



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑪ CH 657 554 A5

⑤① Int. Cl.⁴: B 23 H 7/04

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

②① Numéro de la demande: 3466/84

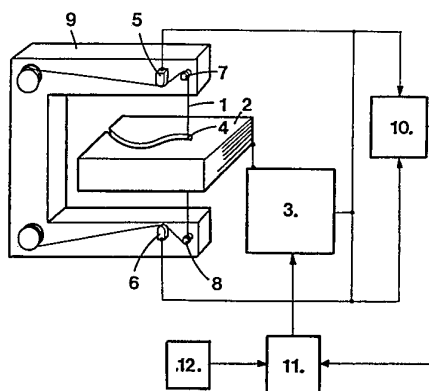
②② Date de dépôt: 17.07.1984

②④ Brevet délivré le: 15.09.1986

④⑤ Fascicule du brevet
publié le: 15.09.1986⑦③ Titulaire(s):
Charmilles Technologies S.A., Genève⑦② Inventeur(s):
Marendaz, Georges-André, Meyrin⑦④ Mandataire:
Pierre Ardin & Cie, Genève

⑤④ Procédé et dispositif pour surveiller les contraintes thermiques d'un fil-électrode sur une machine à électro-érosion.

⑤⑦ Une machine à découper par décharges électriques érosives une pièce-électrode (2) au moyen d'un fil-électrode (1) comporte un circuit (10) capable de détecter dans quelle tranche de la longueur du fil (1) se produit une décharge. Cette information est introduite dans un circuit (11) simulant l'entrée de chaleur sur le fil, sa propagation dans le milieu ambiant et dans les tranches voisines du fil (1). Un signal permettant de varier un paramètre d'usinage est élaboré lorsque cette simulation indique un échauffement anormal d'une des tranches du fil. Ce procédé de protection permet de prévenir une rupture du fil tout en assurant une charge électrique maximale du fil (1).



1. Procédé pour surveiller les contraintes thermiques d'un fil électrode déplacé longitudinalement entre deux guides sur une machine à découper une pièce-électrode par décharges électriques érosives, selon lequel on détecte la présence d'une décharge sur une tranche déterminée de la longueur du fil soumise à l'étincelage, caractérisé en ce qu'il consiste à associer à chaque décharge une grandeur représentative de l'apport de chaleur d'une décharge dans une tranche du fil, à mettre la valeur de cette grandeur en mémoire, à sortir cette valeur de cette mémoire selon une fonction prédéterminée du temps de manière à simuler la déperdition de chaleur dans le fluide d'usinage et à émettre un signal pour varier un paramètre d'usinage dès que la somme des valeurs restées en mémoire atteint un niveau déterminé.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on définit plusieurs tranches sur la longueur du fil soumise à l'étincelage, on associe une mémoire à chacune de ces tranches et on introduit dans les mémoires appartenant aux tranches de fil les plus proches de la tranche où se produit la décharge des valeurs pondérées en rapport avec l'éloignement de ces tranches et/ou le déplacement longitudinal du fil.

3. Dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication 1 comportant un circuit pour détecter la tranche du fil sur laquelle se produit une décharge, caractérisé en ce qu'il comporte un circuit pour mémoriser l'information provenant du circuit de détection, des moyens pour sortir cette information de la mémoire selon une fonction du temps, des moyens pour évaluer le niveau des informations qui restent en mémoire et un comparateur pour émettre un signal dès que ce niveau atteint une limite déterminée.

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comporte pour chaque tranche de fil un registre de transfert pour mémoriser le nombre d'informations détectées sur cette tranche, et un compteur-décompteur pour calculer le nombre d'informations en cours de transfert dans ce registre.

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour introduire, dans les compteurs-décompteurs, des tranches de fil voisines de la tranche où une décharge se produit, une information pondérée en rapport avec l'éloignement de ces tranches voisines et/ou le déplacement longitudinal du fil.

6. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comporte, pour chaque tranche de fil, un circuit transformant l'information provenant du circuit de détection en un signal analogique représentatif de l'énergie d'une décharge, un condensateur pour mémoriser ce signal, un circuit de décharge de ce condensateur et des circuits reliant ce condensateur à ceux des tranches voisines du fil.

7. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comporte un circuit de mesure associé au circuit de localisation des décharges pour donner à chaque décharge une valeur propre à la tranche de fil où s'est produite une décharge, un registre de transfert pour mémoriser ces valeurs, des circuits comparateurs pour calculer les écarts entre chaque valeur mémorisée et la dernière valeur mémorisée dans le registre; et un circuit de comptage du nombre des écarts nuls obtenus par ces comparaisons après chaque nouvelle décharge.

L'invention concerne un procédé et un dispositif pour surveiller les contraintes thermiques d'un fil électrode déplacé longitudinalement entre deux guides sur une machine à découper une pièce-électrode par décharges électriques érosives, selon lequel on détecte la présence d'une décharge sur une tranche déterminée de la longueur du fil soumise à l'étincelage.

Lors de l'usinage suivant ce procédé d'électro-érosion, le fil-électrode est soumis à des contraintes thermiques qui limitent le niveau du courant admissible des décharges et par conséquent la vitesse

d'usinage. Ces contraintes sont, d'une part, l'échauffement par effet joule et, d'autre part, l'apport de chaleur provenant des décharges. Cette dernière contrainte, qui pourrait jouer un rôle important dans le phénomène mal connu de rupture du fil, dépend dans une large mesure de la répartition des décharges sur la longueur active du fil. En effet, une concentration anormale de décharges très rapprochées les unes des autres provoque un échauffement local du fil qui peut être à l'origine de sa rupture.

Des méthodes ont été proposées pour surveiller la répartition des décharges sur la partie active du fil. Par exemple, les demandes de brevet DE-OS 3.026.508 et JP 53-64899 décrivent des circuits qui subdivisent le fil en tranches et qui déterminent la tranche sur laquelle la décharge s'est produite. Un signal est émis lorsqu'un nombre déterminé de décharges successives se sont produites sur la même tranche. Cette méthode connue n'est pas suffisante pour fournir une indication sur l'échauffement réel du fil. En effet, étant donné la fréquence élevée de répétition des décharges et la constante de temps relativement grande avec laquelle la chaleur est évacuée d'une tranche de fil, une température critique peut être atteinte dans cette tranche même si les décharges produites dans cette tranche ne sont pas consécutives. De ce fait, le critère connu du nombre de décharges consécutives est nécessaire, mais pas suffisant pour signaler un échauffement anormal du fil.

Pour éliminer ce défaut, l'idée de l'invention est de surveiller les contraintes thermiques exercées sur le fil au moyen d'un circuit auxiliaire constituant un modèle thermique du fil et de son environnement, ce modèle étant mis sous la dépendance à chaque instant d'un circuit connu de détection de la position de chaque décharge. Le nouveau procédé de surveillance est caractérisé en ce qu'il consiste à associer à chaque décharge une grandeur représentative de l'apport de chaleur d'une décharge dans une tranche du fil, à mettre la valeur de cette grandeur en mémoire, à sortir cette valeur de cette mémoire selon une fonction prédéterminée du temps de manière à simuler la déperdition de chaleur dans le fluide d'usinage, et à émettre un signal pour varier un paramètre d'usinage dès que la somme des valeurs restées en mémoire atteint un niveau déterminé.

On introduit ainsi un nouveau paramètre qui est la vitesse avec laquelle la chaleur est évacuée dans le fil et son environnement; la température d'une tranche de fil dépendra donc du bilan à chaque instant entre l'entrée de chaleur et son évacuation. Ce modèle thermique peut encore être perfectionné par un choix judicieux de la fonction du temps selon laquelle les valeurs mémorisées sortent de la mémoire; et par l'introduction d'une fonction simulant le déplacement longitudinal du fil dans la zone d'étincelage.

Le dessin annexé représente, à titre d'exemple, plusieurs formes d'exécutions du dispositif de surveillance faisant l'objet de l'invention.

La figure 1 illustre le principe d'une machine à usiner par étincelage placée sous le contrôle d'un dispositif selon l'invention.

La figure 2 montre la propagation de la chaleur dans le fil-électrode.

La figure 3 représente un organigramme d'une forme d'exécution du circuit de simulation.

La figure 4 est un schéma fonctionnel d'une autre forme d'exécution du circuit de simulation.

La figure 5 est un schéma détaillé d'une partie de la figure 4.

La figure 6 est un schéma fonctionnel d'une troisième forme d'exécution du circuit de simulation.

