



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑤① Int. Cl.³: H 01 M

8/04

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein



⑫ FASCICULE DU BREVET A5

⑪

633 386

⑳ Numéro de la demande: 10412/79

㉔ Date de dépôt: 22.11.1979

㉓ Priorité(s): 24.11.1978 FR 78 33505

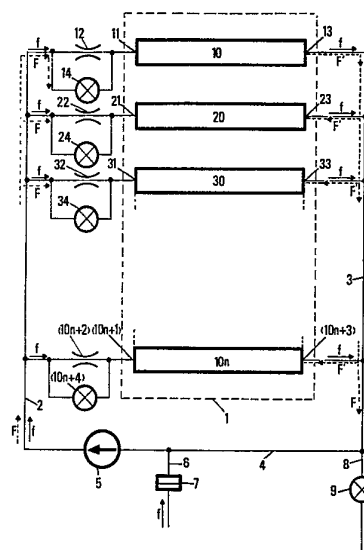
㉔ Brevet délivré le: 30.11.1982

④⑤ Fascicule du brevet
publié le: 30.11.1982㉗ Titulaire(s):
Institut Français du Pétrole, Rueil-Malmaison
(FR)㉗ Inventeur(s):
Jacques Cheron, Maisons-Laffitte (FR)㉗ Mandataire:
William Blanc & Cie conseils en propriété
industrielle S.A., Genève

⑤④ Procédé et dispositif pour alimenter une pile à combustible en produits réactifs.

⑤⑦ On réalise périodiquement l'alimentation successive des compartiments (10 à 10n) du bloc de pile avec un débit de fluide combustible plus élevé que celui qui est consommé, en régime de fonctionnement normal, dans chaque compartiment.

On obtient ainsi un balayage efficace des compartiments qui permet de les purger de leurs impuretés. La totalité de la surface des électrodes peut donc participer à la production d'énergie électrique ce qui améliore les performances de la pile.



REVENDECATIONS

1. Procédé pour alimenter en un même fluide des compartiments d'un bloc de pile à combustible communiquant chacun avec une canalisation d'alimentation en fluide et avec une canalisation d'évacuation, et dans lequel le débit de fluide admis dans chaque compartiment est limité par des moyens de régulation de débit, caractérisé en ce qu'on effectue au moins une fois une étape de balayage d'un compartiment, avec un débit de fluide plus élevé que celui consommé dans ce compartiment, au cours du fonctionnement de la pile, en mettant hors circuit, pendant un intervalle de temps limité, les moyens de régulation de débit associés audit compartiment.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on réalise ladite étape de balayage pour les différents compartiments successivement.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'on répète périodiquement, à intervalle de temps constant, ladite étape de balayage pour chaque compartiment.

4. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'on mesure au moins une grandeur représentative des conditions de fonctionnement de la pile et en ce qu'on réalise ladite étape de balayage pour les différents compartiments successivement lorsque la grandeur mesurée atteint une valeur prédéterminée.

5. Procédé selon une des revendications 3 ou 4, caractérisé en ce que le début du balayage d'un compartiment est concomitant à la fin du balayage d'un autre compartiment.

6. Procédé selon une des revendications 3 ou 4, caractérisé en ce que le balayage d'un compartiment commence avant la fin du balayage d'un autre compartiment.

7. Dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication 1, comportant une canalisation d'alimentation et une canalisation d'évacuation des compartiments, et des moyens de régulation de débit fonctionnant par perte de charge reliés en série avec les compartiments, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens de mettre temporairement hors circuit lesdits moyens de régulation associés à chaque compartiment.

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que les moyens de mettre temporairement hors circuit le régulateur de chaque compartiment sont constitués par un passage direct présentant une perte de charge minimum et reliant la canalisation d'alimentation audit compartiment, ce passage étant ouvert ou fermé au moyen d'une vanne.

9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de commande de l'ouverture ou de la fermeture de chaque vanne, des moyens de détection d'une grandeur représentative du fonctionnement de la pile à combustible et des moyens de contrôle de la commande d'ouverture ou de fermeture des différentes vannes, actionnés lorsque la grandeur représentative du fonctionnement de la pile atteint une valeur prédéterminée.

10. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comporte une canalisation de recyclage reliant les orifices de sortie des compartiments à la canalisation d'alimentation et un organe assurant la circulation du fluide dans cette canalisation de recyclage.

La présente invention concerne un procédé d'alimentation d'une pile à combustible en produits fluides tels que produits réactifs ou électrolyte liquide ainsi que le dispositif de mise en œuvre de la méthode.

