

**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: 3964/89

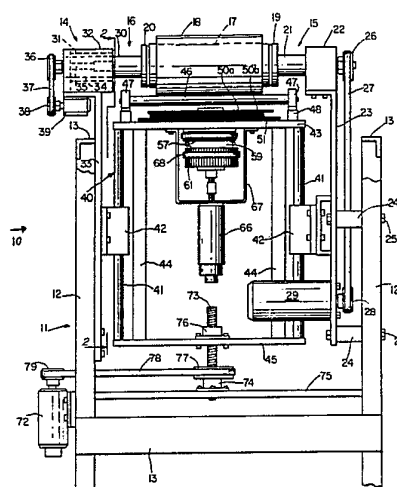
(22) Date de dépôt: 02.11.1989

(30) Priorité(s): 07.11.1988 US 270813

(24) Brevet délivré le: 15.10.1993

(45) Fascicule du brevet
publié le: 15.10.1993(73) Titulaire(s):
Appalachian Electronic Instruments, Inc.,
Ronceverte/WV (US)(72) Inventeur(s):
Nickell, Larry C., Lewisburgh/WV (US)(74) Mandataire:
Bugnion S.A., Genève-Champel**(54) Bobineuse de précision à haute vitesse.**

(57) Elle est utilisée pour enrouler un fil sur un tube (17) pour former un enroulement croisé. Elle comprend une broche (30) pour permettre la rotation du tube (17), des moyens de va-et-vient sur l'enroulement (18) afin de guider le fil amené à travers une zone adjacente au dit tube (17), un rouleau de balancier (46) en contact avec la surface de l'enroulement (18), et des moyens de tension pour varier la tension du fil alimentant le dit moyen de va-et-vient. Les moyens de tension comprennent un entraînement de broche (29), un entraînement de moyen de va-et-vient (66), et un entraînement de pression vers le bas (72), les trois moteurs d'entraînement (29, 66, 72) et leur circuit de commande associé comprennent trois systèmes de moteur indépendants.



Description

La présente invention concerne, d'une manière générale, le bobinage de fils, filaments ou autres textiles, en matières naturelles, artificielles et synthétiques, désignes tous ici par «fils», et en particulier, le bobinage de précision à grande vitesse d'enroulements de fils sur une machine bobineuse de précision ayant une structure de propulsion par hélice pour guider le fil en avant et en arrière entre les extrémités de l'enroulement pendant le processus de bobinage, et comprenant des détecteurs et des réglages pour la régulation de la commande de propulsion, la commande des broches pour la manipulation de l'enroulement de fil, et la commande d'abaissement de pression pour produire un enroulement de grande homogénéité, qui est exempt d'effets de rubanage lors de la mise en œuvre dans des opérations de teinture et autre.

Avant l'époque de l'extrusion continue des filaments, de la testuration, et autres méthodes similaires de production des fils à grande vitesse, les mécanismes traditionnels pour produire le mécanisme de guide-fils va-et-vient pour disposer un fil sur un enroulement, comprenaient une couronne dentée rainurée, soit avec le fil engagé directement, soit comportant un guide-fil, de façon à provoquer un mouvement transversal de va-et-vient. La vitesse de fonctionnement de ces mécanismes et l'uniformité des enroulements obtenus par ces mécanismes étaient limitées.

Par suite du développement récent des procédés de production rapides de fil, la demande s'est faite pressante pour des bobineuses ayant une vitesse de fonctionnement beaucoup plus élevée. Une forme de mécanisme de guide-fils va-et-vient, proposée pour les bobineuses rapides de ce type, comprend des guides-fils en forme de fente, montés sur des éléments d'entraînement à faible écartement, se déplaçant en direction opposée d'un bout de la course à l'autre, de sorte que le fil est transporté d'une extrémité du guide-fils va-et-vient à l'autre, par un guide-fils, et il est transféré sur un autre guide-fil de façon à être ramené dans la direction opposée. Ceci évite les problèmes d'inertie qui étaient inhérents à l'utilisation d'un seul guide-fils qui se déplaçait dans un sens puis dans l'autre, mais crée des problèmes de transfert de fil d'un guide sur l'autre.

