

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 539 918

②1 N° d'enregistrement national :

84 00677

⑤1 Int Cl³ : H 01 M 10/36.

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 17 janvier 1984.

③0 Priorité US, 21 janvier 1983, n° 459.713.

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 30 du 27 juillet 1984.

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

⑦1 Demandeur(s) : *ENERGY DEVELOPMENT ASSOCIATES,
INC. — US.*

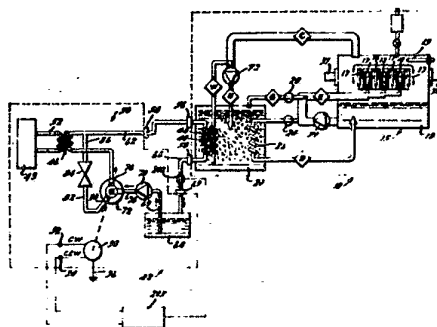
⑦2 Inventeur(s) : Dane Dewitt Barlow.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Novapat-Chereau.

⑤4 Procédé et dispositif de régulation de la température de formation d'hydrate dans une batterie métal-halogène.

⑤7 Le mécanisme de commande de température a la forme d'un circuit électronique discret ou d'un ordinateur numérique programmé 203 pour régler avec précision la température d'une solution de formation d'hydrate dans une batterie métal-halogène 15 pendant sa charge. Le circuit électronique et/ou l'ordinateur numérique détecte la température réelle de la solution, en mesurant la température réelle de la solution, en mesurant la température d'un circuit de fluide de refroidissement 44 en communication thermique avec cette solution 20. La température réelle est comparée à une température de point de réglage basée sur un algorithme d'ajustement de courbe pour se rapprocher de la température de formation d'hydrate qui varie pendant la charge. Pour des différences suffisamment importantes entre température réelle et température du point de réglage, une impulsion électrique est appliquée à une valve de mélange 72 entraînée par servomoteur 90 de manière à augmenter ou diminuer sélectivement le courant de fluide refroidi dans le circuit de fluide de refroidissement.



1.

La présente invention concerne des systèmes de stockage d'énergie électrique perfectionnés et, plus particulièrement, des systèmes de batterie métal-halogène. Plus spécifiquement, la présente invention concerne un
5 procédé et un dispositif permettant de maintenir dynamiquement la température de formation d'hydrate à l'intérieur d'une solution de formation d'hydrate pendant la charge.

Des systèmes de stockage d'énergie électrique du type dont il est question ici (par exemple batterie zinc-chlore)
10 utilisent un hydrate d'halogène comme source du composant halogène pour réduction à une électrode normalement positive, et un métal oxydable destiné à s'oxyder à une électrode normalement négative lors de la décharge normale du système de stockage. Un électrolyte aqueux est employé
15 pour regarnir le composant halogène alors qu'il se réduit à l'électrode positive. L'électrolyte contient les ions dissous du métal oxydé et de l'halogène réduit, et est mis en circulation entre une zone d'électrode et une zone de stockage contenant l'hydrate d'halogène, qui pro-
20 gressivement se décompose pendant une décharge normale du

2.

- système d'énergie électrique, libérant de l'halogène élémentaire supplémentaire pour consommation à l'électrode positive. Les systèmes de stockage d'énergie électrique ou systèmes de batterie de ce type sont décrits dans des brevets de
- 5 l'art antérieur ayant pour n° 3 713 888, 3 993 502, 4 001 036 et 4 146 680. De tels systèmes sont également décrits dans les demandes de brevet S.N. 372 088 ayant pour titre "Inert Gas Rejection System for Metal Halogen Batteries", S.N. 357 742 ayant pour titre "Halogen
- 10 Hydrate Storage Device for Mobile Zinc-Chloride Battery Systems", S.N. 291 030 ayant pour titre "Liquid Cooling System and proportional valve for the same", et S.N. 291 029 ayant pour titre "Method and Apparatus for Supplying Cooling Liquid to a Storage Battery".
- 15 Le fonctionnement de base d'une batterie métal-halogène, tel qu'un système de batterie zinc-chlorure aqueux avec substrats d'électrode en graphite et/ou autres substrats stables est le suivant. Pendant la charge, une pompe à électrolyte fournit de l'électrolyte aqueux à des alvéoles
- 20 entre paires d'électrodes poreuses en graphite-chlore dans un empilage de batteries constitué d'une pluralité d'éléments. L'électrolyte traverse les électrodes poreuses en chlore pour entrer dans une chambre entre électrodes de polarité opposée, s'élève entre les électrodes puis re-
- 25 vient dans la cuve de batterie. Le chlore gazeux libéré par les substrats des électrodes poreuses en graphite est entraîné par pompage par une pompe à gaz, et avant d'entrer dans la pompe à gaz, le chlore est mélangé à l'électrolyte refroidi par un ensemble de refroidissement. Le chlore et
- 30 l'électrolyte refroidis sont mélangés dans la pompe à gaz, de l'hydrate de chlore se forme, et le mélange hydrate de chlore-électrolyte est déposé dans une enceinte de stockage. Pendant la décharge, du chlore est libéré par l'hydrate par décomposition de l'hydrate de chlore par injection d'électrolyte
- 35 chaud à partir de la cuve. Lors du développement de la

pression requise du chlore gazeux dans l'enceinte de stockage, le chlore est injecté et mélangé à l'électrolyte et dissous dans celui-ci, puis introduit dans les électrodes poreuses. L'empilage de batteries est alors déchargé, où la
5 dissolution de zinc se produit à l'électrode en zinc, la réduction du chlore dissous se produit à l'électrode en chlore, l'énergie est disponible aux bornes de la batterie, et du chlorure de zinc est formé dans l'électrolyte par réaction du zinc et du chlore pour former du chlorure de
10 zinc.

Pendant la charge, de façon que l'hydrate se forme correctement, la température à l'intérieur de l'électrolyte doit être contrôlée étroitement dans des tolérances de l'ordre de quelques dixièmes de degré cen-
15 tigrade. Un problème que soulèvent actuellement les ensembles de refroidissement est qu'ils se sont révélés généralement déficients pour fournir des températures étroitement contrôlées. Par conséquent, un objet de la présente invention est un procédé et un dispositif permettant de commander la température de formation d'hydrate pendant la
20 charge et un autre objet est de prévoir une commande de température très précise de l'électrolyte de formation d'hydrate. Un autre objet de la présente invention est un procédé et un dispositif de commande de la température de
25 formation d'hydrate pendant la charge, qui utilisent une servo-commande basée sur une commande de vitesse, ce qui permet la mise en oeuvre en utilisant des servo-moteurs en courant alternatif bi-directionnels, relativement bon marché et analogue.