Une pile à combustible comporte des compartiments dans lesquels sont introduits les produits fluides nécessaires au

fonctionnement de la pile, délivrés par des circuits d'alimentation.

Pour une meilleure compréhension de ce qui suit, on se réfère, à titre d'exemple non limitatif, à une pile à combustible comportant:

– des compartiments destinés à être alimentés en un combustible gazeux tel que de l'hydrogène,

– des compartiments alimentés en un comburant gazeux tel que l'oxygène ou l'air, et

– des compartiments recevant un électrolyte liquide tel qu'une solution aqueuse d'hydroxyde de potassium.

Il existe principalement deux méthodes d'alimentation d'un ensemble de compartiments recevant le même fluide.

Selon la première méthode, tous les compartiments de la pile sont reliés en série. Les fluides réactifs n'étant pas totalement purs, on constate que le taux d'impuretés varie en croissant du premier au dernier compartiment. Les électrodes qui limitent ces compartiments ne sont donc pas dans les mêmes conditions de fonctionnement. On atténue cet inconvénient en alimentant les compartiments avec un débit de fluide dont la valeur est bien supérieure à celle du débit de fluide consommé dans la pile. Cette alimentation à débit important peut être continue ou intermittente comme dans le cas illustré par la figure 1 du brevet français 1 486 405. Ceci nécessite, dans tous les cas, dans le circuit d'alimentation de la pile, un organe qui soit capable, au moins périodiquement de délivrer le fluide avec un débit important et une pression suffisante pour compenser les pertes de charges créées par chaque compartiment. Un tel organe consomme beaucoup d'énergie ce qui diminue le rendement global de la pile à combustible.

Selon la seconde méthode, qui peut être illustrée par la figure 2 du brevet français cité ci-dessus, tous les compartiments sont reliés en parallèle pour obtenir une perte de charge théorique de faible valeur. Malheureusement, avec une telle disposition, il est difficile d'équilibrer les débits de fluide dans les différents compartiments. L'expérience a montré que, les débits de fluide n'étant pas identiques dans chaque compartiment, le taux d'impuretés varie d'un compartiment à l'autre et les électrodes limitant ces compartiments ne se trouvent pas dans les mêmes conditions de fonctionnement. Cet inconvénient est atténué par l'utilisation d'un répartiteur de fluide interposé entre le circuit d'alimentation et les différents compartiments. Ce répartiteur est, par exemple, constitué de conduits capillaires reliés en série avec les compartiments ou encore comme indiqué dans le brevet US 3 589 941. Pour compenser les pertes de charge dues aux capillaires, il faut alors utiliser dans le circuit d'alimentation un organe capable de délivrer le fluide sous pression avec un débit important. L'énergie nécessaire pour actionner cet organe diminue de façon sensible le rendement de la pile à combustible.

Selon des variantes mettant en œuvre simultanément les deux procédés ci-dessus, et illustrés par la figure 3 du brevet français 1 486 405, les compartiments alimentés par le même fluide sont répartis en groupes qui peuvent être reliés entre eux, soit en série, soit en parallèle, tandis que les compartiments de chaque groupe sont reliés, soit en parallèle, soit en série. Même dans ce cas, il faut une énergie notable pour assurer la circulation du fluide dans le circuit d'alimentation.

Dans tous les cas, pour limiter l'augmentation de la concentration des impuretés dans les compartiments, il faut que le débit de fluide dans le circuit d'alimentation soit notablement supérieur au débit de fluide consommé dans la pile. La mise au point de circuits d'alimentation comportant une

canalisation reliant la sortie à l'entrée de la pile à combustible en formant une boucle, une admission continue de fluide frais dans cette boucle et une évacuation permanente, ou périodique, d'une certaine fraction du fluide circulant dans la boucle, a permis de maintenir le taux des impuretés dans la pile à une valeur sensiblement constante et pratiquement indépendante du débit de fluide consommé dans la pile, avec, dans le circuit d'alimentation, un débit moyen de fluide environ deux fois plus élevé que celui consommé dans la pile.

Malgré cela, les organes provoquant la circulation des fluides consomment beaucoup d'énergie, ce qui affecte le rendement de la pile à combustible.

De plus, une observation précise de l'écoulement d'un fluide dans un compartiment de géométrie déterminée d'une pile montre que le taux d'impuretés varie fortement d'un endroit à l'autre de ce compartiment et peut parfois atteindre une valeur telle que des portions notables d'électrodes ne participent pratiquement plus à la production d'énergie électrique. Bien entendu, ce phénomène est lié à la forme et aux dimensions des compartiments ainsi qu'à la disposition relative des orifices d'entrée et de sortie du fluide réactif dans ce compartiment.

