

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 497 421

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21) **N° 80 27691**

(54) Circuit régulateur à découpage non inverseur de tension.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). H 02 P 13/22.

(22) Date de dépôt 29 décembre 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 26 du 2-7-1982.

(71) Déposant : Société dite : THOMSON-CSF, société anonyme, résidant en France.

(72) Invention de : Jacques Dassonville.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Philippe Guilguet, Thomson-CSF, SCPI,
173, bd Haussmann, 75360 Paris Cedex 08.

CIRCUIT REGULATEUR A DECOUPAGE
NON INVERSEUR DE TENSION

La présente invention concerne un circuit régulateur à découpage non inverseur de tension et qui peut jouer le rôle d'abaisseur ou d'élevateur de tension.

Pour effectuer une transformation continue/continue il est connu de procéder par découpage du courant dans une inductance, ou par découpage du courant dans le primaire d'un transformateur. On s'intéresse ici à la première catégorie de ces circuits qui peuvent se présenter sous trois formes différentes : montage convertisseur direct (abaisseur) et montages convertisseurs à accumulation (élevateur, inverseur de polarité). Ces montages constituent trois circuits de base respectivement abaisseur, élévateur et inverseur, et qui utilisent les mêmes composants à savoir une inductance, un commutateur qui peut être constitué par un transistor, une diode d'arrêt et une capacité réservoir en sortie. L'énergie est emmagasinée dans l'inductance et dans la capacité de sortie. Un circuit de commande contrôle les variations de la tension de sortie en fonction des variations de la tension d'entrée et des besoins de la charge et élabore un signal de commande du commutateur pour modifier le cycle de découpage de manière à stabiliser la tension de sortie. Le rapport entre le temps de fermeture du commutateur et la période de découpage est égal au facteur de forme qui par définition peut varier de 0 à 1.

Le but de l'invention est de réaliser un circuit régulateur à découpage non inverseur qui accepte une tension d'entrée qui peut être plus faible, égale ou supérieure à la tension de sortie régulée, alors que la tension minimale d'entrée envisageable doit être plus élevée que celle prévue en sortie dans le cas d'un circuit abaisseur et que la tension maximale d'entrée envisageable doit être plus

faible que celle prévue en sortie dans le cas d'un circuit élévateur.

Suivant un objet de l'invention on réalise un circuit régulateur par la connexion en série de deux circuits de base un circuit élévateur suivi d'un circuit abaissageur et par la commande en synchronisme des commutateurs équipant ces circuits.

Suivant un autre mode préférentiel de réalisation le circuit régulateur non inverseur et formé par un circuit élévateur précédé d'un circuit composé d'un commutateur en série avec une diode connectée entre les bornes recevant la tension d'entrée, la diode étant connectée par ailleurs aux bornes d'entrée du circuit élévateur en aval, les deux circuits commutateurs étant également commandés en synchronisme.

Les particularités de l'invention apparaîtront dans le description qui suit donnée à titre d'exemple non limitatif, à l'aide des figures annexées qui représentent :

- Fig. 1, un premier mode de réalisation d'un circuit régulateur conforme à la présente invention ;

Fig. 2, un deuxième mode constituant le mode préféré de réalisation d'un circuit régulateur selon l'invention ; et

- Fig. 3, un diagramme relatif aux circuits de commande des commutateurs.

Le circuit régulateur à découpage non inverseur de tension de la Fig. 1 est constitué de deux circuits convertisseurs de base connectés en cascade, un circuit élévateur de tension 1 suivi d'un circuit abaissageur de tension 2, l'ensemble ayant la propriété d'accepter une tension d'entrée E inférieure, égale ou supérieure à la tension de sortie U régulée prévue pour l'exploitation.

Les commutateurs S_1 et S_2 sont commandés simultanément à l'ouverture et à la fermeture par un circuit de commande 3 qui agit sur les paramètres de découpage pour maintenir constante la tension de sortie U en fonction des besoins de la charge RC raccordée en sortie et en fonction des variations de la tension d'alimentation E . Cette dernière est élaborée par une alimentation annexe SC connectée à l'entrée et l'on considérera à priori la tension E est

continue.