30 Le procédé de la présente invention comprend la commande de la température à l'intérieur d'une batterie métal-halogène du type comportant une alimentation en solution de formation d'hydrate ou électrolyte; un premier circuit de fluide de refroidissement pour un échange de chaleur avec
35 la solution ou l'électrolyte; et un dispositif de refroi-

4.

dissement pour extraire la chaleur du circuit de fluide de refroidissement. Selon la présente invention, le dispositif de refroidissement comprend un moyen de réfrigération et un second circuit de fluide de refroidissement pour transférer la chaleur au moyen de réfrigération, et une valve de mélange proportionnel pour accoupler les premier et second circuit de refroidissement. Le procédé comprend la détermination de la température de la solution d'électrolyte, de préférence par mesure de la température à l'intérieur du premier circuit de fluide de refroidissement au point, où à proximité de ce point, où la chaleur est échangée entre le circuit de fluide de refroidissement et la solution d'électrolyte. Une température de point de réglage est déterminée sur la base de la température de la solution en conformité avec l'algorithme d'ajustement de courbe qui se rapproche de la température de formation d'hydrate en fonction de la charge stockée dans la batterie. La température du point de réglage peut être également basée sur la concentration d'hydrate dans la solution d'électrolyte qui est généralement proportionnelle à la charge. La température du point de réglage et la température réelle de la solution sont comparées pour produire une valeur d'erreur ayant une amplitude représentative de la différence absolue entre température réelle et température du point de réglage, et ayant d'autre part un signe indiquant si la température du point de réglage est au-dessus ou au-dessous de la température réelle. Des impulsions électriques sont produites à des intervalles de temps qui varient en fonction de la grandeur de la valeur d'erreur. De préférence, les impulsions électriques maintiennent une largeur d'impulsion sensiblement constante ou durée dans le temps, mais il y a une variation entre temps d'apparition des impulsions qui est proportionnelle à la valeur d'erreur. La valve de mélange est commandée en conformité avec les impulsions électriques, d'où il résulte qu'elle est amenée à

5.

augmenter ou diminuer sélectivement l'accouplement entre les premier et second circuits de fluide de refroidissement en fonction du signe ou de la polarité de la valeur d'erreur. La valve de mélange est ajustée, dans le sens soit d'une augmentation soit d'une diminution du degré de mélange entre les premier et second fluides de refroidissement, chaque fois que se produit une impulsion électrique. Par exemple, une valeur d'erreur ayant une première polarité peut amener la valve de mélange à augmenter progressivement le degré de mélange lors de chaque impulsion successive alors que la valeur d'erreur ayant l'autre polarité amènera la valve à diminuer le degré de mélange. Si l'erreur est au-dessous d'une quantité déterminée, aucune impulsion électrique n'est produite et par conséquent aucun réglage n'est effectué par la valve de mélange.

Le dispositif mettant en oeuvre le procédé décrit ci-dessus, dans un premier mode de réalisation, comprend un ordinateur numérique qui est programmé pour exécuter les étapes précédentes comme cela sera décrit ultérieurement. Un second mode de réalisation, décrit ci-dessous, met en oeuvre le procédé en utilisant des composants discrets, des circuits intégrés et des composants logiques en combinaison.

La présente invention sera bien comprise lors de la description suivante faite en liaison avec les dessins ci-joints dans lesquels :

La figure 1 est un schéma représentant un système de batterie métal-halogène typique selon la présente invention;

La figure 2 est un graphique de la relation entre la température de formation d'halogène et la charge permettant de décrire l'algorithme d'ajustement de courbe de la présente invention;

La figure 3 est un organigramme décrivant la séquence logique des étapes de commande du servo de la

6.

valve de mélange selon la présente invention;

La figure 4 est un schéma d'un mode de réalisation actuellement préféré de la présente invention;

La figure 5 est un diagramme de formes d'onde
5 donné à titre d'exemple, qui sert à décrire le fonctionnement de la présente invention; et

La figure 6 est un organigramme décrivant la séquence logique des étapes 4 pour la production d'une erreur selon la présente invention.

10 La figure 1 représente un mode de réalisation d'un système de batterie zinc-chlore, dans lequel la présente invention peut être utilisée. Le système a pour référence 10 et des moyens sont prévus pour obtenir les circulations désirées de chlore, d'électrolyte, d'eau et de
15 chaleur, dont on procèdera maintenant à la description générale.

En charge, une pompe P1 fournit de l'électrolyte à des alvéoles 12 entre paires d'électrodes poreuses 14 en graphite et chlore de l'empilage de batterie 15.

20 L'électrolyte traverse les électrodes 14 pour entrer dans une chambre 16 située entre une électrode en zinc 17 et les électrodes en chlore 14, s'élève entre les électrodes et finit par retomber dans la cuve 18. Le chlore gazeux est acheminé par une pompe P2 dans une conduite C. Avant d'en-

25 trer dans la pompe P2, le chlore gazeux est mélangé à de l'électrolyte refroidi qui est acheminé par une conduite W et provient du fond d'une enceinte de stockage 20. Le chlore et l'électrolyte refroidi sont mélangés dans la pompe à gaz P2, de l'hydrate de chlore se forme et le mélange

30 hydrate de chlore-électrolyte est déposé dans l'enceinte 20 par l'intermédiaire d'une conduite H. L'électrolyte se trouvant dans la conduite W est refroidi par passage dans un échangeur de chaleur 40. Du glycol refroidi par un ensemble de refroidissement 42 traverse une conduite 44 de

35 l'échangeur de chaleur 40.

Pendant la décharge, une valve 24 d'une conduite D est ouverte, permettant à un courant d'électrolyte chaud de traverser un échangeur de chaleur 26 dans l'enceinte de stockage. Le chlore est formé par décomposition de l'hydrate de chlore dans l'enceinte 20. Lors du développement de la pression requise dans cette enceinte, une valve 28 d'une conduite G s'ouvre et le chlore entre dans une conduite E du côté haute pression de la pompe à électrolyte P1. Le chlore se dissout dans l'électrolyte qui est alors fourni aux électrodes poreuses 14 en graphite-chlore. L'empilage de batterie 15 peut alors être déchargé, où la dissolution de zinc se produit à l'électrode de zinc 17, la réduction du chlore dissous à l'électrode de chlore 14, de l'énergie est disponible aux bornes 30 et 31 de la batterie, et du chlorure de zinc est formé dans l'électrolyte par réaction du zinc et du chlore.

On comprendra que ce qui précède constitue une description d'un système de batterie métal-halogène typique auquel se rapporte la présente invention. La description précédente ne doit pas être considérée comme limitant la présente invention. De même, l'ensemble de refroidissement 42, qui sera décrit en détail ultérieurement, est un exemple d'ensemble pouvant être utilisé dans la mise en oeuvre de la présente invention dans ses modes de réalisation actuellement préférés. Des modifications de cet ensemble de refroidissement peuvent être envisagées, ou cet ensemble remplacé par d'autres ensembles de refroidissement sans qu'on sorte du cadre de la présente invention.