Il est également connu (brevet US 3 268 364) d'augmenter le débit de fluide alimentant la pile, ou d'utiliser un fluide auxiliaire (brevet US 1 359 881), pour chasser l'eau qui s'accumule dans certains compartiments de la pile, ce qui nécessite également des organes qui consomment une énergie notable pour assurer la circulation de ces fluides.

Le but de la présente invention est de permettre d'éliminer, ou tout au moins de réduire fortement, les inconvénients indiqués plus haut.

Plus précisément, l'invention propose un procédé d'alimentation des compartiments d'une pile à combustible consommant moins d'énergie que ceux utilisés dans le passé.

Un objectif de l'invention est également d'assurer une alimentation des compartiments d'une pile à combustible, assurant une variation aussi faible que possible du taux d'impuretés à l'intérieur d'un compartiment de géométrie donnée.

Les objectifs de la présente invention sont atteints, de la manière indiquée par les revendications 1 et 7, en réalisant périodiquement le balayage d'au moins un compartiment avec un débit de fluide plus élevé que celui consommé dans ce compartiment, ce débit de balayage pouvant dans certains cas être sensiblement égal au débit total de fluide circulant dans le circuit d'alimentation de l'ensemble des compartiments, puis en répétant cycliquement cette opération pour chaque compartiment.

L'invention pourra être bien comprise et tous ses avantages apparaîtront clairement à la lecture de la description de modes particuliers mais non limitatifs de réalisation de l'invention, illustrés par les figures annexées parmi lesquelles:

la figure 1 représente schématiquement le dispositif selon l'invention,

la figure 2 illustre, en fonction du temps, les valeurs prises par le débit dans les compartiments,

la figure 3 représente un mode de réalisation d'un ensemble vanne-répartiteur,

les figures 4 à 6 montrent des dispositifs de commande de ces vannes, et

les figures 7 et 8 sont des variantes de réalisation de l'invention.

Sur la figure 1, la référence 1 désigne un bloc de pile à combustible représenté schématiquement et pouvant être de tout type connu. Par exemple, mais non limitativement, les électrodes (non représentées) délimitent dans ce bloc de pile des compartiments alimentés en fluide combustible, des compar-

timents alimentés en fluide comburant et des compartiments alimentés en électrolyte par des circuits d'alimentation appropriés.

Pour la clarté de ce qui suit, on a schématisé en 10, 20, 30... 10n les n compartiments du bloc de pile alimentés en combustible tel que de l'hydrogène gazeux, et leur circuit d'alimentation. Ce dernier comporte une canalisation d'alimentation 2 à laquelle les orifices d'entrée 11, 21, 31... (10n + 1) des différents compartiments sont connectés à travers des organes régulateurs 12, 22, 32... (10n + 2) créant des pertes de charge déterminées pour équilibrer les débits de fluide dans les différents compartiments. Ces pertes de charge peuvent être, par exemple, produites par des conduits calibrés ou tout autre dispositif connu. Les orifices de sortie 13, 23, 33 et (10n + 3) des compartiments sont reliés à une canalisation d'évacuation 3. Une canalisation 4 de recirculation relie les canalisations 2 et 3 pour former un circuit d'alimentation bouclé. Un organe 5, tel qu'un ventilateur, assure la circulation du combustible dans la boucle d'alimentation. Le combustible est introduit dans la boucle, à pression constante, par l'intermédiaire d'une canalisation 6 connectée à la sortie d'un détendeur 7, lui-même alimenté par une source de combustible non représentée. Une fraction au moins du fluide circulant dans la boucle peut être extraite, de façon continue ou périodique, par l'intermédiaire d'une canalisation d'extraction 8 sur laquelle peut être placé un organe 9 de réglage du débit, tel qu'une vanne. L'ouverture de cette vanne est réalisée de façon connue en soi, en fonction des conditions de fonctionnement de la pile pour limiter le taux moyen d'impuretés dans le circuit d'alimentation. Par exemple, mais non limitativement, cette vanne pourra être commandée comme indiqué dans la demande de brevet français 2 325 204.

Selon l'invention, chaque orifice d'entrée 11, 21, 31 ou (10n + 1) d'un compartiment est connecté à la canalisation d'alimentation 2 par un circuit de dérivation court-circuitant l'organe régulateur 12, 22, 32... (10n + 2). Les circuits de dérivation sont schématisés par des vannes 14, 24, 34... (10n + 4) ayant une position d'ouverture et une position de fermeture, et connectées en parallèle sur les organes régulateurs 12, 22, 32... (10n + 2). Ces vannes sont par exemple des électrovannes commandées comme il est indiqué plus loin.