La figure 7 est une variante du schéma fonctionnel de la figure 4.

La machine à usiner par étincelage, représentée à la figure 1, comprend une électrode-outil en forme de fil 1 et une électrode-pièce 2, entre lesquelles on applique des impulsions de tensions successives au moyen d'un générateur 3, de manière à produire des décharges dans une zone d'usinage 4 comprise entre ces électrodes.

Le fil 1 est déplacé longitudinalement dans la zone d'usinage en passant sur des contacts 5 et 6 et sur des poulies 7 et 8. Ces éléments sont tous solidaires d'une fourche. Cette fourche 9 et la pièce 2 sont déplacées l'une par rapport à l'autre par des servo-moteurs à com-

mande numérique, non représentés, selon une trajectoire programmée. Le courant d'usinage est amené dans la zone d'usinage par le fil 1 au moyen des deux contacts 5 et 6 disposés de chaque côté de cette zone et connectés à l'une des bornes du générateur 3, l'autre borne de ce générateur étant reliée directement à la pièce 2 à usiner.

Un circuit de détection 10 de la position des décharges est connecté aux contacts 5 et 6 et permet de déterminer la tranche du fil-électrode 1 dans laquelle une décharge a eu lieu. Un circuit de détection utilisable à cet usage est décrit dans la demande de brevet DE-OS 3.026.508. Le dispositif comporte un circuit de simulation 11 qui, 10 établi, au moyen des informations reçues de détection 10 et en fonction des grandeurs caractéristiques du fil 12, un modèle thermique du fil. Un signal de protection est élaboré par le circuit 11 pour agir par exemple sur le générateur d'impulsions 3 de façon à diminuer la puissance des décharges et à éviter une rupture du fil 1.

En référence à la figure 2, ce modèle de simulation devra tenir compte de l'apport de chaleur lors d'une décharge électrique dans une tranche P_i donnée du fil de la propagation de la chaleur dans le milieu ambiant, par exemple dans le fluide d'usinage introduit entre les électrodes. En tenant compte de ces facteurs, le circuit de simulation 11 élabore un signal à chaque fois que la simulation indique un 20 échauffement anormal d'une des tranches du fil. Ce signal est transmis au générateur d'impulsions 3 pour faire varier l'un des paramètres d'usinage, par exemple pour diminuer la fréquence et/ou l'énergie des décharges.

Il est possible d'effectuer cette simulation thermique dans une unité de calcul programmable, tel un microprocesseur ou un ordinateur. L'organigramme pour le calcul d'un modèle très simple est illustré à la figure 3. A chacune des n tranches de la longueur active du fil 1 est attribué un compteur C_i qui est incrémenté d'une certaine 30 quantité $\Delta 1$ pour simuler l'entrée de chaleur à chaque fois que se produit une décharge dans cette tranche donnée. Une nouvelle incrémentation peut être effectuée aussi longtemps qu'un nombre limite C_i max. indiquant un échauffement anormal n'est pas atteint. Lorsqu'un des compteurs totalise ledit nombre limite, un signal est transmis au générateur d'impulsion 3 pour diminuer l'énergie des décharges. Le dispositif comporte en outre une horloge permettant de mesurer un intervalle de temps limite t max. Lorsque, après incrémentation d'un compteur, une durée correspondant audit temps limite s'est écoulé, tous les n compteurs sont décrémentés d'une 40 quantité $\Delta 2$ à des intervalles réguliers correspondant à t max. pour simuler la propagation de la chaleur dans le fluide d'usinage. Les paramètres $\Delta 1$, $\Delta 2$, C_i max. et t max. sont fixés en fonction des conditions d'usinage. Ce modèle très simple ne tient pas compte de la propagation de chaleur entre tranches voisines du fil.

La forme d'exécution digitale du modèle thermique représentée à la figure 4 tient compte en plus de la propagation de la chaleur le long du fil. La ligne a) transmet à toutes les tranches du fil un signal digital codé indiquant celle des tranches où doit être comptabilisée une décharge. Ce signal est appliqué à un circuit de décodage 15 qui le transforme, par exemple au moyen d'un générateur de haute fréquence 16, en trois signaux distincts. Le premier est un train de quatre impulsions haute fréquence, le second un train, par exemple, de deux impulsions, et le troisième comporte une seule impulsion. Ces signaux sont appliqués à un circuit logique de répartition 17 de 50 manière à introduire le train de quatre impulsions dans un registre de transfert 18 correspondant à la tranche de fil où se produit la décharge, à introduire le train de deux impulsions dans les deux registres 18a, 18b appartenant aux tranches le plus proches, et à introduire l'impulsion unique dans les deux registres appartenant aux

tranches situées de part et d'autre de ces tranches les plus proches. De cette façon, on obtient une simulation approchée de l'apport de chaleur d'une décharge dans les tranches du fil les plus proches.