Alors que des ensembles d'entraînement impliquant deux éléments de guidage, l'un se déplaçant dans une direction et l'autre dans la direction opposée, ont pris des formes tels que des entraînements par courroie ou par chaîne pour les guides-fils, les déplaçant suivant une ligne droite d'un bout de la course à l'autre, l'utilisation de disques ou pales rotatifs qui agissant comme guides-fils se déplaçant d'un bout à l'autre de la course, le long d'un arc de cercle, sont devenus largement utilisés. Ces guides-fils du type disque ou pale rotatif se déplacent suivant un trajet continu, sans changement brutal de vitesse ou de direction, de sorte que les seuls problèmes d'inertie sont en rapport avec l'inertie du fil lui-même à chaque point d'inversion. Il faut veiller toutefois à maintenir un contrôle serré sur le fil lorsqu'il est transféré d'un disque ou pale guide-fil sur l'autre, de manière à éviter le pincement du fil, ce qui pourrait en détériorer la qualité. Un contrôle complet du fil pendant le transfert d'un élément d'entraînement sur l'autre est toutefois essentiel.

Un des types les plus largement utilisés de systèmes de bobinage croisé utilisé dans l'industrie textile est du type décrit dans le brevet US 3 823 886, de Maschinenfabrik Schärer, qui implique des premier et second guides-fils du type à hélice ou à pale, rotatifs suivant des directions opposées autour d'axes de rotation respectifs qui sont décalés entre eux, associés à des éléments de guidage de formes respectives essentiellement circulaires, prévus pour chacun des guides-fils, centrés sur les axes respectifs des guides-fils de façon que les trajets des guides se coupent en une paire de points diamétralement opposés de manière à chevaucher les guides-fils en ces points. D'autres dispositifs de guides-fils va-et-vient de ce type général, impliquant l'utilisation de guides de type à pale ou hélice rotative, sont décrits dans les brevets US n° 4 561 603 du 31 Décembre 1985, n° 4 585 181 du 29 Avril 1986 et n° 4 646 983 du 3 Mars 1987, tous de Barmag Barmer Maschinenfabrik A.G.

Il était d'usage jusqu'à présent, par exemple dans les bobineuses Scherer, de tenter l'ajustement du bobinage de manière à obtenir l'uniformité des enroulements par régulation d'un moteur d'entraînement qui entraîne les pales ou hélices des guides-fils et la broche d'enroulement. Il s'est avéré cependant que cet agencement ne permet pas une régulation suffisante des divers paramètres affectant l'uniformité de la densité de l'enroulement de fil, pour produire l'uniformité d'enroulement de fil désirée selon laquelle les enroulements sont exempts de formation de ruban lorsqu'ils sont soumis à l'opération de teinture, et présentent cette uniformité jusqu'au bout des enroulements de façon que les couches intérieures de fils ne soient pas à rejeter. Or on a découvert que si l'on prévoit des moteurs d'entraînement séparés avec des systèmes d'entraînement commandés séparément pour la commande de la broche, la commande de l'hélice, et une commande à pression vers le bas, fournissant ainsi trois systèmes de moteur indépendants, qui peuvent être commandés séparément, on peut ajuster et réguler le pas et la tension correctement pendant le bobinage de l'enroulement, de façon à maintenir la densité de fil ou la tension souhaitées dans tout l'enroulement, et assurer l'absence de formations de ruban pendant le bobinage de l'enroulement, ces formations pouvant être dommageables pendant l'opération de teinture.

L'invention sera mieux comprise en regard des dessins annexés, dans lesquels les figures représentent:

fig. 1: une vue en élévation de la bobineuse de fil selon la présente invention, représentant des par-

ties de bâti avec les composants associés à la production des enroulements de fils, les parties basses du bâti n'étant pas représentées;

fig. 2: une vue en coupe verticale de la bobineuse, suivant la ligne 2-2 de la fig. 1;

fig. 3: une vue en coupe horizontale représentant la face inférieure de la plateforme mobile portant les éléments de propulsion et le guide-fil et la commande pour ces éléments, suivant la ligne 3-3 de la fig. 2;

fig. 4: une vue plan de la plateforme portant les éléments d'hélice et les éléments de guidage fixes associés, ainsi que le rouleau de balancier et ses supports;