Dans ce qui précède on a décrit, à titre d'exemple seulement, l'utilisation d'un répartiteur de débit créant des pertes de charge entre la canalisation 2 et les entrées 11, 21, 31... (10n + 1) des compartiments. On ne sortirait pas du cadre de l'invention en utilisant un répartiteur de débit créant des pertes de charge entre les sorties 13, 23... (10n + 3) des compartiments et la canalisation d'évacuation 3 ou encore un répartiteur créant simultanément des pertes de charge à l'entrée et à la sortie des compartiments pourvu que, dans tous les cas, des circuits de dérivation appropriés permettent de supprimer, au moins partiellement, l'action de ces répartiteurs.

On indique ci-dessous le fonctionnement en considérant tout d'abord que toutes les vannes sont fermées à l'instant initial t_0 (Fig. 2). Le combustible alimentant le bloc de pile circule dans le sens indiqué par les flèches f. Les compartiments 10, 20, 30... 10n sont alimentés à travers les répartiteurs 12, 22, 32... (10n + 2). Ils reçoivent un débit de fluide sensiblement identique q, tel que $n \cdot q = Q$, n étant le nombre de compartiments alimentés et Q le débit de fluide dans la boucle d'alimentation. Chaque compartiment consomme un débit q_i de fluide pour alimenter la réaction électro-chimique. Le débit Q a été choisi tel que le quotient $q = \frac{Q}{n}$ soit supérieur à q_i .

Pendant le fonctionnement de la pile, le taux d'impuretés du combustible circulant dans la boucle d'alimentation augmente et les impuretés s'accumulent dans les compartiments, de sorte que le taux d'impuretés à l'intérieur d'un même com-

partiment varie jusqu'à atteindre parfois une valeur telle, que des portions notables d'électrodes ne participent pratiquement plus à la production d'énergie électrique. Il s'ensuit une diminution des performances de la pile. Par exemple, on constate à l'instant t_1 une diminution de la tension électrique aux bornes des éléments de pile qui ne fonctionnent plus comme dans les conditions initiales.

Pour que les performances de la pile retrouvent leurs valeurs initiales il y a lieu de purger les compartiments de leurs impuretés. Cette purge peut se faire par balayage avec un débit de fluide beaucoup plus grand que le débit q_1 . Pour cela à l'instant t_1 on ouvre la vanne 14, les autres vannes restant fermées. L'ouverture de la vanne 14 provoque donc une diminution de la perte de charge dans le circuit d'alimentation du compartiment 10 qui alors balayé par un débit de fluide q' supérieur au débit q qu'il recevait antérieurement. La valeur de ce débit q' dépend essentiellement: de la pression dans la canalisation d'alimentation 2, de la diminution de la perte de charge dans l'écoulement du fluide alimentant le compartiment 10 résultant de l'ouverture de la vanne 14, de la valeur des pertes de charge $22, 32 \dots (10n + 2)$, des pressions dans les compartiments 10, 20, 30 $\dots 10n$, etc. $\dots$ Ainsi, plus la perte de charge créée par la vanne 14 sera faible par rapport aux pertes de charge produites par les capillaires $22 \dots (10n + 2)$, plus le débit de balayage q' sera important. Simultanément et en supposant le débit transitant par la canalisation 2 constant et égal à Q , les compartiments 20 à $(10n + 2)$ recevront, par les orifices 21 à $(10n + 1)$, un débit de fluide sensiblement égal à q'_1 défini par la relation

$$(n-1)q'_1 = Q - q'$$

La valeur de q' étant supérieure à q , ceci entraîne que la valeur de q'_1 est inférieure à la valeur q définie plus haut.

Dans la position d'ouverture de la vanne 14 l'alimentation des compartiments 20, 30 $\dots 10n$ s'effectue automatiquement à travers les capillaires $22, 32 \dots (10n + 2)$ comme indiqué par les flèches F, représentées en traits interrompus et/ou par l'intermédiaire des orifices $23, 33 \dots (10n + 3)$, comme indiqué par les flèches F', lorsque le débit de fluide q'_1 pénétrant par les orifices 21, 31 $\dots (10n + 1)$ est inférieur au débit q_1 consommé dans chaque compartiment.