Un compteur avant/arrière 19 permet de totaliser les impulsions 5 introduites dans chaque registre 18. Les impulsions qui sont transférées dans la dernière case de l'un des registres de transfert 18 sont décomptées dans le compteur 19 pour tenir compte de la déperdition de chaleur dans le fluide d'usinage. Le nombre contenu dans chaque compteur 19 représente ainsi approximativement la température de la tranche du fil 1. Ce nombre est comparé dans un comparateur 20 à un nombre de référence 21 représentant la température limite admissible pour cette tranche de fil. Un signal est élaboré dès que ce nombre de référence 21 est atteint.

Ce signal est appliqué à un circuit logique 22, par exemple une 15 porte «ou» dont la sortie est ensuite transmise au générateur d'impulsions 3 pour faire varier l'un des paramètres d'usinage.

L'exemple de réalisation du circuit de distribution 15 illustré à la figure 5 comporte trois bascules 24 à 26 monostables dont les constantes de temps sont ajustées de manière que les portes ET 27 à 29 ne laissent passer que quatre, deux ou une impulsion du signal haute 20 fréquence 16.

Une forme d'exécution analogique du modèle thermique du fil est illustrée à la figure 6. Les signaux émis par le circuit de détection 10 de la figure 1 sont appliqués, par tranche du fil, à une bascule monostable 30 dont la durée et le niveau du signal de sortie sont calibrés en rapport avec l'énergie des décharges. Ce signal de sortie, simulant l'entrée de chaleur sur le fil, charge un condensateur 31. Ce circuit de charge est relié, d'une part, à la masse par l'intermédiaire d'une résistance 32 représentant les déperditions de chaleur dans le fluide d'usinage et, d'autre part, à des résistances 33, 34 connectées 30 entre les circuits des tranches voisines pour simuler la conduction de chaleur le long du fil. La tension de charge du condensateur est comparée à une référence 35 dans un circuit comparateur 36 qui émet un signal dès que cette référence est atteinte. Un circuit démultiplexeur 35 37 récolte ces signaux comme dans le cas du circuit digital de la figure 4.

Pour obtenir une représentation encore plus précise de l'apport thermique au fil, le transfert de chaleur d'une tranche à la suivante, dû au déplacement longitudinal de fil, pourrait aussi être simulé 40 dans le schéma de la figure 4, au moyen par exemple des circuits 15 et 17, par une distribution temporisée des impulsions qui serait adaptée à la vitesse du déplacement longitudinal du fil.

La figure 7 montre une variante du schéma de la figure 4 dans laquelle un seul registre de transfert est utilisé pour mémoriser les 45 tranches de fil dans lesquelles se produit une décharge. Dans ce cas, la grandeur analogique élaborée par le circuit de localisation 10 de la figure 1 est transformée en une grandeur digitale N_i par un convertisseur 40 chaque fois qu'une décharge est produite, et cette grandeur est introduite dans un registre de transfert 41. Des circuits comparateurs C_1 , C_2 , C_3 ... ont leur entrée connectées de manière à com- 50 parer chacun une des grandeurs mémorisées dans le registre 41 avec la dernière grandeur mémorisée dans ce registre. Chaque comparateur émet un signal dès que la comparaison indique une égalité entre ses deux entrées. Le nombre d'égalités détectées par les sorties des 55 comparateurs est calculé par un circuit de comptage 43 dont le nombre n est comparé à un nombre maximal $N_{\max}$ par le comparateur 44. Lorsque ce nombre maximal est atteint, le comparateur 44 émet un signal pour agir sur un paramètre d'usinage, par exemple la puissance des décharges ou la pression du fluide d'usinage dans la 60 zone d'étincelage.

