



CONFÉDÉRATION SUISSE
BUREAU FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(51) Int. Cl.²: G 04 B 11/00

//
G 04 C 3/00



(19) **CH EXPOSÉ D'INVENTION** B5 (11) **583 929**

R

(21) Numéro de la demande: 10220/68
(61) Additionnel à:
(62) Demande scindée de:
(22) Date de dépôt: 9. 7. 1968, 24 h
(33) (32) (31) Priorité:

(42) (44) Demande publiée le 15. 6. 1971
Brevet délivré le 30. 11. 1976
(45) Exposé d'invention publié le 14. 1. 1977
Diffère du mémoire exposé 10220/68

(54) Titre: **Procédé d'entraînement du rouage indicateur de l'heure d'une pièce d'horlogerie sans balancier et pièce d'horlogerie électronique pour la mise en œuvre de ce procédé**

(73) Titulaire: Société Suisse pour l'Industrie Horlogère S.A., Genève

(74) Mandataire: Blasco Dousse, Carouge-Genève

(72) Inventeur: Peter Dome, Athenaz

(56) Ecrits et images opposés en cours d'examen
Brevet français N° 1517115
Brevet URSS N° 163538
M. Loske «Die elektrischen und elektronischen Uhrwerke und ihre Pflege» in «Schweizer Uhren- und Schmuck-Journal», Nr. 3, 1967, S. 789-793.

Dans les pièces d'horlogerie électronique dont la base de temps est constituée par un oscillateur électronique de haute stabilité, par exemple un oscillateur à quartz, l'affichage de l'heure est souvent réalisé par voie mécanique.

C'est par exemple le cas de celle décrite dans le brevet français N° 1517115 de la déposante, cette pièce d'horlogerie comprenant un circuit électronique produisant des impulsions électriques de fréquence déterminée, un convertisseur électromécanique commandé par les impulsions issues de ce circuit et un rouage entraîné par ce convertisseur à la fréquence de ces impulsions. Dans cette pièce d'horlogerie, le convertisseur comporte une armature mobile ayant la forme d'une ancre engrenant par ses levées avec la denture d'une roue du rouage.

Les essais entrepris par la déposante ont toutefois montré qu'un tel convertisseur n'était guère utilisable dans une pièce d'horlogerie électronique de petite dimension, telle une montre-bracelet électronique, dans laquelle l'énergie électrique nécessaire à son fonctionnement est livrée exclusivement par une petite pile devant durer au moins pendant une douzaine de mois.

En effet, comme un convertisseur du genre décrit effectue son entraînement par engrenement de ses levées avec une roue dentée, c'est-à-dire en exerçant un certain frottement des premières sur les différentes dents de la seconde, l'énergie consommée par le convertisseur est relativement importante, ce qui conduit à une diminution sensible de la durée de vie de la pile d'alimentation de la montre.

Par ailleurs, le convertisseur décrit dans le brevet français N° 1517115 ne fonctionne correctement qu'à condition d'accorder un soin tout particulier à la fabrication du convertisseur lui-même et de la roue dentée à entraîner et plus particulièrement aux surfaces de ces organes appelées à coopérer lors de l'entraînement parce que de la qualité de ces surfaces dépend directement le rendement avec lequel a lieu la transmission d'énergie, cette transmission devenant évidemment impossible si les pièces en présence venaient à gripper.

Il convient encore de signaler le fait que, de par sa structure, le convertisseur préconisé par le brevet français cité était particulièrement sensible à l'influence de champs magnétiques perturbateurs.

La présente invention a pour but la réalisation d'une pièce d'horlogerie électronique dont le convertisseur électromécanique permet d'obvier aux inconvénients cités et, corollairement, répond aux impératifs ci-après:

- le prix de revient du convertisseur ne doit pas être trop important;
- compte tenu de la faible énergie électrique qu'il est périodiquement possible de faire parvenir au convertisseur, celui-ci doit pouvoir s'acquitter de sa tâche avec un rendement particulièrement bon;
- la sécurité de fonctionnement du convertisseur doit être très élevée si l'on veut éviter que les erreurs d'affichage de l'heure, dont le convertisseur serait la cause, n'annulent les bénéfices tirés de l'utilisation d'une base de temps particulièrement exacte;
- le convertisseur doit rester insensible aux perturbations externes auxquelles une pièce d'horlogerie peut être soumise (chocs, champs magnétiques, etc.).

A cet effet, la présente invention propose un nouveau procédé d'entraînement du rouage indicateur de l'heure d'une pièce d'horlogerie sans balancier ainsi qu'une pièce d'horlogerie électronique pour la mise en œuvre de ce procédé.

Le procédé se caractérise en ce qu'on exerce une percussion successivement sur chaque dent de l'une des roues du rouage, avec une fréquence caractéristique de la vitesse d'entraînement désirée pour le rouage.

La pièce d'horlogerie électronique pour la mise en œuvre de ce procédé, laquelle comprend un circuit électronique produisant des signaux périodiques de fréquence déterminée, un convertisseur

électromécanique commandé par les impulsions issues de ce circuit et un rouage indicateur de l'heure entraîné par ce convertisseur à la fréquence desdites impulsions, est caractérisée par le fait que ce convertisseur présente un équipage mobile destiné à percuter périodiquement successivement sur chaque dent d'une roue dudit rouage, et par le fait que cet équipage et ce rouage sont dimensionnés de manière telle que, après chaque percussion de l'équipage mobile sur ladite roue, la vitesse de l'équipage a une valeur approximativement égale à zéro.

Le dessin annexé représente, à titre d'exemple et très schématiquement, une forme d'exécution d'une pièce d'horlogerie électronique pour la mise en œuvre du procédé objet de la présente invention:

la fig. 1 est une vue schématique montrant une partie des organes de cette pièce d'horlogerie;

la fig. 2 est une vue en élévation des organes apparaissant sur la fig. 1;

les fig. 3, 4, 5 et 6 sont des vues de détail, illustrant différentes phases du fonctionnement d'un convertisseur électromécanique dont est munie la pièce d'horlogerie de la fig. 1;

les fig. 7 et 8 sont des diagrammes explicatifs;

la fig. 9 est une vue de détail d'une variante d'exécution.

La pièce d'horlogerie électronique représentée au dessin (fig. 1 et 2) comprend un oscillateur de grande précision, B, par exemple un oscillateur à quartz livrant un signal périodique à fréquence haute, un démultiplicateur électronique D susceptible de diviser la fréquence de ce signal, par exemple jusqu'à une valeur de 1 Hz, et un circuit ER commandé par ce démultiplicateur et destiné à l'alimentation, par des impulsions périodiques, d'un convertisseur électromécanique pour l'entraînement de la roue de secondes S d'un rouage, non représenté, pour la commande d'organes destinés à assurer l'indication du temps, par exemple des aiguilles se déplaçant au-devant d'un cadran.