A l'instant $t_2 = t_1 + \Delta t$, lorsque le balayage du compartiment 10 a chassé toutes les impuretés accumulées dans ce compartiment, on ferme la vanne 14 et on ouvre la vanne 24. C'est alors le compartiment 20 qui est balayé par le débit q' de combustible tandis que les autres compartiments reçoivent un débit q'_1 de combustible. A l'instant $t_3 = t_2 + \Delta t$ on ferme la vanne 24 pour ouvrir la vanne 34. On réalise successivement la même opération pour tous les compartiments et à l'instant $[t_1 + (n+1)\Delta t]$ de fermeture de la dernière vanne $(10n + 4)$, le circuit d'alimentation de combustible est à nouveau dans le même état qu'à l'instant t_0 où tous les compartiments sont alimentés avec un débit q de combustible à travers les organes régulateurs $12, 22, 32 \dots (10n + 2)$, et les performances de la pile sont sensiblement identiques aux performances initiales.

Le fonctionnement de la pile se poursuit jusqu'à l'instant $t_1 + T$ auquel, par exemple, les performances de la pile ont diminué. Un nouveau cycle de balayage des différents compartiments est alors effectué.

Dans ce qui précède, la fermeture d'une vanne survient simultanément avec l'ouverture d'une autre vanne comme le montre la figure 2.

Selon une variante, non représentée, on réalise l'ouverture d'une vanne un court instant avant la fermeture de la vanne précédente, le principe de l'invention n'étant pas affecté.

Il est également possible, bien que cela ne soit pas repré-

senté, d'effectuer l'ouverture d'une vanne après la fermeture de la vanne précédente.

Selon des variantes de réalisation on peut utiliser des vannes à ouverture et/ou fermeture progressive. De plus, si le débit de fluide dans le circuit d'alimentation est suffisant, il est possible, selon le même principe, d'effectuer le balayage de plusieurs compartiments à la fois.

La commande des vannes peut être effectuée manuellement par l'utilisateur de la pile lorsqu'il constate que la tension et/ou le courant électrique délivré par la pile diminue. Pour la simplicité de la commande, le temps d'ouverture de chaque vanne sera constant et de valeur prédéterminée expérimentalement suivant les conditions prévues d'utilisation de la pile à combustible et notamment en tenant compte du débit de fluide dans le circuit d'alimentation.

La commande pourra être entièrement automatisée en utilisant des électrovannes ou encore des dispositifs tels que celui représenté sur la figure 3.

Ce dispositif comporte une vanne du type clapet dont le corps A est muni d'un orifice d'admission B relié à la canalisation 2 (Fig. 1) et un orifice d'évacuation C communiquant avec le compartiment alimenté à travers ce dispositif. Un clapet D coopère avec un siège de clapet E ménagé dans le corps A pour mettre en communication les orifices B et C lorsque le clapet ne repose pas sur le siège E. Un conduit calibré G pratiqué dans le clapet D assure une communication entre les orifices B et C lorsque le clapet D repose sur son siège E. Ce conduit constitue le tube calibré à travers lequel le compartiment est alimenté en fluide avec le débit q .

Le clapet est solidaire du noyau plongeur H d'un électro-aimant I qui peut être alimenté en courant électrique par des conducteurs J. En l'absence de courant de commande, un ressort taré K maintient le noyau plongeur H dans la position pour laquelle le clapet D est en butée contre son siège E.

Le dispositif étant dans la position représentée sur la figure 3, le compartiment de la pile à combustible est alimenté avec un débit minimal à travers le conduit calibré G qui introduit dans l'écoulement du fluide une perte de charge déterminée. Lorsque l'électro-aimant est actionné, le noyau plongeur H est déplacé contre l'action du ressort K vers le haut de la figure entraînant le clapet D. Dans ces conditions, le débit d'alimentation traversant la vanne a une valeur maximale.

La figure 4 montre schématiquement un mode de réalisation d'un circuit automatique de commande de l'ensemble des dispositifs. Ce circuit comporte un contacteur rotatif schématisé en L dont le curseur M est entraîné en rotation par un moteur pas à pas N. Dans chacune de ses positions le curseur M relie l'un des électro-aimants I à une source de tension électrique P à travers une résistance R.

Dans la variante représentée par la figure 5 le contacteur rotatif comporte une position dans laquelle il n'alimente aucun électro-aimant I. Le curseur M est dans cette position tant que le moteur n'est pas actionné. Le moteur est alimenté par un générateur S à travers un relais U dont l'ouverture est temprisée.

Ainsi, lorsque la bobine V du relais reçoit un signal de commande, le relais U est maintenu fermé pendant un temps suffisant pour que le curseur M effectue un tour complet.

La commande de la bobine V du relais U peut être manuelle ou automatique. Par exemple, comme le montre la figure 6, un amplificateur comparateur W délivre un signal de commande adapté à actionner le relais U lorsqu'un signal de mesure appliqué sur une de ses bornes d'entrée a une intensité inférieure à une valeur de consigne affichée sur sa seconde borne d'entrée.