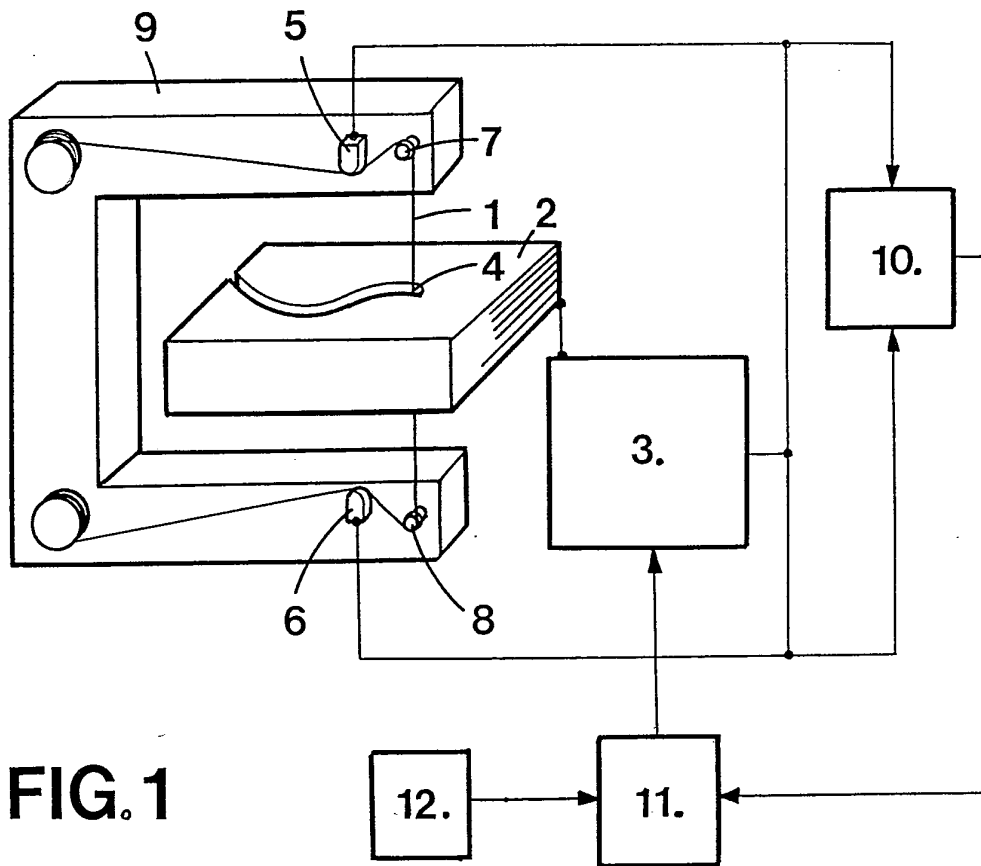


FIG. 2

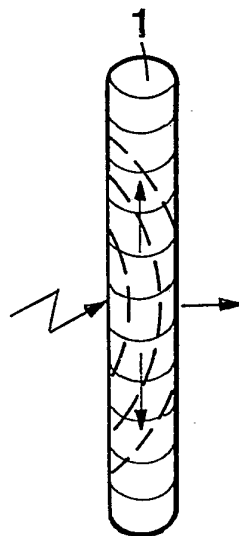