L'ensemble de refroidissement 42 comprend un échangeur de chaleur 46 couplé à un ensemble de réfrigération 48 pour extraire la chaleur d'un circuit de refroidissement de glycol 50. L'ensemble de réfrigération 48 peut comprendre un réfrigérateur disponible dans l'industrie ou une pompe à chaleur mettant en circulation un fluide

de de refroidissement tel que le fréon dans une conduite 52 de l'échangeur de chaleur 46. L'ensemble de refroidissement de glycol 50 est à son tour couplé par la conduite 44 de l'échangeur de chaleur 40 au moyen de raccords à branchement rapide 54, 56, 58 et 60. Plus particulièrement, le circuit 50 comprend une conduite 62 branchée entre l'échangeur de chaleur 46 et l'échangeur de chaleur 44 via les raccords 54 et 56. Le circuit 50 comprend d'autre part un réservoir 64 qui est destiné à recevoir du fluide de refroidissement provenant de l'échangeur de chaleur 44 via le raccord 58, une conduite 66, et le raccord 60. Le fluide de refroidissement est extrait du réservoir 64 par l'intermédiaire d'une conduite 68 au moyen d'une pompe 70, qui introduit à son tour le fluide dans une valve de mélange proportionnel 72 par l'intermédiaire d'une conduite 74. La valve 72 peut être mise en oeuvre en utilisant une valve rotative commandée par servo-moteur du type décrit dans la demande de brevet 291 030 citée ci-dessus. La valve de mélange 72 comprend un premier orifice de sortie 76 couplé par l'intermédiaire d'une conduite 78 à l'échangeur de chaleur 46 et un second orifice de sortie 80 couplé par une conduite 82, une valve de coupure 84 et une conduite 86 à la conduite 62, au moyen d'un raccord en T, par exemple. La valve de mélange 72 est actionnée par un servo-moteur 90 de manière à diriger le courant de fluide de refroidissement suivant des proportions variables à travers l'échangeur de chaleur 46 et/ou dans la conduite 82 de dérivation de l'échangeur de chaleur 46. Par réglage des proportions relatives du fluide de refroidissement traversant l'échangeur de chaleur 46 en fonction du fluide de refroidissement contournant cet échangeur de chaleur, de la chaleur peut être extraite du fluide de refroidissement du circuit 50 par l'ensemble de réfrigération 48 et cela en quantités contrôlées. Grâce à cet agencement de mélange proportion-

9.

nel, la capacité calorifique de la totalité du fluide en circulation sert à maintenir sa température à une valeur relativement constante. Le détournement d'une partie de ce fluide de refroidissement à travers l'échangeur de chaleur 46 pour l'extraction de chaleur permet de procéder à un réglage contrôlé de la température sans perturber l'équilibre général de température du circuit de refroidissement.

Selon la présente invention, un servo-moteur 90 comprend une première borne 92 pour entraînement dans le sens des aiguilles d'une montre et une seconde borne 94 pour entraînement dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Le servo-moteur 90 comprend d'autre part une borne de masse 96 qui en conjonction avec l'une ou l'autre borne 92 ou 94 sert à alimenter le moteur 90. Dans le mode de réalisation actuellement préféré, le servo-moteur 90 peut être un moteur alternatif bi-directionnel que l'on trouve dans le commerce, et qui présente l'avantage d'être relativement peu coûteux. Cependant, en général, d'autres moteurs appropriés peuvent être utilisés sans sortir du cadre de la présente invention. Le moteur 90 peut être couplé par l'intermédiaire d'engrenages appropriés (non représentés) pour obtenir une commande plus précise de la valve de mélange 72. De plus, la valve 72 peut comporter des butées permettant d'éviter sa rotation au-delà de limites prédéterminées, typiquement de 90° dans chaque direction.

Pendant la charge, l'électrolyte de la solution de chlorure de zinc forme un hydrate à l'intérieur de l'enceinte 20. Pour favoriser la formation d'hydrate, la température dans la solution d'électrolyte doit être maintenue à la température de formation d'hydrate (nominalement $-3 \pm 3^{\circ}\text{C}$) de préférence à moins de 1/10 de degré centigrade d'une telle température. Si on laisse la température croître beaucoup au-dessus de la température de formation d'hydrate, celle-ci sera considérablement

10.

diminuée et les performances de la batterie sensiblement influencées. D'autre part, si on laisse la température tomber beaucoup au-dessous de la température de formation d'hydrate, le système gèlera et perturbera le fonctionnement de la batterie.

Pour compliquer encore le problème du maintien de la solution à la température de formation d'hydrate, celle-ci varie au cours du processus de charge. Alors que le processus de charge progresse et que de l'hydrate s'accumule, la concentration de chlorure de zinc dans la solution varie, ce qui amène la température de formation d'hydrate à augmenter progressivement et de manière continue. La figure 2 représente cette augmentation de la température de formation d'hydrate où la courbe 100 représente la température en fonction de la charge (ou concentration d'hydrate). Comme on l'expliquera davantage ci-après, la courbe quasi-linéaire 102 représente une approximation du premier ordre du profil de la température de formation d'hydrate. Cette approximation peut être déterminée par un algorithme d'ajustement de courbe décrit ci-après. Cependant, on comprendra que des approximations du premier ordre ou des algorithmes différents peuvent être mis en oeuvre selon les principes décrits ici.

En liaison maintenant avec l'organigramme des figures 3 et 6, on discutera maintenant la procédé selon la présente invention. En commençant tout d'abord avec la figure 6, un bloc 200 représente l'étape de détection ou de mesure de la température à l'intérieur du circuit de refroidissement de glycol. Comme ce circuit est en communication thermique avec l'électrolyte de formation d'hydrate par l'intermédiaire de l'échangeur de chaleur 40, cette température suit étroitement la température réelle de l'électrolyte et peut donc être utilisée à des fins de commande par réaction. Dans la pratique, l'étape de détection de température du bloc 200 implique la lecture de la

chute de tension aux bornes d'une thermistance 202 ou du courant la traversant, laquelle est disposée en communication thermique avec la conduite 66 comme représenté en figure 1. La lecture de la thermistance est alors linéarisée et mise à l'échelle selon le programme BASIC dans des étapes 1240 à 1280 indiquées en annexe. Pour éliminer des lectures erronées et le bruit, la lecture mise à l'échelle de la thermistance traverse un filtre de logiciel 204 qui procède à une moyenne d'un nombre prédéterminé de lectures pour produire une indication de la température du filtre. Ensuite, la température du point de réglage ou température désirée est calculée ou produite en utilisant un algorithme d'ajustement de courbe tel que l'algorithme illustré en figure 2. Cette étape est décrite en figure 6 par le bloc 206, et exécutée en conformité avec les lignes 29100 à 29190 du sous-programme BASIC indiqué en annexe. A titre de commodité, les variables utilisées pour mettre en oeuvre le programme donné en annexe comprennent une pluralité de variables indicées contenues dans un réseau. En liaison avec les lignes 29100 à 29190 du programme, on verra que la ligne 29110 est une équation pour la partie en pente vers le haut de la ligne 102. Ce segment qui est représenté par la référence 210 peut être décrit en utilisant l'équation générale d'une ligne droite, à savoir $Y = MX + B$. Par conséquent, dans la ligne 29110 du programme, la variable X9 correspond à la valeur Y de l'équation linéaire, S(26) correspond à la pente M, R1(8) à X et S(27) à B, interception avec l'axe des Y. Selon l'algorithme d'ajustement de courbe, si la valeur calculée X9 est au-dessous d'une certaine limite S(25), alors la valeur calculée X9 est égale à la valeur de référence S(25). En figure 2, cette valeur de référence minimum est appelée "MIN" et le segment de ligne 212 est produit lorsque cette valeur minimum n'est pas dépassée.