Le signal de mesure est représentatif des conditions de fonctionnement de la pile. Par exemple, ce signal pourra être constitué par la tension électrique aux bornes de la pile ou

d'un élément de pile, le courant électrique fourni ou la puissance électrique délivrée par la pile, etc. . . .

Il est également possible d'actionner périodiquement le relais U, indépendamment de toute mesure des caractéristiques de fonctionnement de la pile, par exemple en utilisant un dispositif à horloge qui alimente la bobine V à des instants déterminés.

Bien entendu, ces modes de réalisation de la commande automatique ont été indiqués à titre d'exemples seulement, sans exclure tout mode de réalisation faisant appel à des circuits électroniques qui sont à la portée du technicien.

La figure 7 représente une variante de réalisation dans laquelle la canalisation d'évacuation 3 n'est pas reliée à la canalisation d'alimentation 2, ce qui supprime l'organe 5.

Dans cette variante la circulation du fluide, qui est délivré à pression constante dans la canalisation d'alimentation 2, s'établit automatiquement du fait de la pression plus faible dans la pile résultant de la quantité de fluide consommée.

Des modifications pourront être apportées sans pour autant sortir du cadre de la présente invention. Par exemple, lors de l'ouverture d'une vanne telle que 14 on pourra simultanément interrompre toute communication entre la canali-

sation d'alimentation 2 et les orifices des compartiments qui ne sont pas traversés par un débit de balayage. Ceci peut, par exemple, être réalisé en utilisant des vannes auxiliaires 12a, 22a . . . (10n + 2) placées respectivement en série avec les pertes de charge 12, 22 . . . (10n + 2) comme représenté sur la figure 8. Ainsi, pendant le fonctionnement normal de la pile, toutes les vannes auxiliaires sont ouvertes. L'ouverture de la vanne 14 s'accompagne de la fermeture simultanée de toutes les vannes auxiliaires. Le compartiment 10 est traversé par un débit de balayage maximal égal au débit Q circulant dans la canalisation 2. Les compartiments 20 à 10n sont alimentés comme indiqué par les flèches F'.

De la même façon, pendant les périodes d'ouverture des vannes 22 . . . (10n + 2) les vannes auxiliaires sont maintenues fermées par des circuits de commande dont la réalisation, à la portée du spécialiste, ne sera pas décrite ici.

Bien que dans ce qui précède est décrite, à titre d'exemple seulement, l'application de l'invention à l'alimentation en combustible d'une pile à combustible, il est entendu qu'on peut procéder de la même manière pour l'alimentation en comburant fluide ou en électrolyte liquide.