FIG. 3

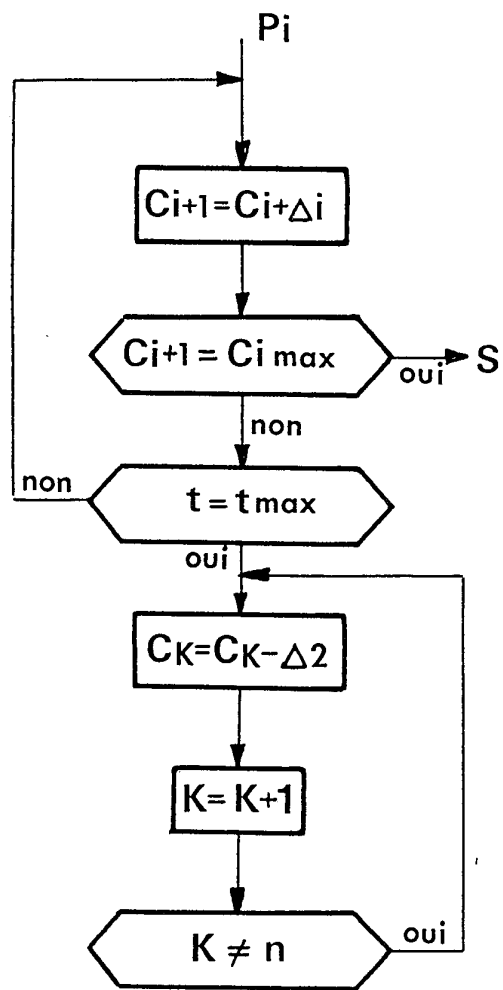
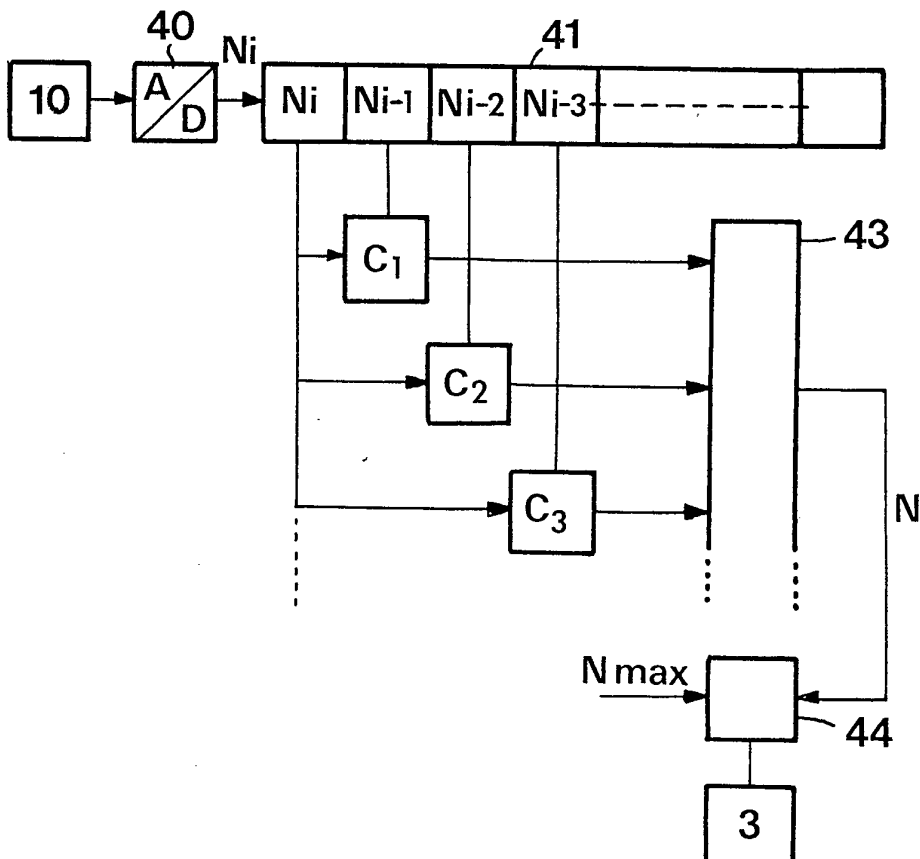