Ayant maintenant mesuré une température réelle

12.

et calculé également une température désirée ou température de point de réglage, ces deux températures sont comparées au cours d'une étape 214 pour produire une erreur ou valeur de différence. La commande du procédé se branche
5 alors, en conformité avec le bloc 216, sur un sous-programme de commande par servo qui actionne sélectivement le servo-moteur 90 soit dans le sens des aiguilles d'une montre soit dans le sens inverse en conformité avec la valeur d'erreur. Ce sous-programme est représenté en figure 3.

10 En liaison avec la figure 3, et avec les diagrammes de temps de la figure 5, la commande du servo-moteur 90 progresse de la manière suivante. En commençant avec l'étape 300, la variable X_3 est rendue égale à une variable de minuterie qui mesure le temps écoulé. En pratique,
15 il est souvent commode d'utiliser une horloge en temps réel pour fournir les signaux de minuterie. En figure 5, la séquence temporelle est représentée en utilisant une première ligne intitulée "APPEL SOUSTRACT" qui marque, au moyen d'une flèche dirigée vers le bas, chaque fois que le sous-pro-
20 gramme de commande de servo est appelé. De préférence, le sous-programme est appelé à une cadence périodiquement constante. En figure 5, les lignes en pointillé appelées X_3 (quel que soit l'exposant) indiquent le moment où X_3 est égal à la valeur de la minuterie. On expliquera ultérieurement au cours de la description qu'une autre variable X_2
25 est également rendue égale à la valeur de la minuterie. Ces deux variables se comportent quelque peu comme un chronomètre, où X_2 marque la mise en route du chronomètre et X_3 son arrêt. Ainsi, la différence $X_3 - X_2$ est une mesure
30 de temps écoulé. Bien que l'organigramme de la figure 3 et le diagramme de temps de la figure 5 représentent pleinement la partie à servo-commande de la présente invention, on se reportera aux lignes 29200 à 29290 du programme BASIC cité en annexe, qui peut être utilisé pour mettre
35 en oeuvre le mécanisme à servo-commande. Dans l'étape 302,

la variable X_4 est calculée comme une fonction d'erreur, l'erreur ayant été précédemment calculée par les étapes citées en figure 6. X_4 représente une valeur intermédiaire qui est utilisée dans l'étape 306 pour calculer X_1 , durée désirée entre impulsions de servo-commande. Comme la variable X_1 est inversement proportionnelle à la variable X_4 , les étapes 304 et 305 permettent d'assurer que le calcul ne tentera pas une division par zéro, dans le cas où X_4 serait égal à zéro. Parmi les étapes discutées jusqu'ici, l'étape 300 correspond à la ligne 29210 du programme BASIC de l'annexe, alors que les lignes 302, 304, 305 et 306 correspondent aux lignes 29215 et 29220 de ce programme. Ensuite, l'étape 308 procède à un essai tendant à déterminer si le temps écoulé, mesuré par les variables $X_3 - X_2$, est inférieur au temps désiré ou calculé entre impulsions X_1 . On notera que, pour les petites erreurs, la variable de temps calculée X_1 est généralement importante, ce qui se traduit par un branchement du programme au point de sortie 318. Cela correspond au test exécuté par la ligne 29230 du programme et le branchement à la ligne 29270. Si, d'autre part, l'erreur est importante, la commande de programme procède au branchement sur le bloc 310. Une erreur importante indique généralement que la température réelle et la température désirée sont suffisamment éloignées pour que des mesures correctives soient prises par le servo-moteur 90 qui commande la valve de mélange 72. L'étape 310 détermine si la valeur d'erreur est positive ou négative. En d'autres termes, l'étape 310 détermine si le servo-moteur 90 doit être actionné dans le sens des aiguilles d'une montre ou dans le sens inverse. On comprendra qu'un sens de rotation provoque le mélange d'une quantité plus grande du fluide de refroidissement du glycol dans le circuit 50, et sa circulation dans ce circuit, alors que l'autre sens réduit la quantité de glycol mélangée dans le système. Si le signe de la valeur

14.

d'erreur est positif, la commande se branche sur 312, où une salve ou impulsion d'énergie électrique est émise à la borne 92 de rotation dans le sens des aiguilles d'une montre du servo-moteur 90. Si le signe de la valeur d'erreur est négatif, une impulsion est sortie à la borne 94 de rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre du servo-moteur 90. Les lignes 29240 et 29250 correspondent à ces deux possibilités. Après qu'une impulsion soit de rotation dans le sens des aiguilles d'une montre, soit de rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre a été émise, l'étape 316 établit la variable X_2 du chronomètre pour qu'elle soit égale à la valeur présente de la minuterie. On notera que la variable X_2 est remise à la valeur présente de la minuterie seulement si la commande a progressé dans les blocs 310, et 312 ou 314. Si, d'autre part, le test exécuté dans le bloc 308 détermine que l'erreur n'est pas suffisamment importante pour émettre une impulsion de servo-commande, la commande se branche autour du bloc 316 et ainsi la variable X_2 restera à la valeur qu'elle avait, à un certain temps antérieur. En liaison avec la figure 5, quatre appels successifs de sous-programme donnés à titre d'exemple sont représentés, ayant pour référence les lettres A, B, C et D. On comprendra que la séquence spécifique de la figure 5 est donnée à titre d'exemple et seulement d'illustration et ne constitue pas une limite du domaine de la présente invention. Dans l'exemple représenté en figure 5, on suppose que le premier appel A s'est produit sur la base des événements ayant eu lieu auparavant; ainsi l'appel A est utilisé ici comme moyen d'établir des conditions données à titre d'exemple pour l'appel suivant B. Dans l'appel A, on suppose qu'une impulsion est sortie sur la ligne SA (sens des aiguilles d'une montre) et qu'aucune impulsion n'est sortie sur la ligne SIA (sens inverse des aiguilles d'une montre). Après émission de l'impulsion, la variable X_2 est établie à la valeur

15.