Ce convertisseur comprend une armature mobile 1 présentant la forme d'une ancre et calée sur un axe 2, pivoté à chaque extrémité dans des pierres 3 et 4, schématiquement représentées au dessin, et portant, d'une part, deux viroles 5 et 6 pour la fixation de deux spiraux 7 et 8 et, d'autre part, un bras 9.

Sur l'armature 1 est fixée une bobine plate 10, reliée au spiral 7 par une connexion 10a et au spiral 8 par une autre connexion 10b et s'étendant dans le plan de cette armature entre deux aimants permanents 11 et 12, en forme de U, se faisant face l'un à l'autre par leur ouverture et fixés sur une platine non représentée.

Chaque aimant comprend deux pièces polaires 11a et 11b (fig. 1), en matière ferromagnétique à très haute coercivité, réunies l'une à l'autre par une culasse 11c en matériau magnétisable, ayant une faible force coercitive et une haute perméabilité.

Le convertisseur électromécanique décrit est du type monostable et son armature 1 tend à être maintenue dans la position illustrée en fig. 1 par les deux spiraux 7 et 8, lorsqu'on essaye de l'en écarter. Comme représenté, les aimants 11 et 12 occupent sur le calibre une position telle que, compte tenu de leur dimension, en particulier de la section de leurs pièces polaires, les spires de la bobine sont embrassées par un flux magnétique maximum sur toute l'étendue de la course angulaire de l'armature 1. Ce flux est d'ailleurs particulièrement intense compte tenu du fait que les aimants 11 et 12 sont en majeure partie en matériau ayant une énergie magnétique importante ainsi qu'une force coercitive élevée et que le rapport de la longueur des aimants à la distance de l'entrefer dans lequel se meut la galette de la bobine est relativement grand.

Si un champ extérieur venait se superposer au champ magnétique produit par les aimants 11 et 12, ce champ parasite n'aurait aucune influence directe sur l'entraînement de l'armature 1 et, partant, sur celui du rouage de la pièce d'horlogerie. En effet, pour créer une action motrice perturbatrice sur la bobine 10, un tel champ parasite devrait pouvoir présenter une direction déterminée sur une moitié de la largeur de la bobine et une direc-

tion de sens contraire sur l'autre moitié. Compte tenu des dimensions très réduites de la bobine 10, de quelques millimètres de diamètre par exemple, il est pratiquement exclu qu'un champ parasitaire puisse répondre aux conditions ci-dessus.

Il s'ensuit que le convertisseur électromécanique représenté est bel et bien pratiquement insensible à l'effet de champs magnétiques extérieurs à la pièce d'horlogerie. Cet avantage n'est toutefois pas le seul qui puisse être obtenu par la disposition ci-dessus, ainsi que nous le verrons par la suite.

Les spiraux 7 et 8 sont enroulés dans des sens opposés et leur extrémité externe, fixée par tous moyens connus à un coq, non représenté, est reliée électriquement, pour le spiral 7, au circuit ER et pour le spiral 8, à la masse alors que les pierres 3 et 4 sont montées dans des cages isolantes, non représentées.

Alors que la virole 5 sur laquelle est fixé le spiral 7 est métallique et est reliée à l'axe 2, lui aussi métallique, la virole 6 est en matériau isolant de sorte qu'aucune liaison électrique n'existe entre ce spiral 7 et le spiral 8. Dans ces conditions, les impulsions de courant émises par le circuit ER arrivent à la bobine 10 au travers du spiral 7 et passent ensuite vers la masse au travers du spiral 8.

Le bras 9 que porte l'armature 1 est destiné à limiter le basculement de cette armature en coopération avec deux butées 13 et 14 fixées sur le pont du calibre, non représenté, la butée 14 étant celle de sortie, contre laquelle vient en appui le bras 9 lorsque l'armature 1 est au repos, alors que la butée 13, d'entrée, est celle sur laquelle est susceptible de percuter ce bras lorsqu'il est basculé en direction F en même temps que l'armature 1 (fig. 1).

Il convient de signaler que les spiraux 7 et 8 sont légèrement sollicités lorsque les divers éléments mobiles du convertisseur occupent la position illustrée en fig. 1 et cela de manière que le bras 9 soit appliqué contre la butée 14 en exerçant un léger effort sur celle-ci.

L'entraînement de la roue de secondes S du mouvement est réalisé exclusivement par percussion alternée des palettes 1a et 1b de l'armature 1 sur les différentes dents 15 de la roue, ainsi que cela va maintenant être décrit en se référant aux fig. 1 à 6.

Ce mode de l'entraînement est en effet particulièrement intéressant dans le cas où la transmission d'énergie doit être effectuée avec un rendement maximum, en particulier lorsque la quantité d'énergie susceptible d'être envoyée vers la bobine 10 par chaque impulsion issue du circuit ER est faible. En effet, l'entraînement par la seule percussion supprime tous les défauts et inconvénients dont sont traditionnellement l'objet les systèmes d'entraînement mettant en œuvre une friction des pièces, et donc un frottement, dont l'intensité, très variable, dépend de l'état des surfaces sur lesquelles ces frottements ont lieu et de leur altération dans le temps, par l'usure et le vieillissement.

La transmission d'énergie par percussion d'un organe menant sur un organe mené n'est au contraire gouvernée que par des grandeurs géométriques des parties mobiles et par l'importance des masses respectives en mouvement. En ce qui concerne les pertes enregistrées lors d'une transmission d'énergie par percussion on sait en outre que celles-ci dépendent, en premier lieu, des propriétés élastiques des matériaux participant directement à cette transmission et non de l'état mécanique des surfaces entrant en contact réciproque. D'ailleurs cet état, à supposer qu'il ait laissé à désirer au début d'une transmission d'énergie par percussion, s'améliore très rapidement par martelage réciproque des surfaces, ce qui améliore aussi le facteur de transmission entre l'organe menant et l'organe mené.

Relevons toutefois que, dans le cas d'une transmission d'énergie par percussion d'un premier organe pivotant, telle l'armature 1, à un second organe rotatif, en l'occurrence la roue de secondes S, le rendement avec lequel a lieu cette transmission d'énergie est maximum seulement lorsque la percussion s'effectue dans une direction correspondant à la tangente, prise au point d'impact, à la trajectoire suivie après percussion par l'élément du

second organe sur lequel cette percussion a eu lieu. Dans le cas présent, le second mobile est une roue dentée de sorte que cette trajectoire serait évidemment circulaire.