FIG. 7



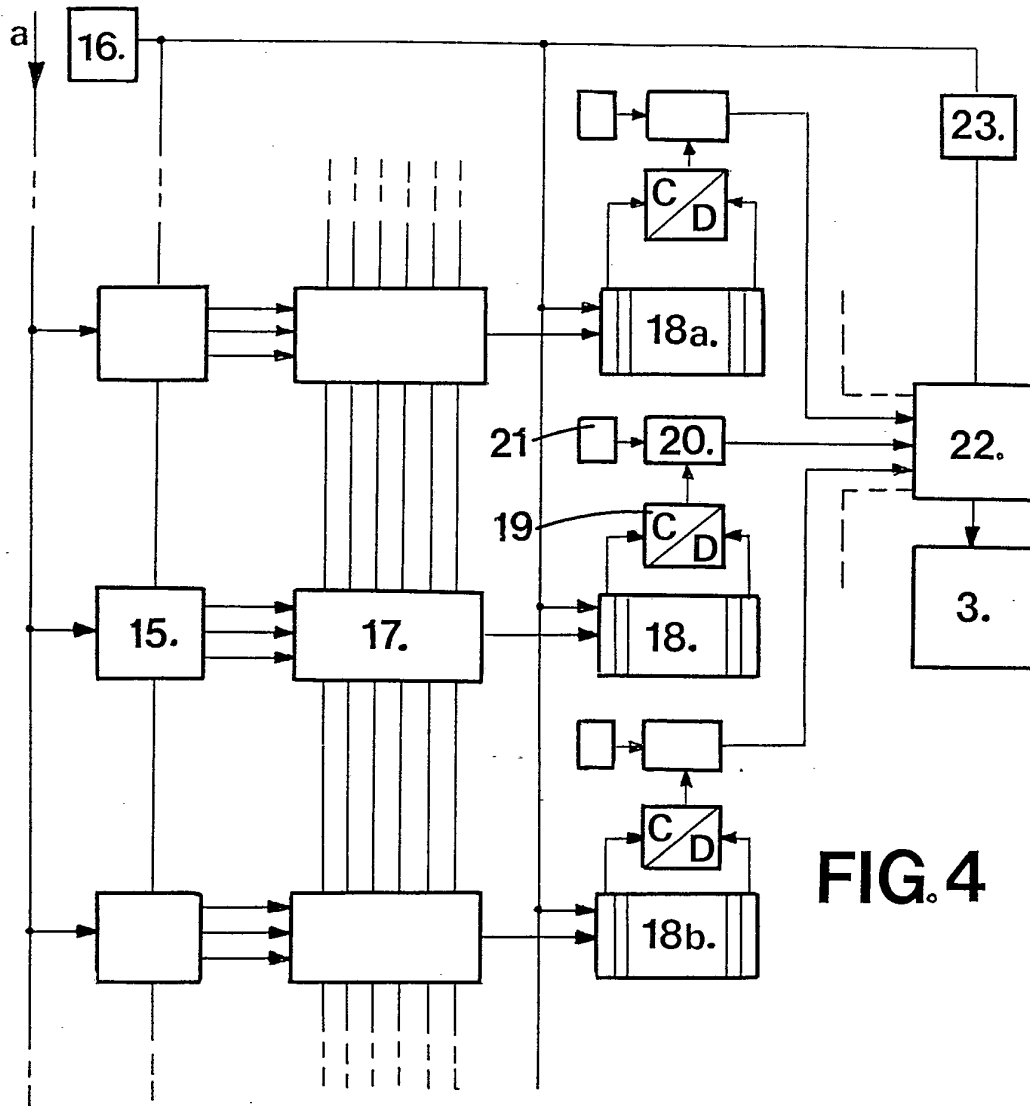


FIG. 4

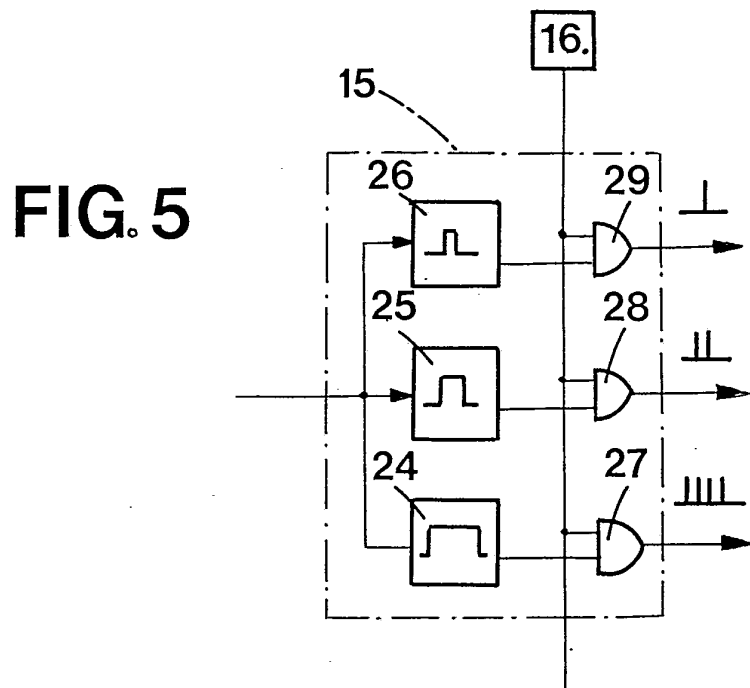


FIG. 5

FIG.6