présente de la minuterie. Un peu plus tard, à l'appel B, la variable X_3 est réglée à la valeur présente de la minuterie. Cette valeur de la minuterie est naturellement différente de la variable X_2 précédente, car un certain temps s'est écoulé entre la fin de l'appel A et le commencement de l'appel B. Le temps écoulé est $X_3 - X_2$. Ensuite, selon l'algorithme de la figure 3, l'erreur est déterminée tant en amplitude qu'en signe. A des fins d'exemple, on supposera qu'une erreur positive est calculée, et que cette erreur est supérieure au temps écoulé $X_3 - X_2$. Par conséquent, une impulsion est émise sur la ligne SA et la variable X_2' est rétablie à la valeur courante de la minuterie. A l'appel C, on suppose, à titre d'exemple, que l'erreur est inférieure au nouveau temps écoulé $X_3' - X_2'$. Ainsi, aucune impulsion n'est émise et X_2' n'est pas mis à jour. A l'appel D, on suppose que la grandeur de l'erreur est supérieure au nouveau temps écoulé $X_3'' - X_2'$ et est négative. Ainsi, une impulsion est émise sur la ligne SIA.

On comprendra que la description précédente a adopté une convention où des valeurs d'erreur positive produisent un mouvement du servo dans le sens des aiguilles d'une montre alors que des valeurs d'erreur négative produisent un mouvement dans le sens opposé. Cela ne doit pas être considéré comme une limitation de l'invention, la convention opposée pouvant s'appliquer aussi bien.

Le procédé décrit ci-dessus peut être mis en oeuvre en utilisant un ordinateur numérique, représenté dans ses grandes lignes par la référence 203 en figure 1, qui a été programmé pour exécuter les étapes indiquées dans les organigrammes des figures 3 et 6. Dans certaines applications, l'ordinateur peut avoir la forme d'un ordinateur de commande tel que l'appareil MACSYM 2 de la société dite Analog Devices. En général, on peut utiliser une grande variété d'ordinateurs pour la mise en oeuvre de la présente

16.

invention, y compris des ordinateurs à base de microproces-
seurs. En outre, alors que le mode de réalisation préféré
met en oeuvre les algorithmes décrits ci-dessus en utili-
sant un ou des programmes d'ordinateurs en BASIC, on com-
prendra qu'ils peuvent l'être en utilisant d'autres lan-
gages sans sortir du domaine de la présente invention.
L'ordinateur peut comprendre des points d'accès d'entrée/
sortie analogiques, pour l'interface avec le détecteur de
température par thermistance et comprendre également des
modules d'entrée/sortie pour interface avec le servo-mo-
teur. En pratique, ces modules d'interface peuvent consti-
tués une partie de l'ordinateur de commande, ou être des
dispositifs d'entrée/sortie extérieurs. L'homme de l'art
verra que divers convertisseurs analogiques/numériques
peuvent réaliser l'interface entre une thermistance et
un ordinateur numérique, et que des commutateurs comman-
dés numériquement se trouvent dans le commerce pour l'ali-
mentation par une tension en 110 volts alternatifs du ser-
vo en réponse aux signaux de commande numériques provenant
d'un ordinateur. Le commutateur ou relais à commande numé-
rique actuellement préféré comprend un isolement optique
afin de protéger l'ordinateur d'un endommagement éventuel
par la haute tension du secteur.

Un second mode de réalisation préféré est illus-
tré en figure 4. Ce mode utilise des composants discrets,
circuits intégrés et circuits logiques disponibles dans
le commerce et peut être employé pour mettre en oeuvre le
procédé de la présente invention à un coût économique dans
un minimum de place. En figure 1, le bloc ayant la référé-
nce 203 représente comment ce second mode de réalisa-
tion est placé dans le circuit.

En liaison avec la figure 4, le mode de réalisa-
tion de circuit comprend une alimentation 400 pour fournir
de l'énergie sous deux tensions différentes au circuit de
commande de la présente invention. En pratique, l'alimen-

tation fournit du courant par l'intermédiaire d'un fil 402 sous un potentiel de 12 volts en courant continu et du courant par l'intermédiaire d'un fil 404 sous un potentiel de 5 volts en courant continu. On comprendra que ces tensions sont des tensions nominales, choisies en conformité avec les conditions d'alimentation des composants constituant le circuit de commande. Plus spécifiquement, l'alimentation 400 comprend un fusible de ligne 406 par l'intermédiaire duquel le courant alternatif est fourni à un transformateur 408. Le secondaire du transformateur 408 est connecté à un redresseur en pont 410 qui est à son tour couplé par un condensateur de filtrage 412. Une paire de régulateurs de tension 414 et 416 est couplée en série à la borne positive du redresseur 410. Chaque régulateur comprend un condensateur de filtrage de sortie 418 et 420, respectivement. Le régulateur de tension 414 délivre une tension nominale en courant continu de 12 volts et peut être mis en oeuvre en utilisant un circuit intégré dit 7812. Le régulateur 416 fournit nominale-ment une tension de 5 volts en courant continu et peut être mis en oeuvre en utilisant un circuit intégré dit 7805.

Le circuit de commande de la présente invention comprend un premier jeu de bornes d'entrée 422 pour le couplage d'un dispositif capable de fournir une indication de la température du point de réglage, comme cela a été discuté antérieurement. En figure 4, ce dispositif est illustré comme étant un potentiomètre 424 qui peut être réglé manuellement pour donner une indication de la température désirée du point de réglage. Le potentiomètre 424 peut être manuellement ou automatiquement réglé pendant le cycle de charge de la batterie de façon que la température de réglage suive ou se rapproche de la courbe 100 de la figure 2. Dans un autre mode de réalisation, la potentiomètre 424 peut être remplacé par un dispositif

de mesure de densité, capable de mesurer la densité de l'électrolyte de formation d'hydrate, ce qui donne une indication précise de la température de réglage désirée. Dans un autre mode de réalisation, le potentiomètre 424 peut
5 être remplacé par un contrôleur programmable que l'on rencontre dans le commerce, capable de donner une tension de signal qui varie dans le temps en conformité avec des paramètres pré-établis. Un tel dispositif peut être programmé de manière à mettre en oeuvre l'algorithme d'ajus-
10 tement de courbe, illustré par la fonction 102 de la figure 2, ou sinon se rapprocher de la courbe de température 100.