Or cette condition n'est précisément guère réalisable avec une roue dentée puisque chaque dent précédant celle destinée à être percutée par l'armature 1, en particulier par les palettes 1a et 1b, constitue un obstacle pour cette armature, lequel empêche la percussion.

Il peut cependant être démontré qu'il est possible d'obtenir un rendement énergétique équivalant au rendement idéal ci-dessus, même si la percussion n'a pas lieu tangentiellement à la trajectoire circulaire suivie par les différentes dents de la roue des secondes mais normalement à cette trajectoire, à condition que l'organe percuteur, c'est-à-dire l'une ou l'autre palette de l'armature 1, présente une facette de percussion formant, comme la partie de la dent objet de la percussion, un angle de 45° avec la tangente, prise au point d'impact du premier sur la seconde, à la trajectoire circulaire suivie par cette partie de dent après la percussion.

Dans le cas du convertisseur, visible en fig. 1, la position du centre de pivotement de l'armature 1, la longueur des bras de cette armature portant les palettes 1a et 1b et la position angulaire de chaque palette sur son bras respectif ont été en conséquence choisies de manière que, en position d'attaque de chaque palette, ces palettes soient dirigées vers le centre de pivotement de la roue S lorsqu'elles percutent sur cette roue. En outre, cette extrémité est taillée de manière à former un angle de 45° avec la tangente à la trajectoire circulaire suivie par les différentes dents de la roue S.

Le rendement de l'entraînement par percussion du rouage par action sur la roue des secondes S (fig. 1 et 2) des palettes 1a et 1b de l'armature du convertisseur peut être défini par le rapport de l'énergie cinétique emmagasinée par le rouage et par les aiguilles indicatrices de la pièce d'horlogerie, après la percussion, à celle de la partie mobile du convertisseur électromécanique avant cette percussion

$$\eta = \frac{\theta_R \cdot \omega_R'^2}{\theta \cdot \omega_S^2}$$

où θ est le moment d'inertie de la partie mobile du convertisseur, c'est-à-dire de l'ensemble comprenant l'axe 2, les viroles 5 et 6, les spiraux 7 et 8, l'armature 1, et la bobine 10;

ω_S est la vitesse angulaire de cet ensemble lors du choc de la palette 1a sur une dent de la roue S;

θ_R est la valeur du moment d'inertie du rouage et des aiguilles indicatrices, ramenée au centre de rotation de la roue de secondes S;

ω_R' est la vitesse angulaire avec laquelle tourne la roue S après avoir été l'objet d'une percussion de la part d'une palette du convertisseur.

Si l'attaque de chaque palette de l'armature sur les dents de la roue S a lieu alors que cette palette se meut en direction du centre de rotation de la roue, comme décrit, et si tant la facette de percussion des palettes que les dents de la roue sont profilées comme décrit de manière à être contenues dans un plan commun incliné à 45° par rapport à la tangente, prise au point d'impact, à la trajectoire circulaire de la zone d'impact de chaque dent, l'expression du rendement indiquée ci-dessus peut également s'écrire:

$$\eta = \frac{(1+k)^2}{\left[\sqrt{\frac{\theta}{\theta_R} \cdot \left(\frac{r_A}{r_a}\right)} + \frac{1}{\sqrt{\frac{\theta}{\theta_R} \cdot \left(\frac{r_A}{r_a}\right)}} \right]^2}$$

formule dans laquelle

k est le coefficient dit «de restitution», qui peut avoir une valeur comprise entre 0 et 1 et qui est défini par le rapport de la vitesse

prise par un organe en une matière déterminée, après être tombé sur un support fixe constitué également en une matière déterminée, éventuellement d'autre nature, à la vitesse qu'avait ce même organe avant d'avoir percuté le support;

r_a est le rayon d'attaque de l'organe menant, c'est-à-dire la distance séparant le centre de pivotement de l'armature 1 et la facette de percussion de l'une ou l'autre palette;

r_A est le rayon d'attaque de l'organe mené, c'est-à-dire la distance séparant le centre de pivotement de la roue de secondes S et la facette de chaque dent sur laquelle a lieu la percussion;

θ et θ_R ont une signification identique à celle donnée précédemment.

Pour une valeur de k donnée, ce rendement est maximum lorsque:

$$\frac{\theta}{\theta_R} \cdot \left(\frac{r_A}{r_a}\right)^2 = 1 \text{ ou } \frac{\theta}{\theta_R} = \left(\frac{r_a}{r_A}\right)^2$$

c'est-à-dire lorsque les moments d'inertie des mobiles en présence sont dans le rapport du carré des rayons d'attaque respectifs de ces mobiles.

Par ailleurs, comme dans le cas présent les vitesses ω'_R et ω_S sont relativement petites et compte tenu des matériaux utilisables pour constituer les organes entrant directement en jeu lors de la percussion, il est possible d'obtenir un coefficient de transmission k présentant une valeur assez proche de 1, ce qui signifie que le choc qui a lieu est de nature essentiellement élastique.

Il découle de l'expression du rendement donnée précédemment que, dans le cas où

$$\frac{\theta}{\theta_R} \cdot \left(\frac{r_A}{r_a}\right)^2 = 1,$$

ce rendement peut atteindre des valeurs voisines de l'unité de sorte que la transmission d'énergie par percussion se révèle être particulièrement intéressante dans le domaine de l'horlogerie.

Pour éviter que, lors de la transmission d'énergie par percussion d'un mobile sur un autre, il puisse se produire malgré tout des frottements du premier sur le second, en particulier après la percussion, il est indispensable que la vitesse du mobile percuté après la percussion devienne nulle ou négative par rapport à la vitesse que ce mobile avait avant la percussion.

Dans le cas de l'armature 1 décrite effectuant l'attaque de la roue S par déplacement de ses palettes en direction radiale par rapport à cette roue, il peut être démontré que la vitesse angulaire ω'_S de l'ensemble axe 2, viroles 5 et 6, spiraux 7 et 8, armature 1 et bobine 10, après la percussion d'une palette 1 a ou 1 b de l'armature sur l'une des dents de la roue S, répond à la relation

$$\omega'_S = \omega_S \cdot \left[1 - \frac{1+k}{1 + \frac{\theta}{\theta_R} \cdot \left(\frac{r_A}{r_a}\right)^2} \right]$$

dans laquelle ω_S est la vitesse angulaire de ce même ensemble avant la percussion, k , θ , θ_R , r_A et r_a ayant la même signification que précédemment.

