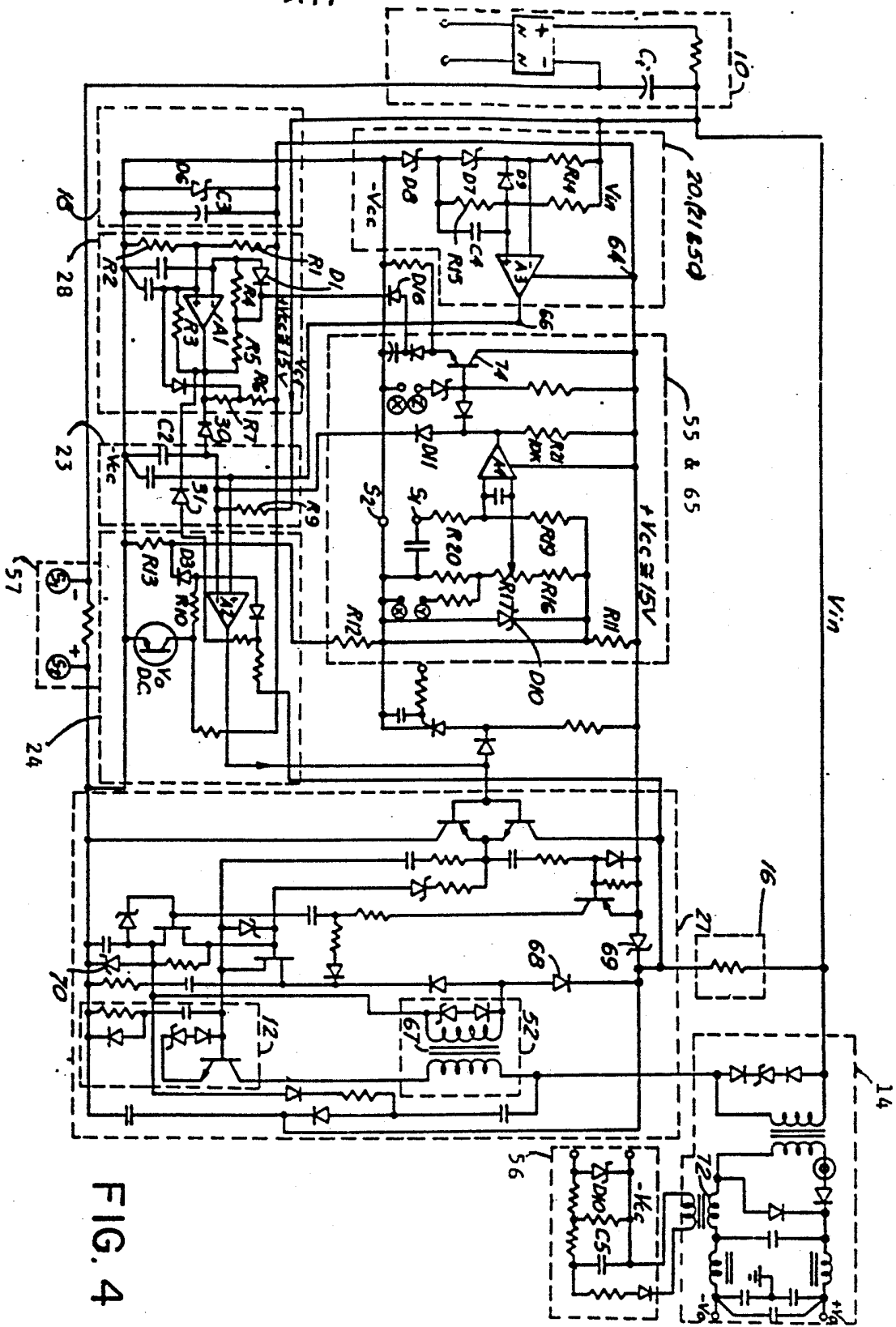


FIG. 4

517

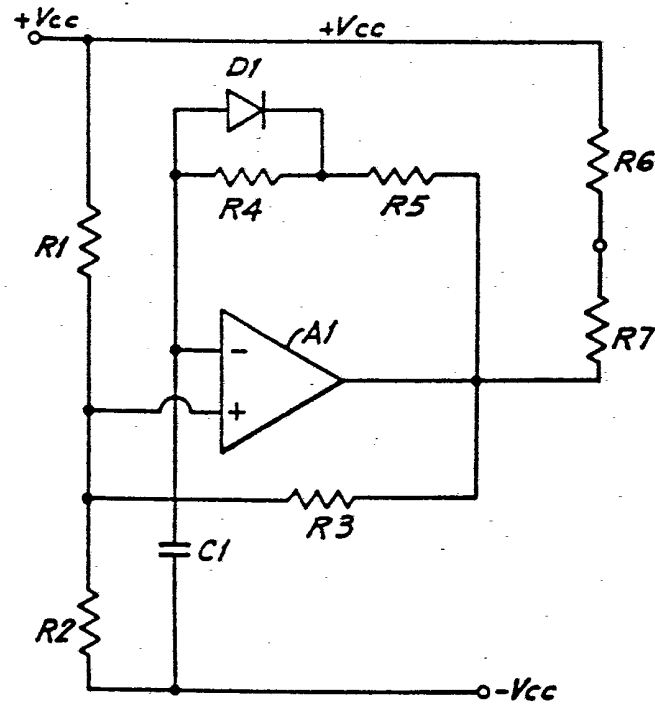