fig. 5: une vue en coupe verticale représentant le mécanisme de commande du rouleau de balancier et de l'hélice guide-fil et le moteur d'entraînement associé, suivant la ligne 5-5 de la fig. 4;

fig. 6: une vue en perspective éclatée du mécanisme d'hélice du guide-fil et de sa plateforme de support, ainsi que les composants de commande associés;

fig. 7: une vue fragmentaire de face représentant une forme de mécanisme de tension de fil du dispositif;

fig. 8: une vue en élévation de côté du tendeur de fil;

fig. 9: une vue en coupe horizontale suivant la ligne 9-9 de la fig. 8;

fig. 10: une vue schématique d'un circuit de dynamomètre typique pour le traitement des signaux provenant d'un dynamomètre, associé à une des conditions détectées dans la bobineuse, selon la présente invention, tel que le dynamomètre du rouleau de balancier;

fig. 11: un schéma-bloc du système de commande de la bobineuse;

fig. 12: un schéma-bloc d'un régulateur de moteur proportionnel, à dérivation intégrale (PID), pour le système de commande de la bobineuse; et

fig. 13: un schéma-bloc d'une unité de convertisseur numérique-analogique (DAC) typique pour le système de commande de la bobineuse.

Sur les figures, les indices identiques désignent des parties correspondantes sur les différentes figures. En particulier, sur les fig. 1 et 2, la bobineuse de fil de précision à grande vitesse selon l'invention est désignée généralement par 10 et comprend, dans un mode de réalisation préféré, un bâti de support 11 formé essentiellement de profilés angulaires en fer, comprenant des profilés verticaux principaux 12, et des profilés horizontaux 13 s'étendant entre les précédents et fixés aux profilés verticaux 12. A proximité de la partie d'extrémité supérieure du bâti principal 11, se trouve un ensemble de support d'enroulement de fil désigné par 14, comprenant un sous-ensemble de tête 15 en liaison avec un tube entraîné, et un ensemble de tête 16 associé, mobile axialement, fournissant une contre-pointe pour le tube d'enroulement de fil 17 sur lequel l'enroulement de fil 18 doit être enroulé. Les ensembles de tête 15 et 16 comprennent chacun une tête tronconique 19 et 20, respectivement adaptées à s'emboîter partiellement dans le centre creux du tube d'enroulement de fil 17, en renfermant entre eux le tube 17 et l'enroulement de fil 18. La tête menée 19 est fixée sur une broche cylindrique 21 montée dans un bloc de palier 22 fixé sur un bras de support 23 porté par le bâti principal fixe 11, par exemple au moyen d'écarteurs 24 et de boulons 25 reliés aux profilés verticaux 12 sur un côté du bâti ou à des éléments transversaux horizontaux s'étendant entre eux. L'extrémité de la broche 21, opposée à la tête menée 19, dépasse du bloc de palier 22 et porte une poulie 26 entraînée par une courroie 27 passant sur la poulie 26 et autour d'une poulie menée de sortie 28 sur l'arbre de sortie du moteur de commande 29 de la broche. Le moteur de commande de la broche 29 peut être porté également par le bras de support 23.