FIG.1

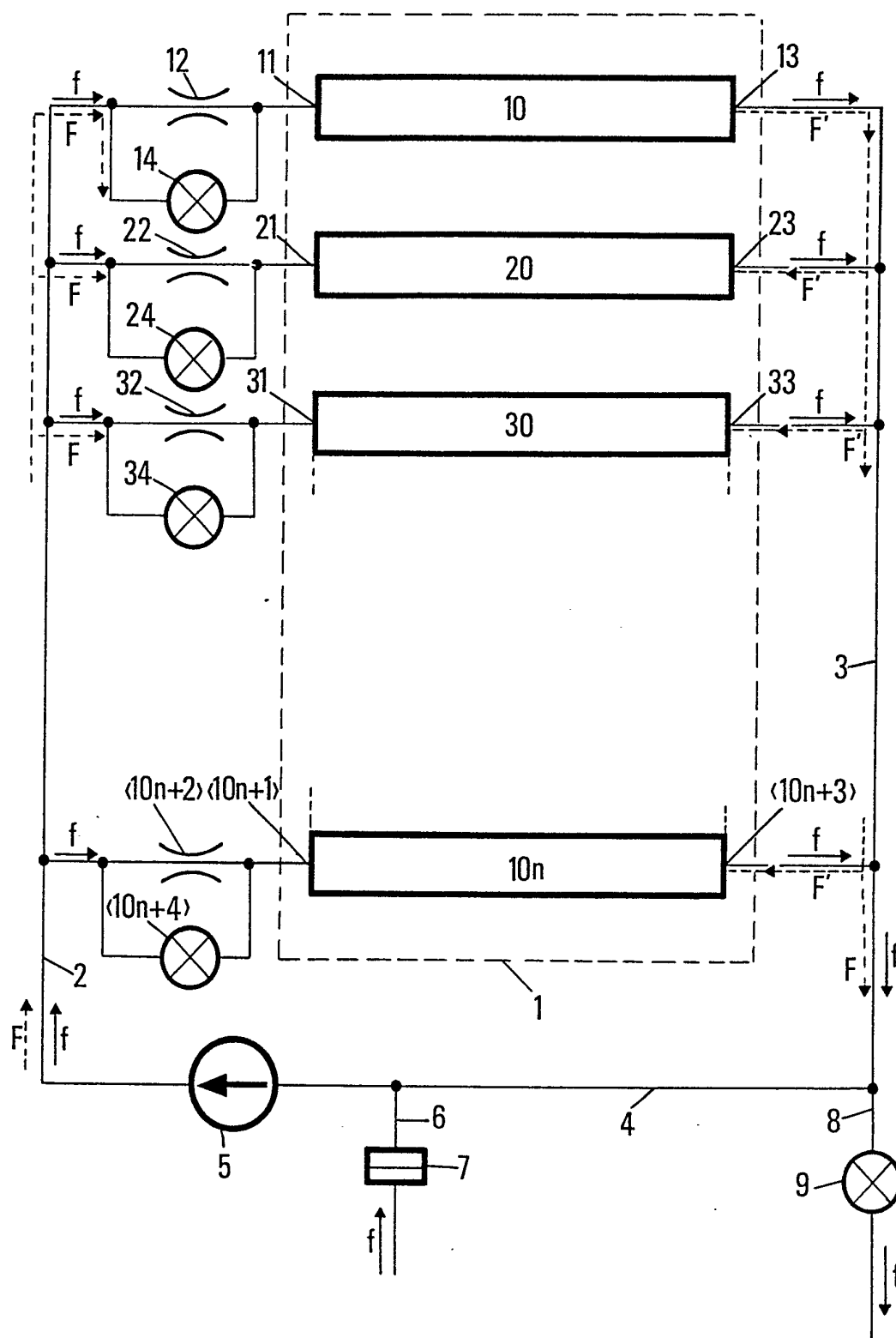


FIG.2

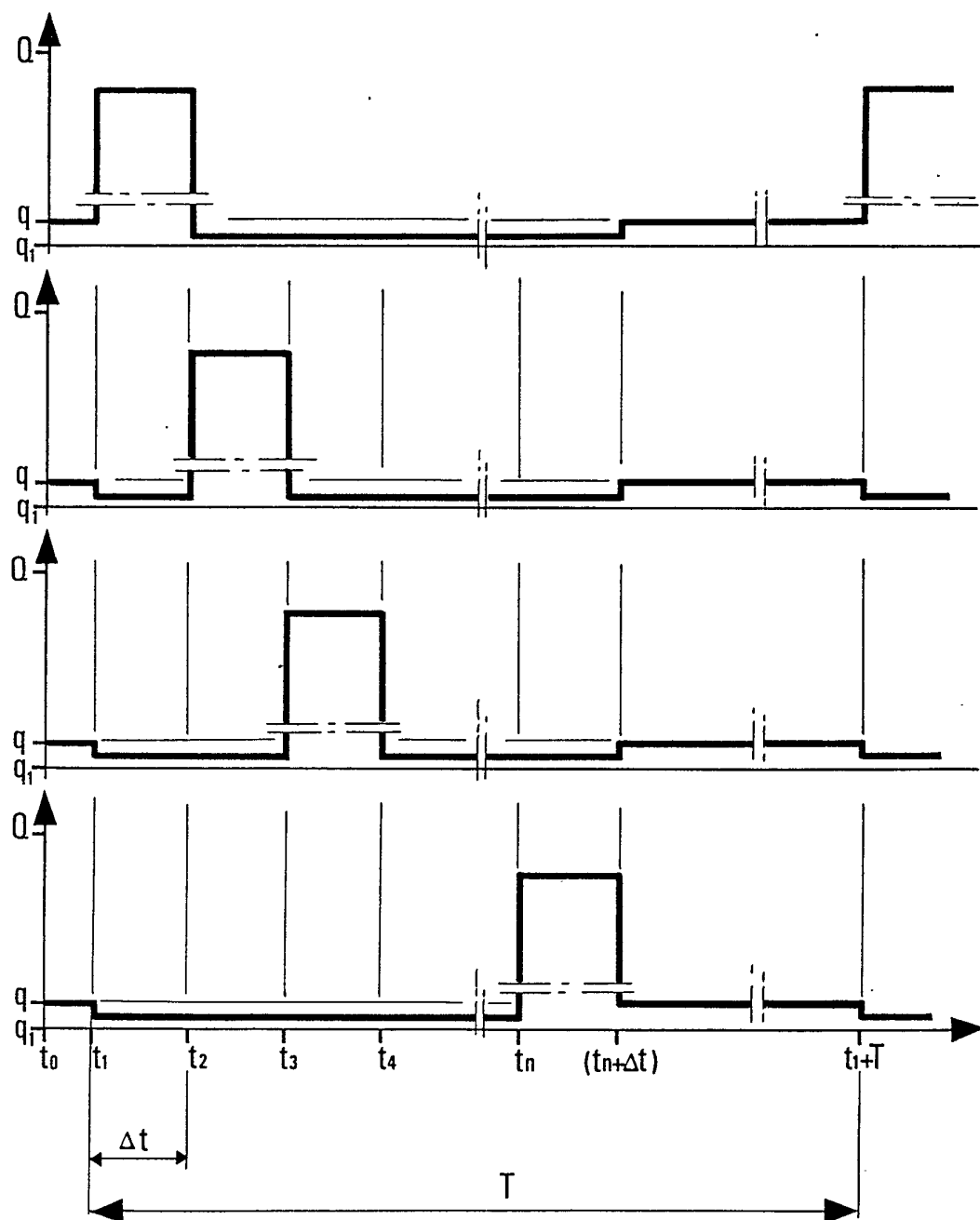


FIG.6

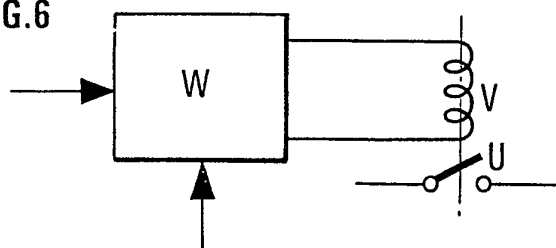