Si $\omega'_S = 0$ cette relation devient

$$1+k = 1 + \frac{\theta}{\theta_R} \cdot \left(\frac{r_A}{r_a}\right)^2$$

d'où

$$\frac{\theta}{\theta_R} \cdot \left(\frac{r_A}{r_a}\right)^2 = k$$

et

$$\frac{\theta_R}{\theta} \cdot \left(\frac{r_a}{r_A}\right)^2 = \frac{1}{k}$$

En introduisant l'une ou l'autre de ces valeurs dans l'équation du rendement η donnée précédemment en fonction de k , θ , θ_R ,

r_a et r_A , il apparaît que, si l'ensemble des éléments mobiles du convertisseur électromécanique doit devenir immobile après la percussion ($\omega'_S = 0$), le rendement avec lequel peut s'effectuer la transmission d'énergie est

$$\eta = k.$$

Lorsque k a une valeur proche de 1, ce rendement a la valeur maximum maximum de 1 indiquée précédemment et la relation

$$\frac{\theta}{\theta_R} \cdot \left(\frac{r_A}{r_a}\right)^2 = k$$

devient bien égale à 1, ainsi que cela a été dit.

En pratique, il peut être parfois difficile de réaliser un convertisseur électromécanique et un rouage, en particulier une roue de secondes S, répondant exactement aux conditions énoncées, que ce soit parce que l'exécution et le montage des différents organes ne peuvent être effectués qu'avec une précision donnée ou encore parce que, précisément dans le but de faciliter cette exécution, on peut être amené à s'écarter légèrement des valeurs théoriques concernant tant la pente que doivent présenter l'extrémité des palettes ou le flanc des dents de la roue de secondes subissant la percussion, que le moment d'inertie θ ou θ_R .

Le rendement de tout le mécanisme de la pièce d'horlogerie ne dépend pas seulement de la qualité des chocs de l'armature 1 sur les différentes dents de la roue S, mais également du mode avec lequel l'énergie électrique des impulsions alimentant périodiquement le convertisseur R est transformée en énergie mécanique d'entraînement de l'armature.

Le convertisseur fonctionnant selon un principe électrodynamique, son rendement est proportionnel, d'une part, à la vitesse moyenne de déplacement de l'armature 1 et de toutes les parties mobiles qui lui sont associées, donc de la bobine d'entraînement, et, d'autre part, pour une tension d'alimentation donnée, au flux moyen embrassant la bobine 10 lors de l'entraînement. On comprend qu'il y ait, dans ces conditions, intérêt à faire en sorte que la vitesse moyenne du mouvement de l'armature du convertisseur soit très grande et que le champ magnétique produit par les aimants 11 et 12 ait une valeur particulièrement élevée. C'est précisément pour permettre d'accélérer très rapidement l'armature 1, qu'il a été choisi de rendre la bobine 10 mobile et les aimants 11 et 12 fixes. En outre, malgré le faible encombrement du convertisseur, le flux magnétique créé est particulièrement important, ces aimants étant constitués en matériau ferromagnétique à haute coercivité. Les aimants présentent par ailleurs un volume relativement important par rapport au volume de l'entrefer qui les sépare, entrefer dans lequel se meut la bobine 10, comme décrit.

Au repos, les éléments mobiles du convertisseur occupent donc la position illustrée aux fig. 1 et 2, en appui contre la butée 14 par le bras 9, sous l'action du couple exercé par les deux spiraux 7 et 8. Ce couple sera choisi suffisamment important pour que même les accélérations perturbatrices les plus intenses auxquelles une montre peut être soumise, dans des conditions normales d'usage, ne puissent faire basculer l'armature 1 dans une mesure suffisante pour que la palette 1 a de celle-ci percuté sur la denture de la roue S.

Lorsque, au contraire, les éléments mobiles du convertisseur sont en mouvement, et que survient une accélération perturbatrice, l'action de cette accélération est différente selon qu'elle s'exerce en direction F ou en direction opposée. Dans le premier cas, l'accélération perturbatrice soutient le mouvement de l'armature 1 commandé par l'arrivée d'une impulsion dans la bobine 10, ce qui n'est pas gênant; dans le second cette accélération s'oppose à ce mouvement et peut, le cas échéant, empêcher la percussion de la palette 1 a sur une dent de la roue S. Pour rendre le fonctionnement du convertisseur autant que possible insensible aux chocs externes, il est donc indispensable de faire en sorte que

l'énergie cinétique communiquée aux éléments mobiles de ce convertisseur par le couple électrodynamique développé par l'action conjuguée de la bobine 10 et des aimants 11 et 12 soit aussi grande que possible, ce qui signifie que la vitesse moyenne de déplacement de ces éléments doit être grande. Corollairement, le temps de déplacement des éléments mobiles dans chaque direction de basculement étant très réduit, la période de temps pendant laquelle pourrait agir une accélération perturbatrice sera faible.

Lorsque le convertisseur électromécanique est au repos, l'armature 1 de celui-ci occupe la position des fig. 1 et 3: comme représenté en détail sur la fig. 3, la palette 1 b de cette armature est alors engagée entre deux dents de la roue S et bloque cette dernière angulairement de même que tout le reste du rouage de la pièce d'horlogerie.

Dès qu'une impulsion arrive du circuit ER sur la bobine 10, cette armature est accélérée dans le sens F jusqu'à ce que la palette 1 a vienne frapper par son plan d'attaque a le plan d'attaque b d'une dent d_1 de la roue S (fig. 4). Il s'ensuit que la majeure partie de l'énergie cinétique emmagasinée dans les éléments mobiles du convertisseur est transmise à la roue S qui se déplace alors en direction F_1 et ceci jusqu'à ce que la dent d_2 suivant immédiatement la dent d_1 , objet de la percussion, rencontre la palette 1 a. La position de cette palette à cet instant est déterminée par rencontre du bras de limitation 9 (fig. 1) avec la butée 13.

Les spiraux 7 et 8 sont tendus au maximum et exercent sur l'armature 1 une action de rappel en direction F_2 , de sorte que cette armature est rebasculée vers la gauche au dessin jusqu'à ce que la palette 1 b vienne frapper sur la dent d_3 , la roue S recevant alors, par percussion, une nouvelle quantité d'énergie cinétique l'entraînant en direction F_1 jusqu'à ce que la palette 1 b pénètre dans l'espace compris entre cette dent d_3 et la dent suivante d_4 . Le bras de limitation 9 vient alors en appui sur la butée 14.