La tête opposée ou contre-pointe 20 forme un support amovible pour le tube d'enroulement de fil 17 et elle est portée en rotation par un élément de broche 30 rétractable et retournable, par exemple des paliers à roulement, portant de manière rotative une tête de support de tube 20 tronconique sur l'élément de broche 30. L'élément de broche 30 est porté pour un déplacement axial entre une position prolongée, de support de tube, telle qu'illustrée à la fig. 1, et une position rétractée d'enlèvement de tube dans une douille de glissement linéaire 31 disposée dans un bloc de support 32 porté par un autre bras de support 33 se prolongeant à partir du bâti 11, l'élément de broche 30 étant muni d'un écrou interne 34 fileté sur une tige filetée 35 qui fait saillie depuis le bloc de support 32 sur la face opposée de la tête de support de tube 20. Une poulie 36 est prévue sur la tige filetée 35, entraînée par une courroie 37 passant autour d'une poulie menée 38 sur l'arbre de sortie d'un moteur 39 à courant continu, fonctionnant sur un mode de couple constant, et formant un moteur d'enlèvement des bobines pour rétracter ou enlever un enroulement complet 18 et son tube associé 17 lorsque la bobine est complètement enroulée. L'énergisation du moteur d'enlèvement 39 effectue la rotation de la tige filetée 35 à travers le système de poulies 38, 36 et la courroie 37, provoquant l'entraînement de la vis 34, portée par l'élément de broche 30, par les filetages de la tige 35, dans une direction permettant le retrait axial de l'élément de broche 30 et de la tête de support de tube 20 par l'intermédiaire d'un déplacement d'environ 3,81 cm (1,5 pouce), retirant la tête de support de tube 20 de contre-pointe de sa relation de support avec le tube permettant au tube 17 et à la bobine 18 d'être enlevé ou retiré. Un nouveau tube de bobinage vide 17 est remis en place par ajustement d'une extrémité du nouveau tube vide 17 sur la tête de support de tube associé 19 et activant le moteur d'enlèvement 39 pour entraîner en rotation la tige filetée 35 et entraîner axialement l'élément de broche 30 dans la tête de support de tube 20 à travers une course de retour vers la position de support de tube représentée à la fig. 1.

Un bâti secondaire amovible 40 est guidé suivant un mouvement de va-et-vient vertical dans le bâti principal 11 entre les éléments de bâti verticaux 12, par exemple par des tiges de guidage verticales 41 coulissant dans des manchons de guidage ou pattes 42 fixés en des points appropriés du bâti principal 11. Le bâti secondaire déplaçable verticalement comprend une plateforme supérieure 43 de support pour le rouleau de balancier et l'hélice du guide-fil à l'extrémité supérieure du bâti secondaire 40, relié par des éléments de bâti secondaire verticaux 44 à un élément de bâti secondaire horizontal inférieur 45 pour former un bâti secondaire amovible unitaire qui peut être soulevé et abaissé comme on le souhaite pendant que la bobine de fil 18 est formée sur le tube 17. La plateforme supérieure 43 porte un rouleau de balancier 46 portée par des pattes de support 47 à ses extrémités opposées, dont au moins une est portée par un dynamomètre 48 monté sur la face supérieure de la plateforme 43 et disposé entre la face tournée vers le haut de la plateforme 43, et les faces inférieures des pattes de support 47 du rouleau de balancier. Le montage du rouleau de balancier 46 sur le dynamomètre 48 et le circuit de traitement associé aux signaux de sortie de ces dynamomètres produisent un système de détection et de commande de pression vers le bas, comme décrit plus loin en détails, pour maintenir des propriétés de pression vers le bas appropriées réagissant à la pression de la bobine sur le rouleau de balancier et provoquant l'élévation et l'abaissement de la plateforme 43 par rapport à l'axe de la broche pour maintenir un bobinage approprié. Le dynamomètre 48 peut être du type commercialisé par Transducer Techniques, Inc. of Rancho, California, décrit comme un dynamomètre plat, comprenant des transducteurs jauges de contrainte fournissant un signal de sortie proportionnelle à la charge sur un élément, qui dans ce cas est le rouleau de balancier 46. Ceci procure une sortie de signal très précise et fiable, indiquant la pression vers le bas de la bobine de fil sur le rouleau de balancier, par fourniture d'une structure de poutre ou similaire ayant des surfaces de montage appropriées pour une pluralité de jauges de contrainte électriques et utilisant les jauges de contrainte électriques transductives pour mesurer les contraintes de cisaillement provoquées par les charges appliquées. L'effet transductif d'une jauge de contrainte permet une translation précise entre un montant de contrainte donné imposé à une surface par une charge et son équivalent électrique, résultant en une mesure de contrainte précise. Une jauge de contrainte du type feuille, semiconducteur ou autre peut être utilisée avec succès pour fournir une telle mesure de contrainte de cisaillement. Généralement les jauges de contrainte sont montées en un réseau de pont de Wheatstone pour fournir une sortie correcte. Les principes de la jauge de contrainte utilisée peuvent être similaires à ceux décrits dans les brevets US antérieurs 3 927 560 et 4 127 001, comme exemples typiques.