FIG.3

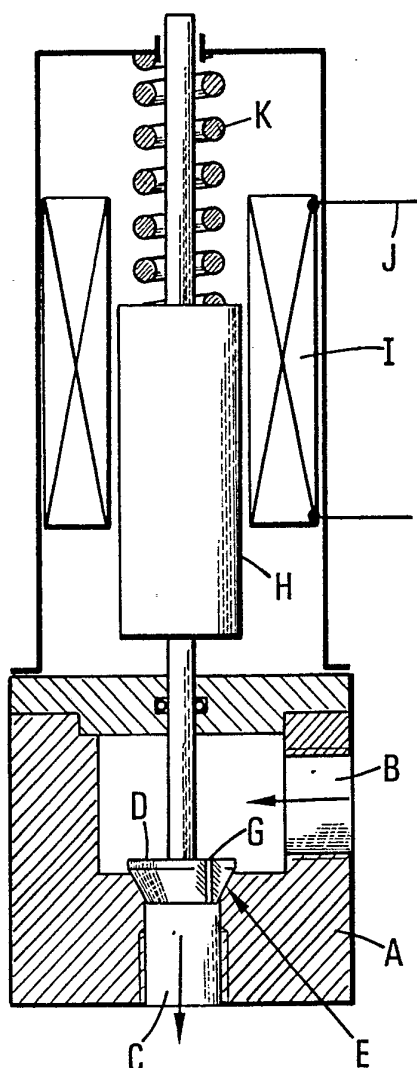


FIG.4

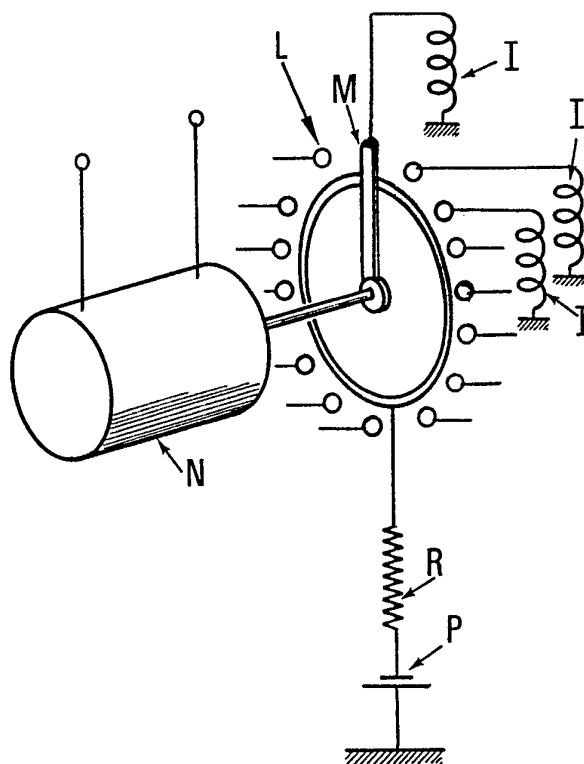


FIG.5