Le processus ci-dessus recommence lors de l'arrivée au convertisseur R d'une nouvelle impulsion électrique et ainsi de suite.

Comme on le voit sur les fig. 5 et 6, la première percussion, sur la dent d_1 de la roue S, ne fait avancer cette roue que d'une quantité correspondant sensiblement à la longueur d'un pas dentaire diminuée de la largeur de la palette 1 a (fig. 4 et 5) alors que la seconde percussion, sur la dent d_3 , fait avancer cette roue d'une valeur égale à la largeur de la palette 1 b (fig. 6 et 3), de sorte que la roue S est entraînée au total sur une longueur égale à un pas dentaire pour chaque impulsion électrique reçue par le convertisseur électromécanique.

C'est également ce qui découle de la fig. 7 qui représente, en fonction du temps, comment varie la vitesse angulaire ω_s de l'armature 1, chaque fois que le convertisseur électromécanique reçoit une impulsion i et comment s'effectue le déplacement angulaire ϕ de la roue S dû aux percussions dont elle est périodiquement l'objet.

En particulier, on voit que la vitesse ω_s croît jusqu'à un maximum ω_1 tant que dure l'impulsion pour devenir brusquement nulle à l'instant t_1 où a lieu la percussion effectuée par la palette 1 a, instant à partir duquel la roue S commence à se mouvoir, l'armature et la roue occupant alors la position visible sur la fig. 4. Le déplacement de la roue S s'effectue sur une longueur angulaire ϕ_1 jusqu'au temps t_2 , c'est-à-dire jusqu'à l'instant où la dent d_2 suivant celle venant d'être percutée entre en contact avec la palette 1 a de l'armature 1 (fig. 5), laquelle commence à se mouvoir en direction F_2 sous l'action des ressorts-spiraux 7 et 8. La vitesse de cette armature, devenue sensiblement nulle entre les temps t_1 et t_2 et qui a crû jusqu'à une valeur ω_2 , diminue brusquement jusqu'à une valeur ω_3 à l'instant t_3 auquel la palette 1 b de l'armature percute sur la dent d_3 de la roue S (fig. 6). A partir de cet instant t_3 , la roue S recommence à se mouvoir en parcourant une longueur angulaire égale à $\phi_2 - \phi_1$, ϕ_2 correspondant à un pas dentaire, jusqu'à ce que la dent d_4 de

cette roue rencontre la palette 1 b de l'armature (instant t_4), laquelle a pénétré dans l'espace séparant les dents d_3 et d_4 . Comme on le voit sur la fig. 7, la vitesse angulaire ω_s de l'armature 1, qui était tombée à ω_3 lors de la percussion, a légèrement augmenté ensuite jusqu'à une valeur ω_4 pour tomber à zéro à l'instant t_5 qui correspond au moment où l'armature a repris sa position de la fig. 1, en appui sur la butée 14 par son bras 9.

Le nombre de dents de la roue S étant de soixante et la fréquence de répétition des impulsions provenant du circuit ER étant de 1 Hz, l'aiguille des secondes de la pièce d'horlogerie associée à cette roue marque donc une seconde de plus par basculement de l'armature 1 commandé par chaque impulsion.

La disposition générale de l'armature 1, des palettes 1 a et 1 b ainsi que de la denture de la roue S est telle que cette roue n'est jamais libre angulairement pendant la partie du basculement de l'armature, précédant et suivant chaque percussion, les palettes de l'armature étant alternativement en prise avec la denture.

Comme décrit, le convertisseur électromécanique de la pièce d'horlogerie étant de type monostable, l'entraînement de l'armature 1 s'effectue par des impulsions de courant de même polarité. Quoique ce mode d'entraînement permette d'avoir ces impulsions de manière simple, puisqu'on les obtient à la sortie d'un démultiplicateur binaire par exemple, il peut donner lieu à un inconvénient d'ordre mécanique et cela pour les raisons suivantes: après le premier choc intervenu entre l'armature et la roue, cette armature perd sa vitesse, voire s'immobilise, et n'est alors soumise qu'à l'action du couple de rappel développé par les spiraux 7 et 8. Par contre, la roue dentée ayant reçu pratiquement toute l'énergie du mouvement de l'armature, cette roue se déplace rapidement. Il s'ensuit que la dent de la roue suivant celle venant d'être attaquée par la palette d'entrée de l'armature peut rattraper cette palette avant que celle-ci ne réussisse à s'éloigner de la trajectoire circulaire suivie par l'extrémité des différentes dents (voir fig. 5).

Il est évident qu'il y a intérêt à supprimer ce choc qui n'est pas du tout nécessaire pour assurer la marche correcte de la pièce d'horlogerie.

Bien plus, un tel choc peut, dans certaines conditions et par rebondissement de la roue S, reporter la roue dans sa position initiale de sorte que l'indication de temps de la pièce d'horlogerie est alors en retard par rapport à la valeur de consigne.

Il est possible d'écartier cet inconvénient en complétant le circuit ER par un circuit différenciateur de type R-C, lequel transforme chaque impulsion i , de forme rectangulaire (fig. 8), en un train de deux impulsions I_1 et I_2 , de polarité opposée entre elles.

Pour ce mode d'entraînement, le convertisseur électromécanique de la pièce d'horlogerie décrite reste identique à celui représenté aux fig. 1 et 2 quant à sa structure générale, étant toutefois entendu que son adaptation du point de vue électromécanique sera différente de celle réalisée dans le cas d'une alimentation par des impulsions de forme strictement rectangulaire, telles que les impulsions i (fig. 8).

En effet, alors que l'accélération de l'armature 1 sous l'action de l'impulsion I_1 , par exemple de polarité positive, se fait normalement, les choses sont légèrement différentes en ce qui concerne la phase de retour de l'armature en position de repos, après percussion de la palette 1 a sur la dent d_1 (fig. 4), sous l'action des spiraux 7 et 8. En effet, l'armature 1, qui est pratiquement immobilisée après cette percussion, est alors non seulement entraînée en arrière par les spiraux mais également par l'action de l'impulsion I_2 , de polarité négative. Il s'ensuit que cette armature est donc accélérée pour retourner en position de repos de façon beaucoup plus intense qu'elle ne le serait sous la seule action des spiraux 7 et 8, et que, en conséquence, la palette 1 a peut être extraite de l'espace séparant la dent d_1 et la dent d_2 avant que cette dernière dent ne vienne la toucher de sorte qu'il n'y a alors plus de perte d'énergie de la roue S par la percus-

sion qu'elle pourrait faire subir à l'armature 1. En dimensionnant de manière adéquate les éléments mobiles du convertisseur, y compris les spiraux, le rouage de la pièce d'horlogerie et le circuit différenciateur du circuit d'alimentation ER, il est donc possible de faire en sorte que les seuls contacts qui aient lieu entre les palettes 1a et 1b et les dents de la roue S soient ceux pendant lesquels s'effectue la transmission d'énergie à cette roue par percussion des palettes, cette transmission étant ainsi réalisée avec un rendement particulièrement favorable.