La tension continue intermédiaire U_1 est procurée par le circuit élévateur 1 et sa valeur est supérieure à la tension d'entrée E . La tension continue régulée U en sortie procurée par le circuit 5 abaisseur 2 est inférieure à la valeur intermédiaire U_1 . Le fonctionnement de chacun de ces circuits de base 1 et 2 est rappelé ci-après.

Dans le circuit régulateur à découpage 1 lorsque le commutateur S_1 se ferme, la tension V_{S1} à ses bornes tombe pratiquement à zéro et la différence de tension $E - V_{S1}$ apparaît aux bornes de 10 l'inductance L_1 entraînant un courant croissant I_{L1} dans cet élément. Comme la tension V_{S1} est inférieure à la tension de sortie U_1 , la diode D_1 se trouve polarisée en inverse et le courant ne peut circuler vers la sortie c'est-à-dire vers le circuit 2. Lorsque le commutateur S_1 s'ouvre à nouveau, le courant I_{L1} dans l'inductance 15 L_1 ne pouvant changer instantanément, la tension V_{S1} devient égale à la somme de la tension de sortie U_1 et de celle V_{D1} aux bornes de la diode D_1 dans le sens passant. Le courant peut maintenant circuler vers la sortie et vers le condensateur C_1 . Ce courant décroît suivant une loi qui peut être assimilée à une variation 20 linéaire avec une pente sensiblement égale à $(U_1 + V_{D1} - E)/L_1$, pour des éléments L_1 et C_1 choisis de valeur suffisamment élevée. La durée et la période des impulsions de découpage IT émises par le circuit de commande 3, sont réglées en sorte que le courant moyen circulant dans la diode D_1 est égal au courant de sortie I_{S1} . Le 25 facteur de forme du montage a pour expression :

$$\tau_1 = \frac{U_1 + V_{D1} - E}{U_1 + V_{D1} - V_{S1}}$$

Dans le circuit abaisseur 2 lorsque le commutateur S_2 se ferme, la tension aux bornes de la diode D_2 monte vers la valeur 30 d'entrée U_1 diminuée de la chute V_{S2} dans le commutateur S_2 . La diode D_2 se bloque et la différence de tension $U_1 - V_{S2} - U$ apparaît aux bornes de l'inductance L_2 donnant naissance à un courant I_{L2} croissant et qui circule vers la charge RC et vers la capacité C_2 . Si le courant instantané I_{L2} est inférieur au courant I_S absorbé par la

charge, la capacité C2 fournit le courant manquant ce qui a pour effet de faire chuter légèrement la tension de sortie U. Par contre, si le courant instantané IL2 est supérieur à IS, la capacité C2 absorbe le surplus et la tension de sortie U s'accroît. Lorsque le 5 commutateur S2 s'ouvre, la tension aux bornes de la diode D2 change de signe et correspond à la faible valeur VD2 qu'elle présente dans le sens passant ; la diode D2 se trouve en effet débloquée et permet de refermer le circuit pour l'énergie emmagasinée dans l'inductance L2 dont le courant IL2 ne peut changer instantanément. A ce moment, 10 la tension aux bornes de l'inductance est égale à - (U + VD2) et le courant IL2 décroît linéairement avec une pente égale à - (U + VD2)/L2 jusqu'à ce qu'il devienne nul ou que le commutateur S2 se referme et le cycle recommence. Comme précédemment le cycle de découpage piloté par le circuit 3 est déterminé pour que le courant moyen dans l'inductance équilibre celui de sortie IS vers la charge ; 15 dans ces conditions le courant moyen de la capacité de sortie C2 est nul et la tension U reste constante. Le facteur de forme du montage a pour expression :

$$\tau_2 = \frac{U + VD_2}{U_1 - VS_2 + VD_2}$$

20 Les interrupteurs S1 et S2 étant commandés simultanément les facteurs de formes τ_1 et τ_2 sont égaux et en posant :
 $VD = VD_1 = VD_2$ et $VS = VS_1 = VS_2$, on obtient les relations :

$$\tau = \frac{U + VD}{U + VD + E - VS} \text{ pour le facteur de forme}$$

et $U_1 = U + E$ pour la valeur intermédiaire U_1 .