FIG. 5

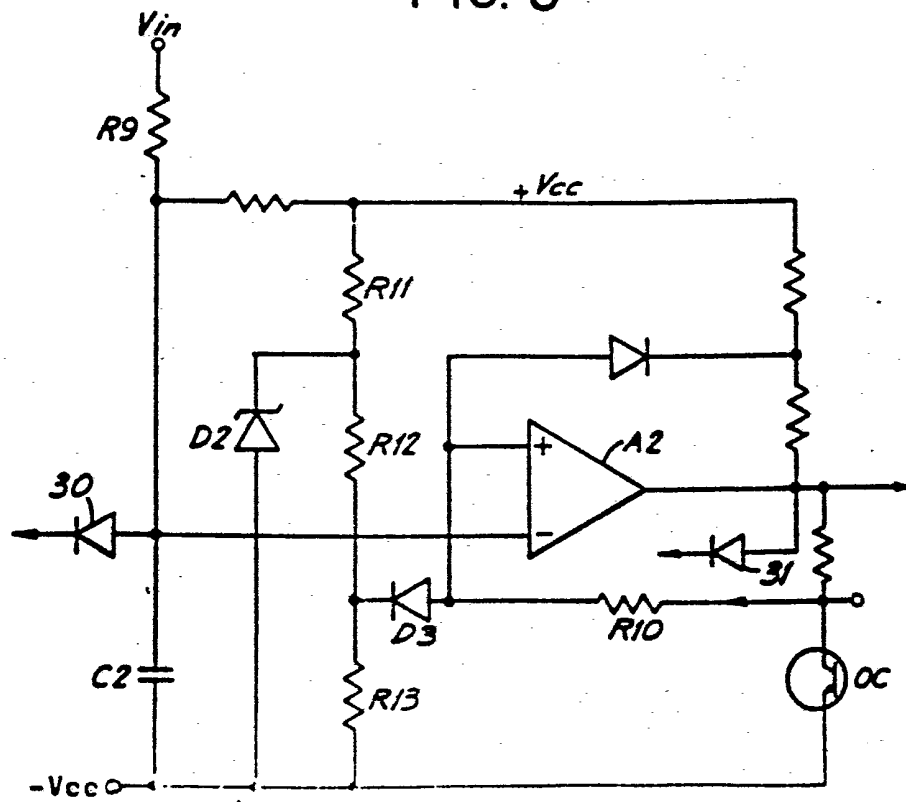


FIG. 6