Il est également possible, selon une autre variante d'exécution illustrée en fig. 9, d'empêcher le blocage de la roue de secondes S, par rencontre de la dent d_2 , suivant celle ayant subi la percussion, avec la palette 1a, en taillant l'extrémité de cette palette de manière à former une facette e décalée de 90° de la facette a, déjà décrite, cette facette e étant destinée à subir une percussion de la part de la pointe de la dent d_2 lorsque la roue S se meut en direction F_1 , sous l'action de la percussion dont a été l'objet précédemment sa dent d_1 . Cette restitution d'énergie par la roue S à l'armature 1 est suffisante pour accélérer rapidement cette armature dans son mouvement de retour en position stable. Dans le cas de cette variante d'exécution, les impulsions motrices peuvent sans autre avoir une forme rectangulaire telle que celle des impulsions i du diagramme V de la fig. 7.

On peut également obtenir un effet similaire à celui venant d'être décrit, en utilisant un convertisseur semblable à celui représenté aux fig. 1 et 2, notamment quant à la forme générale de ses éléments, en particulier des palettes 1a et 1b et des dents de la roue S, et quant au mode d'alimentation en impulsions périodiques i, en dimensionnant les organes mobiles du convertisseur du rouage de manière que la vitesse ω'_S de l'armature après la percussion ne soit pas nulle mais légèrement négative par rapport à la vitesse ω_S avant la percussion.

En reprenant la relation citée précédemment et donnant ω'_S en fonction de ω_S , k, θ , θ_R , r_A et r_a , cela revient à écrire

$$\omega_S \cdot \left[1 - \frac{1+k}{1 + \frac{\theta}{\theta_R} \cdot \left(\frac{r_A}{r_a}\right)^2} \right] = \omega'_S < 0$$

d'où il découle que

$$\frac{\theta_R}{\theta} \cdot \left(\frac{r_a}{r_A}\right)^2 > \frac{1}{k}$$

si donc, pour une valeur k donnée, les différentes grandeurs géométriques θ_R , θ , r_a , r_A sont choisies de manière à répondre à cette relation, l'armature 1 rebondira légèrement après percussion de la palette 1a sur la dent d_1 de la roue S, ce qui augmentera la vitesse angulaire imposée à cette armature par l'action des spiraux 7 et 8 dans son mouvement en direction F_2 .

En plus des qualités que doit présenter tout convertisseur électromécanique et dont il a été fait mention précédemment, celui équipant la pièce d'horlogerie décrite présente les avantages ci-après:

- le positionnement des éléments mobiles du convertisseur électromécanique a lieu en maintenant ces éléments dans un seul état stable de sorte que le mode d'entraînement électrique du convertisseur se révèle être particulièrement simple;
- l'entraînement du rouage est réalisé pas à pas, à très basse fréquence (1 Hz par exemple), ce qui permet de réaliser la partie mécanique du convertisseur avec des dimensions et une précision présentant un ordre de grandeur compatible avec celui des pièces d'horlogerie traditionnelles.

Enfin, bien que dans la description et sur les dessins annexés on n'ait envisagé que le cas d'un entraînement par percussion du rouage d'une pièce d'horlogerie par action sur la roue de secondes de ce rouage, il est évident qu'il serait également possible de réaliser ce même entraînement par percussion sur

un autre mobile de ce rouage, étant entendu que la fréquence des impulsions motrices devra alors être choisie en conséquence.

REVENDEICATIONS

I. Procédé d'entraînement du rouage indicateur de l'heure d'une pièce d'horlogerie sans balancier, caractérisé en ce qu'on exerce une percussion successivement sur chaque dent de l'une des roues du rouage, avec une fréquence caractéristique de la vitesse d'entraînement désirée pour le rouage.

II. Pièce d'horlogerie électronique pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication I, comprenant un circuit électronique produisant des impulsions électriques de fréquence déterminée, un convertisseur électromécanique commandé par les impulsions issues de ce circuit et un rouage indicateur de l'heure entraîné par ce convertisseur à la fréquence desdites impulsions, caractérisée par le fait que ce convertisseur présente un équipage mobile destiné à percuter périodiquement successivement sur chaque dent d'une roue dudit rouage, et par le fait que cet équipage et ce rouage sont dimensionnés de manière telle que, après chaque percussion de l'équipage mobile sur ladite roue, la vitesse de l'équipage a une valeur approximativement égale à zéro.

SOUS-REVENDEICATIONS

1. Procédé selon la revendication I, caractérisé en ce qu'on exerce une percussion sur chacune des dents de la roue se présentant dans une première et dans une seconde zone de la trajectoire annulaire de ces dents, alternativement dans l'une puis dans l'autre de ces zones, et en ce qu'on limite le déplacement angulaire de la roue résultant d'une percussion effectuée sur une dent située momentanément dans l'une desdites zones de manière telle que, lors de la percussion suivante, une autre dent de la roue se trouve au droit de l'autre zone.

2. Pièce d'horlogerie selon la revendication II, caractérisée par le fait que ledit équipage mobile est un équipage basculant, qu'il est disposé dans un plan contenant ladite roue et entre deux butées définissant l'ampleur de ses basculements et qu'il est agencé et positionné de manière à percuter, une fois par basculement, sur les dents de ladite roue, et par le fait que des moyens sont prévus pour limiter le déplacement angulaire de la roue dû à chaque percussion.

3. Pièce d'horlogerie selon la revendication II, caractérisée par le fait que l'équipage est agencé de manière que son élément de surface destiné à percuter sur les dents de ladite roue suive une trajectoire radiale par rapport à cette roue au moins à l'instant de la percussion et par le fait que cet élément de surface et l'élément de surface de chaque dent de la roue appelé à subir la percussion sont profilés de manière que, lors de la percussion, ils soient contenus dans un plan commun formant un angle approximativement égal à 45° par rapport à une tangente, prise au point d'impact de l'équipage sur la dent, à la trajectoire circulaire susceptible d'être suivie par le point percuté de la dent lors du déplacement angulaire dont la roue est l'objet à la suite de cette percussion.