25 Le cycle de découpage est piloté par le circuit de commande 3 en sorte que le courant moyen dans l'inductance L2 est égal au courant d'utilisation IS. En utilisant des inductances L1 et L2 de valeur élevée le régulateur présente l'intérêt de réduire le courant crête traversant les interrupteurs. On remarque que la tension intermédiaire est égale à $E + U$ et le rôle de l'élévateur 1 s'avère

inutile à partir du moment où la tension d'entrée E est égale ou supérieure à la tension régulée U en sortie. Pour y remédier il peut être prévu un circuit de commande complémentaire 4 qui a pour effet de maintenir ouvert l'interrupteur S1 lorsque les conditions 5 précitées de la tension d'entrée E se produisent.

Le deuxième mode de réalisation représenté sur la Fig. 2 comporte comme précédemment un montage éléveur 1 connecté côté sortie à la charge RC et précédé côté entrée par un circuit correspondant aux éléments d'entrée du montage abaisseur 2 10 de la Fig. 1 à savoir, l'interrupteur S2 et la diode D2. Ce montage comporte moins d'éléments que la version précédente et constitue une réalisation préférentielle. De même que précédemment, les commutateurs S1 et S2 sont commandés en synchronisme par le circuit de commande 3. Lorsque les commutateurs S1 et S2 sont 15 commandés à la fermeture, la tension intermédiaire U2 aux bornes de la diode D2 monte vers la tension d'entrée E moins la chute faible de tension VS2 aux bornes du commutateur S2. Une différence de tension E - VS1 - VS2, VS1 étant la tension aux bornes du commutateur S1, apparaît donc aux bornes de l'inductance L1 20 donnant naissance à un courant IL1. Ce courant croît linéairement avec une pente égale à $(E - VS1 - VS2)/L1$ jusqu'au moment où les interrupteurs s'ouvrent. A ce moment, comme le courant dans l'inductance ne peut changer instantanément, la tension U2 chute à - VD2 (tension aux bornes de la diode D2 dans le sens passant) et la 25 tension aux bornes de S1 monte à la valeur U + VD1 (VD1 tension aux bornes de la diode D1 dans le sens passant) ; les diodes D1 et D2 sont conductrices et referment le circuit pour l'énergie emmagasinée dans l'inductance L1. Au moment de l'ouverture, la tension aux bornes de l'inductance est égale à $-(U + VD1 + VD2)$ et le courant 30 IL1 diminue avec une pente égale à $-(U + VD1 + VD2)/L1$ jusqu'à ce qu'il devienne nul, ou que les commutateurs S1 et S2 se ferment à nouveau et que le cycle recommence. La commande par le circuit 3 des commutateurs est faite en sorte que le courant moyen dans la diode D1 est égal au courant de sortie IS. Le facteur de forme a

pour valeur :

$$\tau = \frac{U + VD1 + VD2}{U + VD1 + VD2 + E - VS1 - VS2}$$

La tension de sortie U peut être choisie de manière indépendante de la tension d'entrée E, c'est-à-dire plus grande ou plus petite, sans discontinuité pour la valeur $U = E$, la polarité de la tension U étant identique à celle de la tension d'entrée E. Comme précédemment un circuit additionnel de commande 4 peut être prévu pour neutraliser l'action du montage 5 en amont lorsque la tension d'entrée E est inférieure ou égale à la tension de sortie U.