6/7

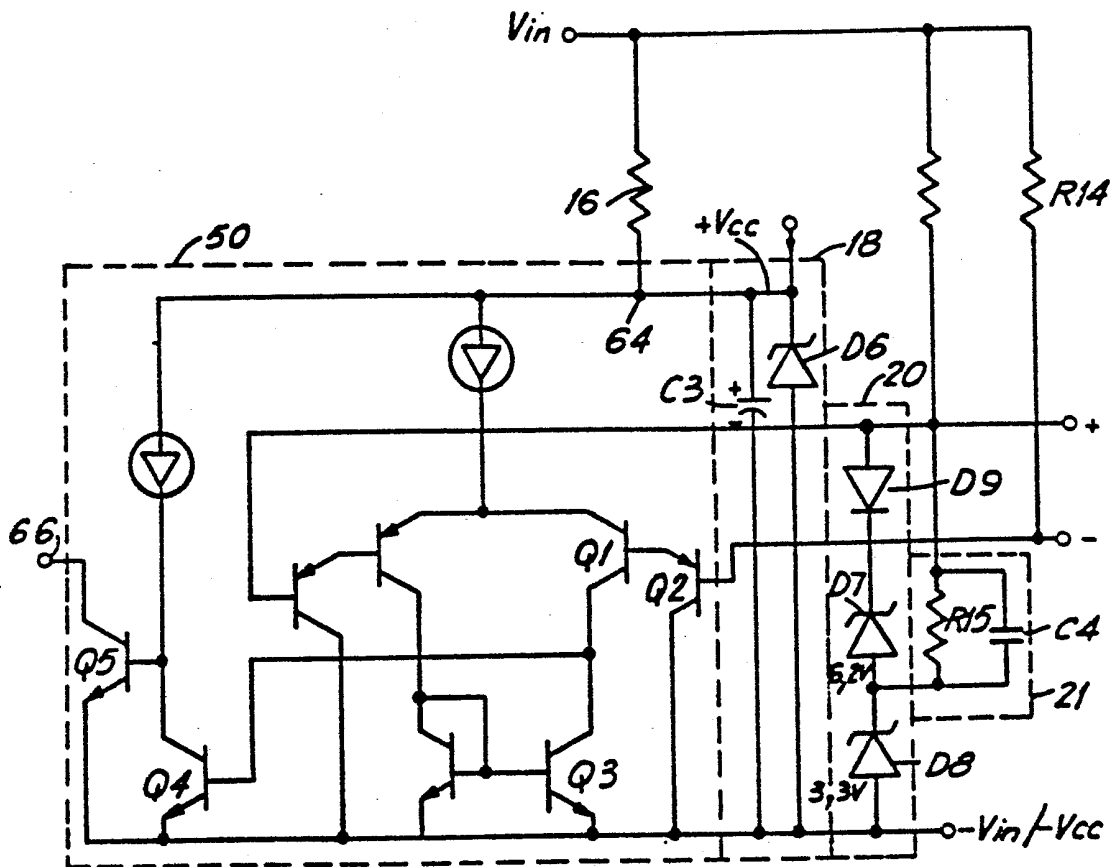


FIG. 7

7/7