La présente invention comprend en outre des bornes d'entrée 426 pour le couplage à la thermistance 202.
15 Les bornes 426 fournissent une polarisation pour la thermistance par couplage à une source de tension en courant continu, telle que 428, et par l'intermédiaire d'une résistance 430 à la masse. Un signal représentant la température de réglage désirée est acheminé via un fil 432 à la
20 borne négative d'un comparateur 434, alors qu'un signal représentant la température mesurée est transmis via un fil 436 à la borne positive du comparateur 434. La sortie du comparateur 434 sur un fil 438 représente la différence entre la température mesurée ou température réelle
25 et la température de réglage désirée. En d'autres termes, le fil 438 achemine un signal représentant une valeur d'erreur. Cette valeur d'erreur comporte à la fois une grandeur ou valeur absolue et un signe ou polarité. La valeur d'erreur est appliquée à un circuit 440 qui calcule
30 la valeur absolue ou amplitude de l'erreur. L'erreur est également appliquée à l'entrée d'un inverseur 442 qui fournit un signal de sortie qui est l'inverse de l'erreur; en d'autres termes, lorsque le signal d'erreur est positif, la sortie de l'inverseur 442 est négative, et vice-versa.
35 Le signal d'erreur inversé est appliqué via un fil 444 à

circuit d'entraînement 446. Egalement appliqué, via un fil 448, au circuit 446 est le signal d'erreur. Le circuit d'entraînement reçoit des impulsions électriques sur un fil 50 pour commander le servo-moteur 90. Le
5 circuit 446 dirige ces impulsions soit vers la borne 92 de rotation dans le sens des aiguilles d'une montre, soit vers la borne 94 de rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre en conformité avec le signe ou polarité de la valeur d'erreur. Le circuit 446 peut
10 être mis en oeuvre en utilisant des commutateurs analogiques tels que des circuits intégrés dits CD4016.

Le circuit de valeur absolue 440 est également mis en oeuvre en utilisant des commutateurs analogiques tels que des circuits intégrés CD4016 interconnectés com-
15 me représenté en figure 4. Quatre commutateurs analogiques constituent le circuit 440 qui répond au signal d'erreur présent sur le fil 452 et son inverse présent sur un fil 454 de manière à appliquer le signal de température réelle à partir du fil 436 et la température de réglage
20 désirée à partir du fil 432 aux bornes positive ou négative d'un amplificateur d'erreur 456. La sortie de l'amplificateur 456 fournit un signal d'erreur proportionnel à la valeur absolue, ou amplitude de la différence entre la température mesurée réelle et la température de réglage
25 désirée. Ce signal de valeur absolue est appliqué par l'intermédiaire d'un fil 458 à un circuit convertisseur tension/fréquence 460. La sortie du convertisseur 460 sur un fil 462 comprend un signal oscillant dont la fréquence varie en fonction du signal d'amplitude d'erreur présent
30 sur le fil 458. Ce signal oscillant à fréquence variable est appliqué à un circuit monostable 464 qui produit une série d'impulsions de largeur de préférence fixe, mais de période variable entre impulsions, en conformité avec la fréquence du signal oscillant du fil 462. La sortie
35 du circuit 464 est appliquée via un fil 450 au circuit

d'entraînement 446 où les impulsions produites sont dirigées vers l'une ou l'autre borne de rotation dans le sens des aiguilles d'une montre ou dans le sens inverse du servo-moteur 90. Des relais à l'état solide 466 et 468
5 répondent aux impulsions produites par le circuit 464 pour fournir la tension d'accroissement nécessaire et/ou le courant permettant d'entraîner le servomoteur 90.

En fonctionnement, le circuit ainsi décrit en liaison avec la figure 4 exécute les étapes illustrées en
10 figures 3 et 6. Ce mode de réalisation correspond essentiellement au diagramme de temps de la figure 5.

La présente invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation qui viennent d'être décrits, elle est au contraire susceptible de modifications et de variantes qui apparaîtront à l'homme de l'art.
15

- 21 -

ANNEXETABLEAU 1

```

1240 POUR I' = 1 à 9 TEMP
1250   SI A(I' +3,1)<0,2 ALORS R2(I')=99,9 ALLER A 1280
1260   SI A(I' +3,1)>4,8 ALORS R2(I')=-99,9 ALLER A 1280
1270   R2(I')=4007,86/(LOG(A(I' +3,1)*2,326667/(5,
      -A(I' +3,1))) +13.44196)-278.
1280 ENSUITE I'

29100 EQUIL T GLYC COURBE D'AJUSTEMENT
29110 X9=S(26)*R1(8)+S(27)
29120 SI X9<S(25) ALORS S(21)=S(25)
29125 SI X9>=S(25) ALORS S(21)=X9
29130 RETOUR
29190 F

29200 TEMP COM. SERVO
29210 X3=MINUTERIE
29215 X4=(X6+S(22)*X8) SI X4=0 ALORS X4=0,001
29220 X1=S(23)/ABS(X4)
29230 SI X3-X2<X1 ALORS ALLER A 29270
29240 SI SGN(X4)=-1 ALORS POINT (2,3)=1 ATTENDRE, 25 POINT
      (2,3)=0
29250 SI SGN(X4)=+1 ALORS POINT (2,4)=1 ATTENDRE, 25 POINT
      (2,4)=0
29260 X2=MINUTERIE
29270 RETOUR
29290 F

```

- 22 -

REVENDICATIONS

- 1 - Procédé de commande de la température à l'intérieur d'une batterie métal-halogène d'un type comportant une alimentation en solution de formation d'hydrate; un premier circuit de fluide de refroidissement pour un échange de chaleur avec la solution et un moyen pour extraire la chaleur du premier circuit de fluide de refroidissement comprenant un moyen de réfrigération, un second circuit de fluide de refroidissement pour transférer la chaleur au moyen de réfrigération et un moyen de valve de mélange proportionnel pour accoupler les premier et second circuits de fluide de réfrigération, caractérisé en ce qu'il comprend :
- la détermination de la température de la solution;
 - la détermination de la température d'un point de réglage en conformité avec des mesures indicatrices de la concentration de la solution en hydrate;
 - la comparaison de la température de la solution avec la température de réglage de manière à produire une valeur d'erreur ayant une amplitude et un signe;
 - la production d'impulsions électriques à des intervalles de temps variant en conformité avec l'amplitude de la valeur d'erreur; et
 - la commande du moyen de valve de mélange proportionnel en conformité avec les impulsions électriques et le signe de la valeur d'erreur, d'où il résulte la commande du degré d'accouplement entre les premier et second circuits de fluide de refroidissement.
- 2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le moyen de valve de mélange proportionnel comprend un moyen de servomoteur, et l'étape de commande du moyen de valve de mélange proportionnel comprend la commande du moyen de servomoteur en conformité avec les impulsions électriques.

- 23 -

3 - Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le moyen de servomoteur est bi-directionnel ayant un moyen d'entraînement dans le sens des aiguilles d'une montre et un moyen d'entraînement dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, et en ce que l'étape de commande du moyen de valve de mélange proportionnel comprend l'entraînement sélectif du servomoteur dans le sens des aiguilles d'une montre ou dans le sens inverse des aiguilles d'une montre en conformité avec le signe de la valeur d'erreur.

4 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de détermination de la température de la solution comprend la détection de la température du premier circuit de fluide de refroidissement.

5 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de détermination d'une température de réglage comprend le calcul d'une température de réglage estimée sur la base de la température de la solution.