En se rapportant à la Fig. 3, le circuit de commande 3 peut être constitué par un circuit comparateur d'entrée 30 dans lequel la tension de sortie U est comparée à une tension de référence U0 stabilisée. La tension d'erreur en sortie du comparateur est appliquée à un circuit intégrateur 31 suivi d'un circuit modulateur de largeur 32 qui modifie le cycle de découpage et dont l'étage de sortie peut avantageusement consister en un transistor 33 permettant par ses sorties émetteur et collecteur de commander séparément et simultanément les commutateurs S1 et S2 formés de transistors complémentaires un transistor PNP et un transistor NPN (Fig. 2). Diverses solutions peuvent être envisagées pour la réalisation du circuit 32 selon que l'on agit sur le paramètre durée de fermeture TF des commutateurs, ou sur le paramètre période de découpage T, ou sur les deux paramètres simultanément. La période T peut être fixée par un oscillateur, ou rendue variable par commande d'un oscillateur contrôlé par tension.

Le circuit complémentaire de commande 4 est représenté sur la fig. 3 par les éléments 40 et 43. Le circuit 40 est un filtre pour la tension E et peut consister en une cellule à résistance et capacité. La sortie du filtre correspond à la valeur moyenne de E et est appliquée au circuit 41 où elle est additionnée à une valeur stabilisée U3. La sortie du sommateur 41 qui peut consister en un montage à résistances, est appliquée au circuit comparateur à hystérésis 42 qui reçoit la valeur U par sa seconde entrée. La sortie

du comparateur attaque un commutateur 43 qui va couper le fonctionnement de l'élément S2 du circuit d'entrée 5 (Fig. 2). Le montage se rapporte au cas de la Fig. 2 où la condition satisfaite est E inférieure ou au plus égale à U (pour le montage Fig. 1 la condition est inverse). La valeur U3 est déterminée en relation avec U et avec l'hystérésis du comparateur 42 pour satisfaire à cette condition. Ainsi équipé, le circuit régulateur selon les Figs 2 et 3 ne fonctionne qu'en élévateur ; une version correspondante selon les Figs. 1 et 3 ne fonctionnera qu'en abaisseur.

On a ainsi décrit un circuit régulateur à découpage non inverseur de tension autorisant une grande souplesse d'emploi étant donné que sa tension de sortie U stabilisée peut être choisie de manière sensiblement indépendante de la valeur d'entrée E. Pour simplifier la description du fonctionnement il a été considéré de manière conventionnelle que les bobinages et condensateurs sont sans pertes, que les commutateurs solides sont de résistance infinie à l'état bloqué et voisine de zéro à l'état passant, que la charge RC est une résistance pure, que la source SC présente une résistance interne sensiblement nulle, et que les valeurs des inductances et capacités et résistances de charge sont telles que les constantes de temps ($RC.C_2$ et $L_2.C_2$, Fig. 1 ; $RC.C_1$ et $L_1.C_1$, Fig. 2) sont très grandes par rapport aux temps de conduction TF et de blocage TD - TF ce qui a permis de considérer la variation du courant dans l'inductance comme linéaire.

De même que pour les circuits de base, élévateur ou abaisseur, le circuit régulateur décrit permet par action sur le rapport cyclique $\tau = TF/TD$ d'obtenir une tension U stabilisée à partir d'une tension d'entrée E en principe quelconque, mais de valeur moyenne non nulle et avec la polarité adéquate.