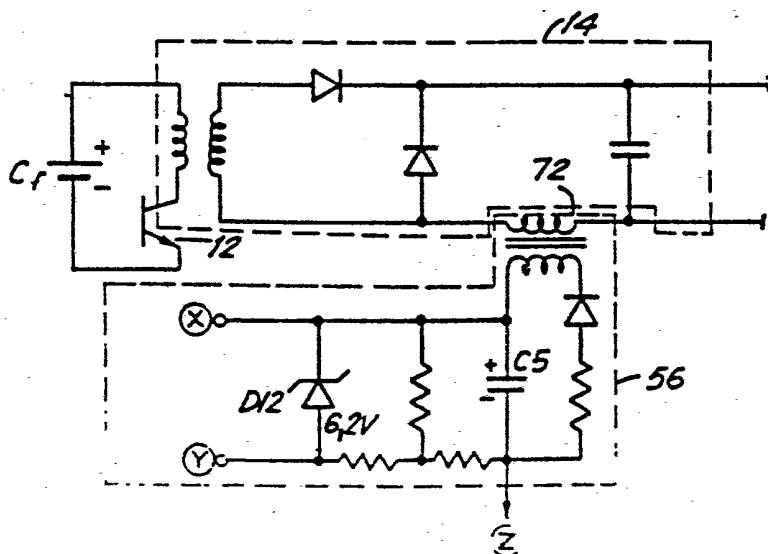
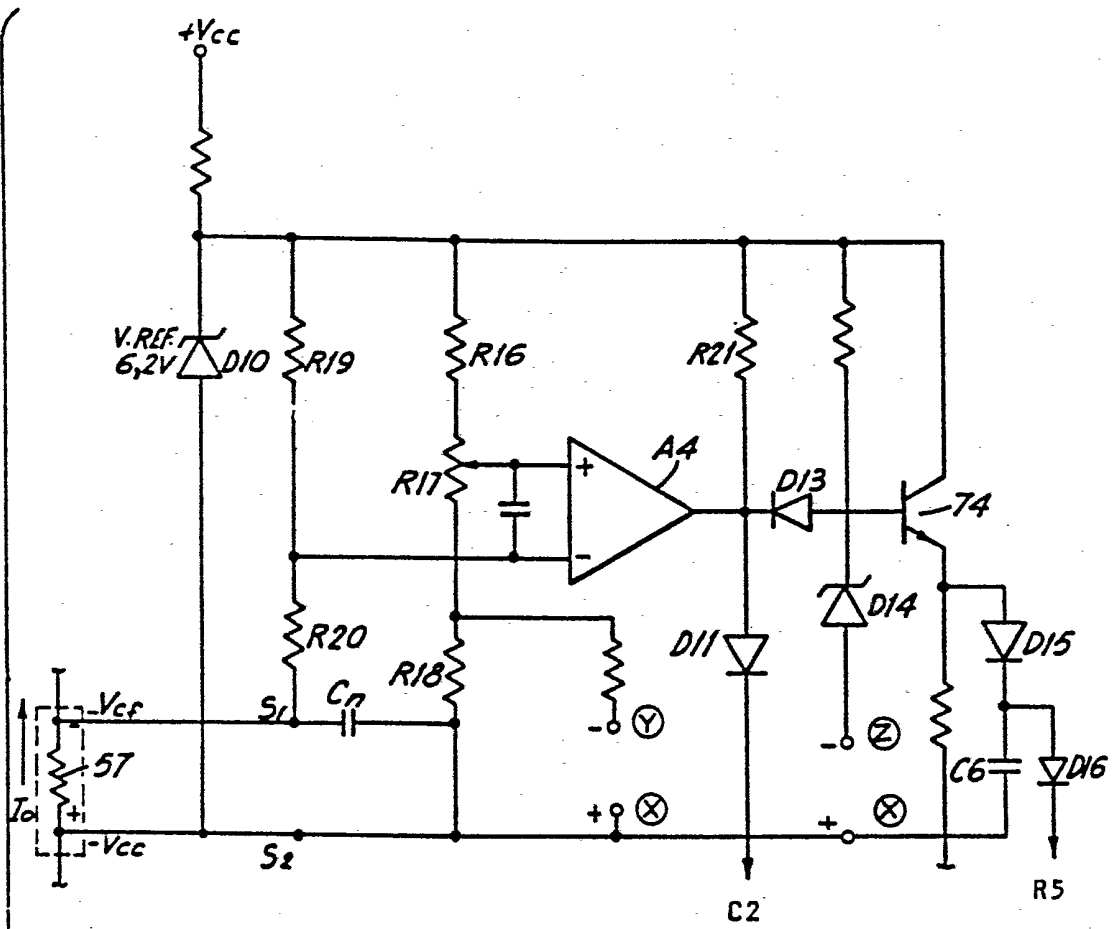


FIG. 8