6 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de production d'impulsions électriques comprend :

- la mesure d'un temps écoulé par rapport à une impulsion électrique précédente;

- le calcul d'un temps de point de réglage en fonction de la valeur d'erreur;

- la comparaison du temps du point de réglage au temps écoulé; et

- la production d'une impulsion électrique en réponse au résultat de la comparaison du temps du point de réglage et du temps écoulé.

7 - Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que le temps du point de réglage est inversement proportionnel à la valeur d'erreur.

8 - Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que le temps du point de réglage est calculé par

- 24 -

calcul d'une valeur intermédiaire sous forme d'une fonction linéaire de la valeur d'erreur; et calcul du temps du point de réglage sous forme de fonction inversement proportionnelle de la valeur intermédiaire.

5 9 - Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comprend en outre l'essai de la valeur intermédiaire et le changement de la valeur intermédiaire par un incrément prédéterminé si cette valeur intermédiaire est égale à zéro.

10 10 - Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que le temps du point de réglage est inversement proportionnel à l'amplitude de la valeur intermédiaire.

15 11 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de détermination de la température de la solution comprend la mesure de la température à l'intérieur du premier circuit de fluide de refroidissement en un point en communication thermique avec la solution.

20 12 - Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il comprend en outre le filtrage de la température mesurée.

25 13 - Dispositif de commande de la température à l'intérieur d'une batterie métal-halogène du type ayant une alimentation en solution de formation d'hydrate; un premier circuit de fluide de refroidissement pour un échange de chaleur avec la solution et un moyen pour extraire la chaleur du premier circuit de fluide de refroidissement comportant un moyen de réfrigération, un second
30 circuit de fluide de refroidissement pour transférer la chaleur au moyen de réfrigération et un moyen de valve de mélange proportionnel pour accoupler les premier et second circuits de fluide de refroidissement, caractérisé en ce qu'il comprend :

35 - un moyen pour déterminer la température de

- 25 -

la solution et produire un signal de température;

- un moyen pour produire un signal de point de réglage;

5 - un moyen de comparaison répondant au signal de température et au signal de point de réglage pour produire un signal d'erreur ayant une amplitude et un signe;
 - un moyen pour produire des impulsions électrique à des intervalles de temps variant en conformité avec l'amplitude du signal d'erreur; et

10 - un moyen de commande répondant au signe du signal d'erreur pour appliquer les impulsions électriques au moyen de valve de mélange, ce qui a pour effet de commander le degré d'accouplement entre les premier et second circuits de fluide de refroidissement.

15 14 - Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que la valve de mélange proportionnel comprend un moyen de servomoteur pour actionner sélectivement la valve vers des positions correspondant à un plus grand accouplement et des positions correspondant à un
20 plus petit accouplement.

 15 - Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que le moyen permettant de déterminer la température de la solution comprend un moyen de thermistance.

25 16 - Dispositif selon la revendication 15, caractérisé en ce que le moyen de thermistance est disposé en communication thermique avec le premier circuit de fluide de refroidissement.

 17 - Dispositif selon la revendication 15, caractérisé en ce que le moyen de thermistance est disposé en
30 communication thermique avec la solution de formation d'hydrate.

 18 - Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que le moyen de production d'un signal de
35 réglage comprend un moyen d'ordinateur numérique.

- 26 -

19 - Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que le moyen de production d'un signal de réglage comprend un moyen pour fournir un signal de référence de point de réglage variable avec le temps écoulé.

5 20 - Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que le moyen de production d'un signal de point de réglage comprend un moyen pour indiquer la concentration en hydrate de la solution et pour fournir un signal de référence de point de réglage en conformité
10 avec la concentration en hydrate.

21 - Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que le moyen de comparaison comprend un moyen d'amplificateur ayant des moyens d'entrée d'inversion et de non-inversion, recevant le signal de température et le
15 signal de point de réglage.

22 - Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un moyen de production de valeur absolue répondant au signal de température et au signal de point de réglage pour produire un signal
20 d'amplitude représentatif de l'amplitude du signal d'erreur.

23 - Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un moyen d'entraînement recevant le signal d'erreur pour commander le moyen de
25 valve de mélange en conformité avec la polarité du signal d'erreur.

24 - Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que le moyen de commande comprend un moyen de production de signal oscillant répondant au signal d'erreur.
30

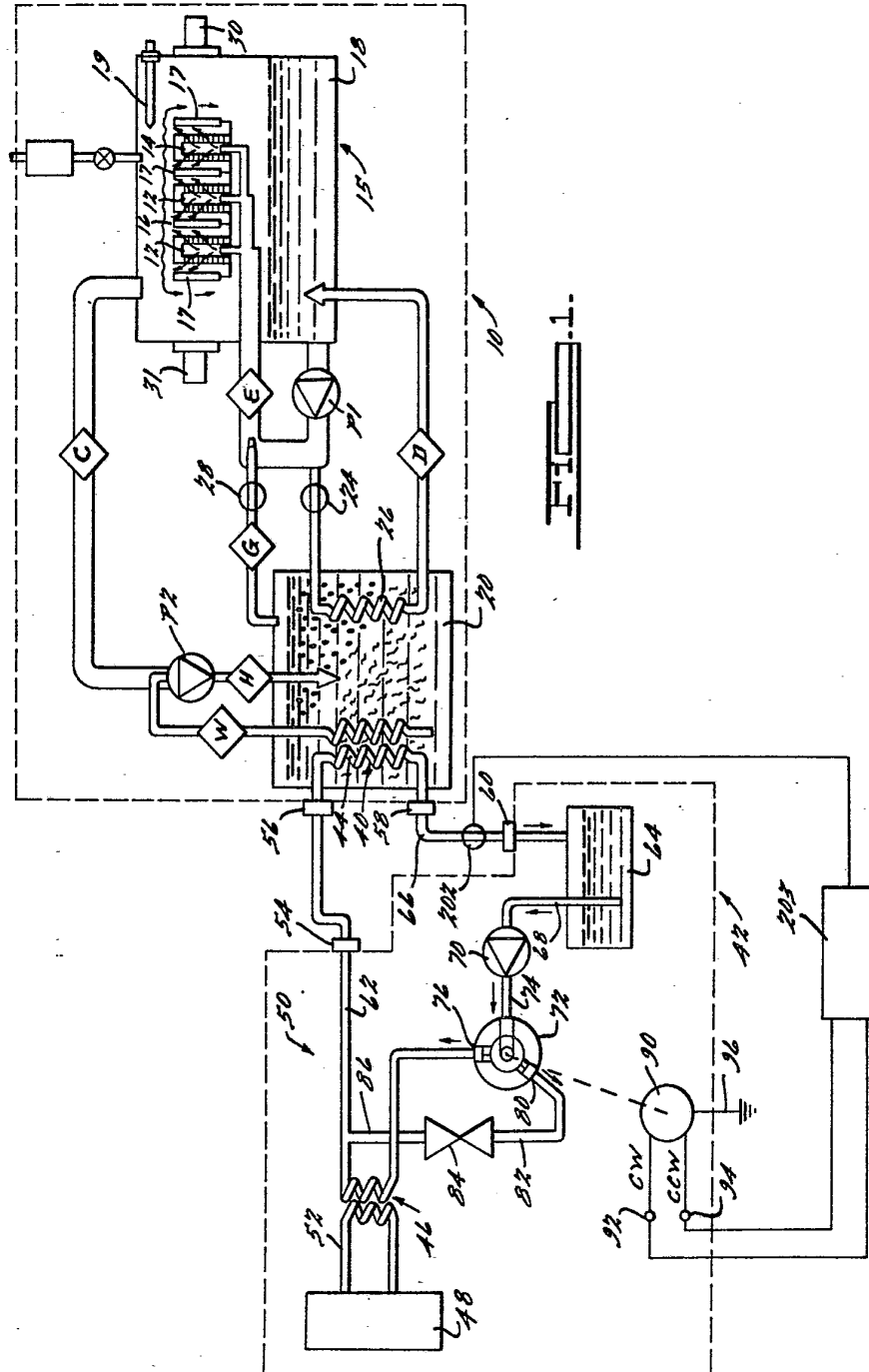
25 - Dispositif selon la revendication 24, caractérisé en ce que le moyen de production de signal oscillant comprend un moyen de convertisseur tension/fréquence.