4. Pièce d'horlogerie selon les sous-revendications 2 et 3, caractérisée par le fait que le convertisseur électromécanique est du type monostable et que ledit équipage comporte, d'une part, une ancre dont chaque palette constitue un organe de percussion de la denture de ladite roue et exerce sa percussion alternativement sur des dents distinctes de cette roue, une première fois lorsque l'ancre est en passe d'arriver dans sa position limite, instable, et une seconde fois lorsqu'elle est près de revenir dans son autre position limite, stable, l'extrémité de chaque palette étant profilée de manière à former ledit élément de surface de

l'équipage destiné à exercer la percussion sur les dents de la roue et, d'autre part, au moins un ressort spiral associé à l'ancre, pour rappeler cette ancre dans sa position basculée stable chaque fois qu'elle en a été écartée.

5. Pièce d'horlogerie selon la sous-revendication 4, caractérisée par le fait que lesdits moyens de limitation sont constitués, d'une part, alternativement par chaque palette de l'ancre et, d'autre part, par l'espace séparant les dents de la roue, dans lequel ces palettes sont susceptibles de pénétrer lorsque l'ancre est dans sa position stable, pour l'une, et lorsque cette ancre est conduite dans sa seconde position limite, instable, pour l'autre.

6. Pièce d'horlogerie selon la sous-revendication 4, caractérisée par le fait que la palette de l'ancre exerçant la percussion sur la denture de la roue, lorsque l'ancre est en passe d'atteindre

sa position limite instable, présente une facette secondaire, adjacente audit élément de surface que présente l'extrémité de percussion de cette palette et approximativement perpendiculaire au plan de cette surface.

5 7. Pièce d'horlogerie selon la sous-revendication 4, caractérisée par un circuit différenciateur R-C branché entre le circuit électronique et le convertisseur électromécanique et destiné à produire un train de deux impulsions présentant chacune une polarité opposée à celle de l'autre, pour chaque signal périodique reçu du circuit électronique, ce circuit étant agencé de manière que 10 l'intervalle de temps séparant la seconde impulsion du train de la première soit approximativement égal au temps mis par l'armature pour basculer de sa position limite stable dans la seconde position limite sous l'action de la première impulsion.