REVENDICATIONS

1. Circuit régulateur à découpage non inverseur de tension, utilisant un circuit élévateur de tension ayant deux bornes d'entrée et deux bornes de sortie et comportant, entre une première borne d'entrée et une première borne de sortie une inductance (L1) en série avec une première diode (D1), entre ses deux bornes d'entrée ladite inductance en série avec un premier commutateur (S1), entre ses deux bornes de sortie une capacité (C1) et une première connexion reliant sa deuxième borne d'entrée à sa deuxième borne de sortie, un circuit de commande (3) élaborant un signal périodique de découpage pour commander cycliquement le premier commutateur en fonction des variations de la tension de sortie (U) du régulateur, caractérisé en ce que le circuit élévateur est connecté en série par ses deux bornes d'entrée avec un circuit (5) en amont muni également de deux bornes d'entrée et de deux bornes de sortie et comportant, entre une première borne d'entrée et une première borne de sortie un deuxième commutateur (S2), entre ses deux bornes d'entrée ledit deuxième commutateur en série avec une deuxième diode (D2) ladite deuxième diode étant connectée en parallèle sur ses deux bornes de sortie et une connexion reliant sa deuxième borne d'entrée à sa deuxième borne de sortie, la tension régulée étant prélevée aux bornes de la première capacité et le circuit de commande délivrant simultanément le signal découpage aux deux commutateurs.

2. Circuit régulateur à découpage non inverseur de tension, utilisant un circuit élévateur de tension ayant deux bornes d'entrée et deux bornes de sortie et comportant, entre une première borne d'entrée et une première borne de sortie une première inductance (L1) en série avec une première diode (D1), entre ses deux bornes d'entrée ladite inductance en série avec un premier commutateur (S1) entre ses deux bornes de sortie une première capacité (C1) et une première connexion reliant sa deuxième borne d'entrée à sa deuxième borne de sortie, un circuit de commande (3) élaborant un

signal périodique de découpage pour commande cycliquement le premier commutateur en fonction des variations de la tension de sortie (U) du régulateur, caractérisé en ce que le circuit élévateur est connecté en série par ses bornes de sortie à un circuit abaisseur de tension (2) muni également de deux bornes d'entrée et de deux bornes de sortie et comportant, entre une première borne d'entrée et une première borne de sortie un deuxième commutateur (S2) en série avec une deuxième inductance (L2), entre ses deux bornes d'entrée ledit deuxième commutateur en série avec une deuxième diode (D2), entre ses deux bornes de sortie une deuxième capacité (C2) et une deuxième connexion reliant sa deuxième borne d'entrée à sa deuxième borne de sortie, la tension de sortie régulée (U) étant produite aux bornes de la deuxième capacité et le circuit de commande délivrant simultanément le signal de découpage aux deux commutateurs.

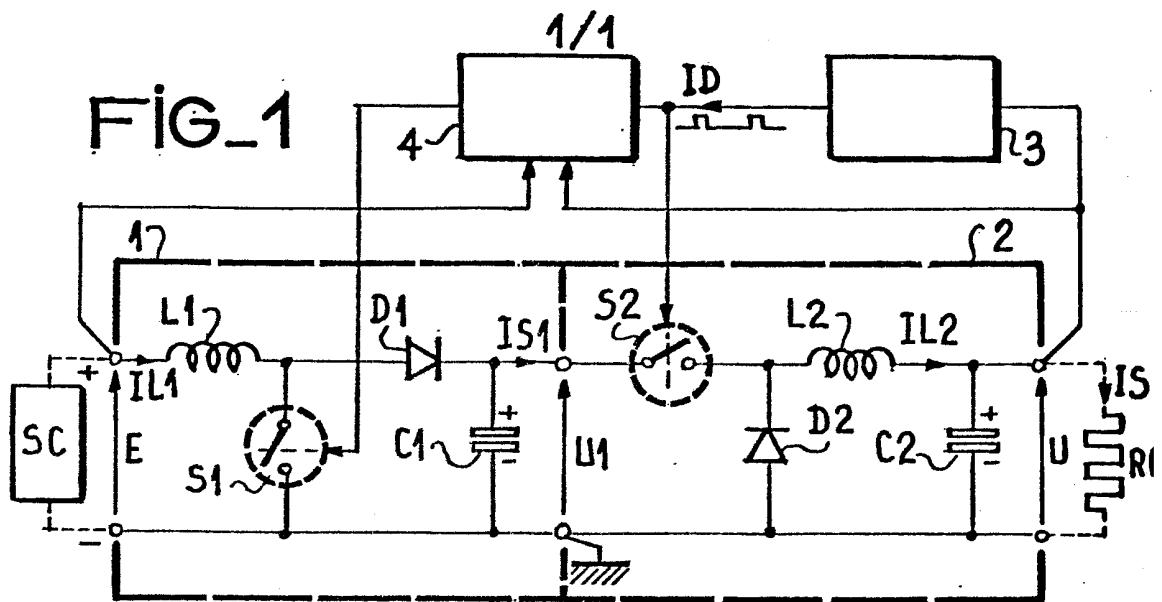
3. Circuit régulateur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comporte un circuit complémentaire de commande (4) muni d'un circuit comparateur (42) pour comparer la tension de sortie régulée (U) avec la tension d'entrée (E) alimentant le circuit régulateur à partir d'un générateur (SC) annexe, ladite tension d'entrée étant appliquée aux bornes d'entrée du premier circuit des deux circuits connectés en cascade pour former le circuit régulateur, ladite tension de sortie étant prélevée aux bornes de sortie du deuxième circuit, la sortie du comparateur commandant un troisième commutateur (43) interposé sur la connexion de commande du commutateur du premier circuit, de manière à annuler le cas échéant l'action du premier circuit.