26 - Dispositif selon la revendication 24, caractérisé en ce que le moyen de commande comprend en outre un
35

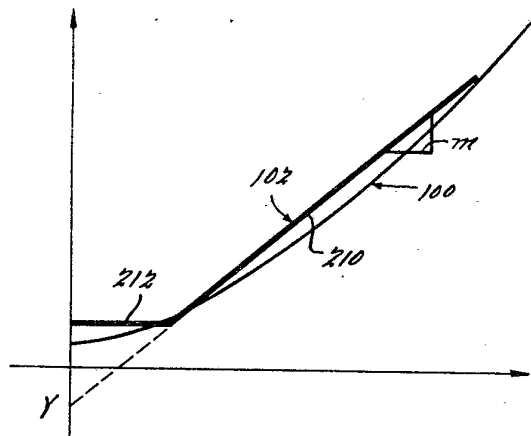
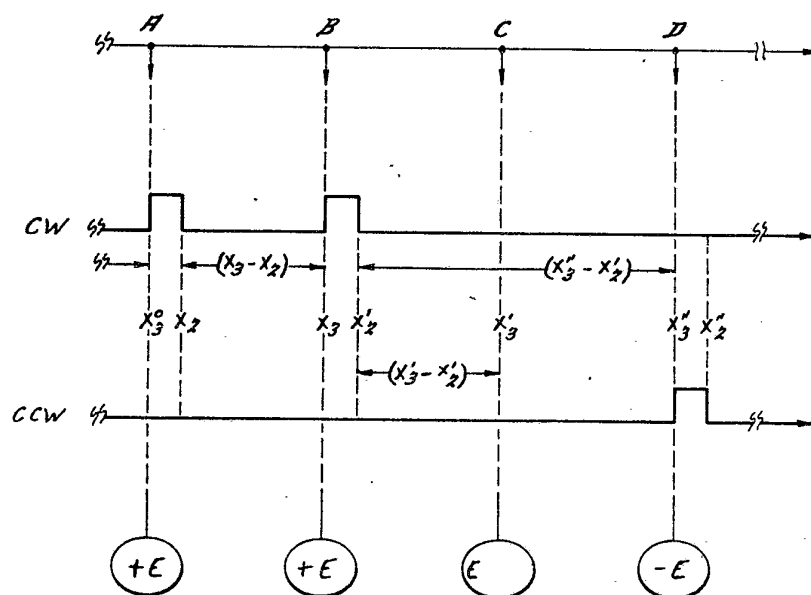
- 27 -

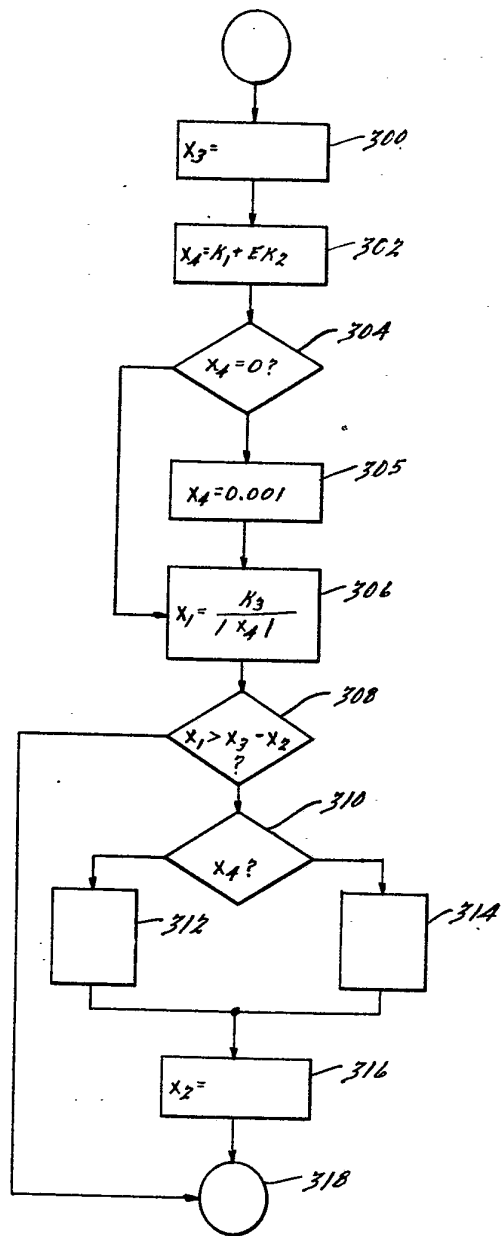
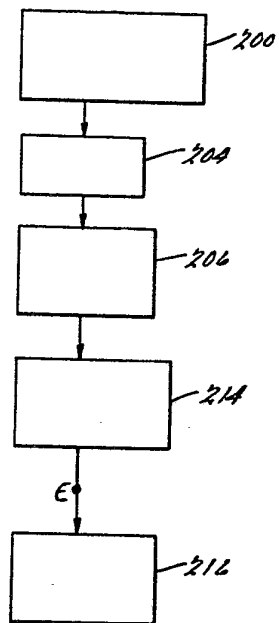
moyen générateur d'impulsion répondant au moyen de production de signal oscillant.

27 - Dispositif selon la revendication 26, caractérisé en ce que le moyen générateur d'impulsion comprend
5 un moyen monostable.



2/4

FIG. 2.FIG. 5.

FIG. 3.FIG. 6.