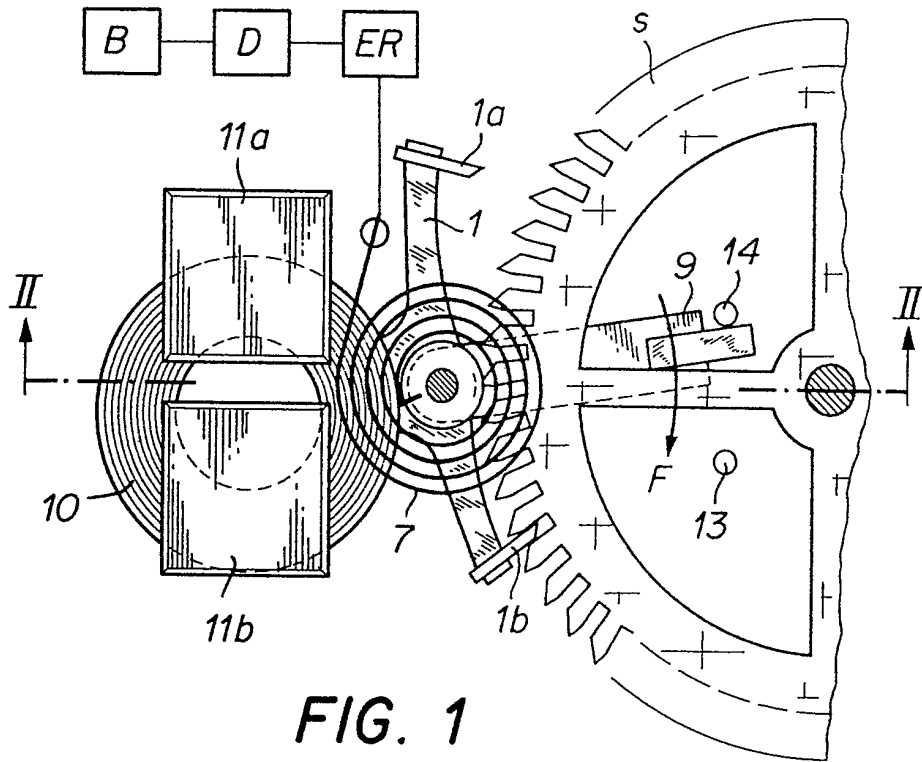


FIG. 1

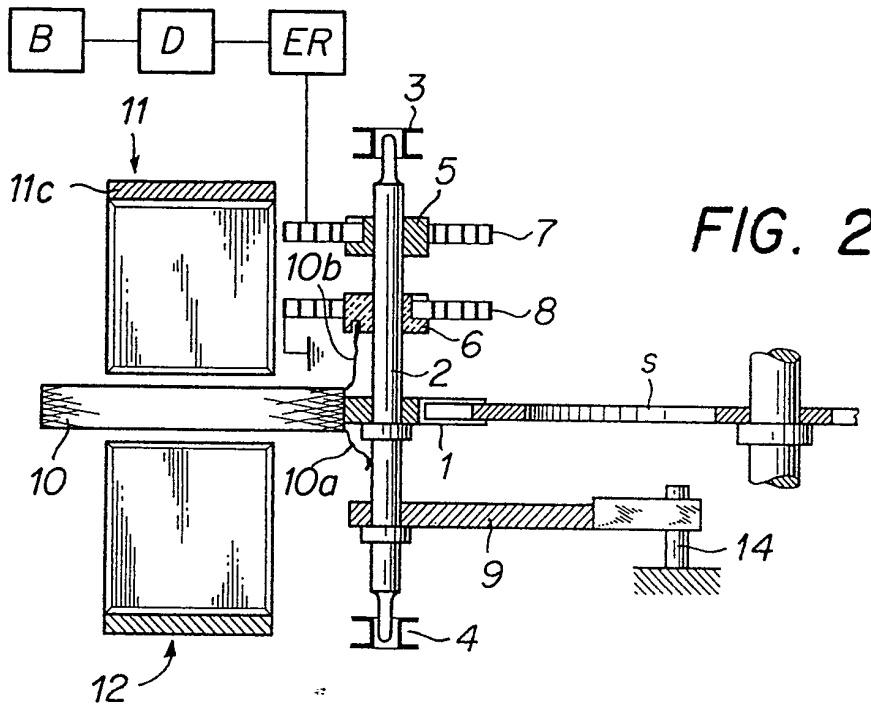


FIG. 2

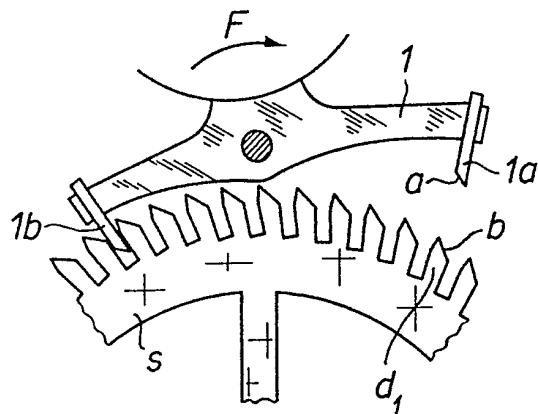


FIG. 3

FIG. 4

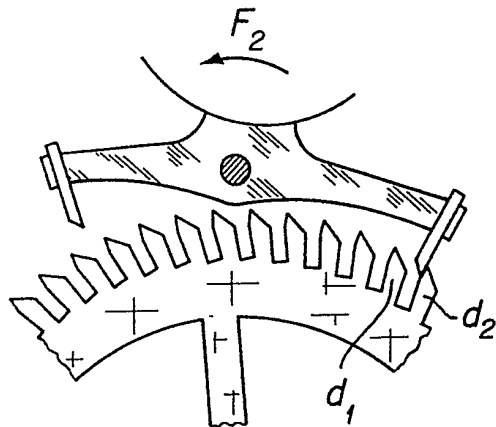
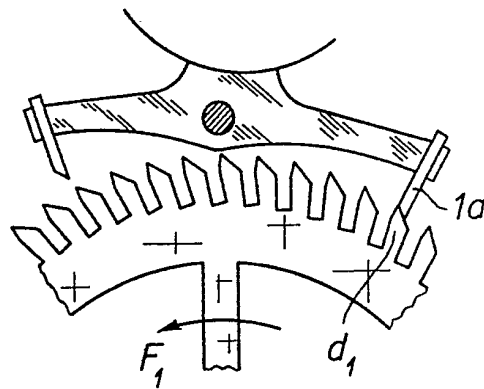
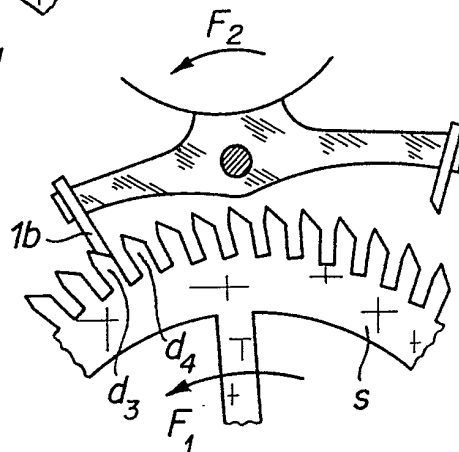


FIG. 5

FIG. 6



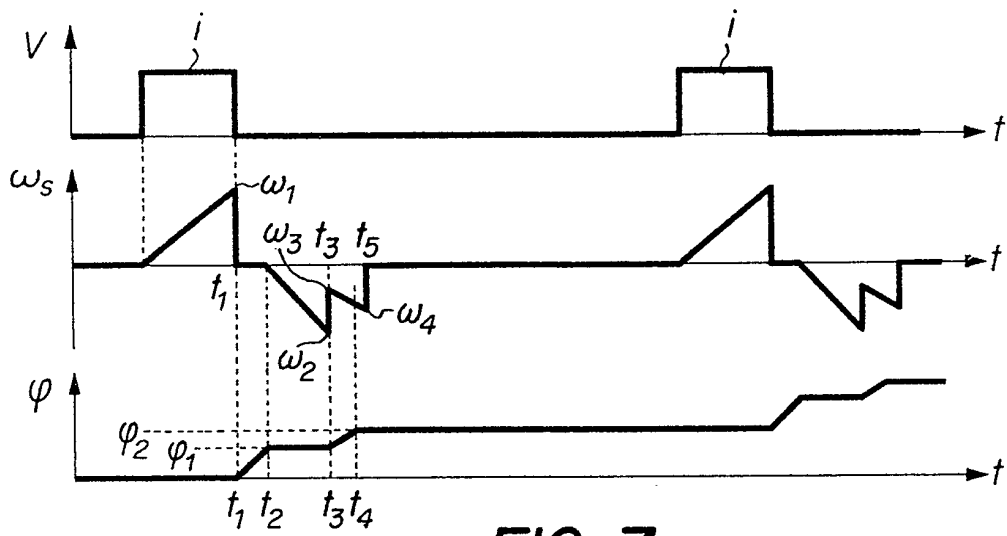


FIG. 7

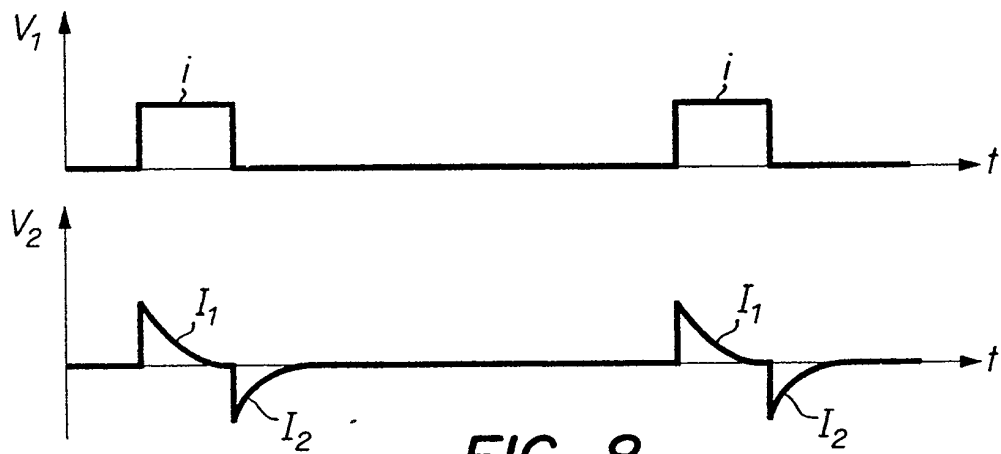


FIG. 8

FIG. 9