4. Circuit régulateur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le circuit de commande comporte un circuit de comparaison (31) pour comparer la tension de sortie à une tension de référence et dont la sortie est appliquée à un circuit modulateur de largeur (32) pour modifier le cycle de découpage, la sortie de ce dernier circuit s'effectuant par un montage transistor (33) commandant respectivement par ses sorties émetteur

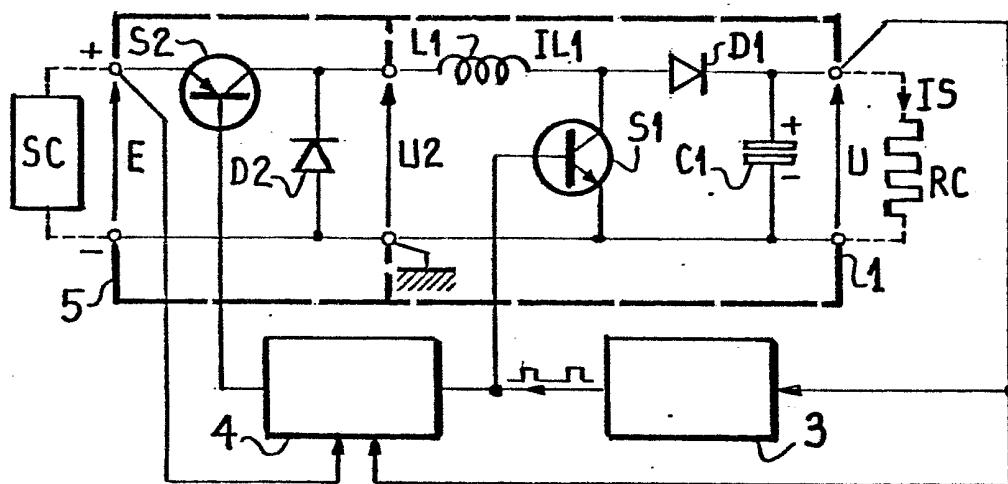
et collecteur les deux commutateurs du circuit régulateur, ces deux circuits étant constitués de transistors de polarité opposée, l'un PNP, l'autre NPN.

5. Circuit régulateur selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que le circuit complémentaire de commande (4) comporte en série un circuit filtre (40) pour filtrer la tension d'enrôle, un circuit d'addition (41) recevant par ailleurs une tension de référence (U_R), un circuit de comparaison lequel est constitué par un comparateur à hystéresis (42) recevant par ailleurs la tension régulée (U) et dont la 10 sortie attaque un transistor (43) constituant le commutateur interposé sur la commande du commutateur du premier circuit.

FIG_1



FIG_2



FIG_3