La plateforme de translation verticale 43 du bâti secondaire amovible 40 porte également une paire de pales de guidage de fil ou hélices 50a, 50b tournant en directions opposées suivant des trajets appropriés immédiatement au-dessus de la barre de guidage de fil 51 incurvée fixée à la plateforme de translation verticale 43 et ayant un bord actif 52 à courbure convexe, franchissant une zone de déplacement de fil ayant une largeur appropriée entre une paire de rails de guidage 53, 54 d'ajustement d'extrémité. Comme le comprendront certainement les spécialistes, les pales d'hélice de guide-fil 50a, 50b et la barre de guide-fil fixe 51 et les rails de guidage 53, 54 de commande de fin forment un poste d'enroulement de fil dans lequel l'hélice et la pale supérieures de guidage de fil 50a, comme le montre le mieux la fig. 4, traversent le fil, indiqué en 55, depuis le sommet jusqu'au fond (comme représenté à la fig. 4) ou de droite à gauche, comme représenté à la fig. 1, le long de l'enroulement 18, et, après le transfert sur l'hélice ou pale de guidage 50b, alors que le mouvement de libération du fil hors du système de pale est empêché par le rail de guidage 54 de commande de fin, à l'extrémité inférieure ou gauche du champ de déplacement de fil, le fil 55 est amené de nouveau à l'extrémité supérieure ou de droite où il est de nouveau retransféré sur l'hélice ou pale de guide-fil 50a.

Le mécanisme d'entraînement des hélices ou lames de guide-fils 50a, 50b comprend un arbre d'hélice 56 monté en rotation autour d'un axe vertical, qui est fixé à la pale ou hélice 50a supérieure et s'étend à travers un orifice central de la pale ou hélice inférieure 50b. La pale ou hélice inférieure 50b est fixée à un élément de poulie supérieur 57, ayant la forme d'une coupelle ou cylindre creux ouvert vers le bas, comportant une partie de collier centrale 57a encerclée par des ensembles de paliers à roulement 58 dont les parties extérieures sont portées par un prolongement 59a d'un boîtier de palier 59, dont la partie inférieure porte la partie extérieure de l'ensemble de palier de roulement 60 encerclant et monté sur le montant central ou partie de broche 61a de la poulie inférieure 61. Les ensembles de palier 58, 60 sont emprisonnés dans le boîtier de palier 59 par des anneaux de retenue 62 et l'orifice central 57b de la partie de collier central 57a de la poulie supérieure 57 présente un diamètre suffisamment grand pour permettre la rotation de la poulie supérieure 57 autour d'un axe excentrique A2 disposé de manière excentrique par rapport à l'axe verticale A1 qui s'étend à travers les centres de l'arbre d'hélice 56 et de la poulie inférieure 61. L'extrémité inférieure de l'arbre d'hélice 56 entraînant l'hélice ou pale supérieure 50a est fixée de manière à empêcher la rotation relative dans la formation de douille dans la partie de broche ou de montant central 61a de la poulie inférieure 61, et la poulie 61 est couplée par un anneau de verrouillage 63 et un écrou de verrouillage 64 à l'arbre moteur 65 du moteur d'entraînement 66 de l'hélice ou pale.

Le moteur 66 est monté au moyen d'un chevalet suspendu 67, dépendant de la plateforme 43, ses montants verticaux étant écartés vers la périphérie extérieure des poulies supérieure et inférieure 57, 61, ayant une relation excentrique. Les surfaces externes des poulies cylindriques 57, 58 sont pourvues

de dents s'imbriquant dans des espaces aménagés sur la courroie dentée sans fin 68, qui est passée sur la poulie inférieure 61, menée directement par l'arbre de sortie du moteur d'entraînement d'hélice 66, la disposition du système de courroie étant telle que la poulie supérieure 57 est entraînée en rotation inverse. On obtient cet effet en passant la courroie 68 autour d'une poulie ou d'une paire de poulies folles sur un arbre d'interconnexion, représenté en 69, montées en rotation dans un bloc de palier 70, et faisant saillie des deux extrémités de celui-ci, fournissant ainsi des parties d'extrémité sur lesquelles passe la courroie, la partie supérieure de la courroie décrivant une ligne horizontale immédiatement au-dessus de la poulie folle 69 et entourant et s'imbriquant dans les dents sur la périphérie extérieure de la poulie supérieure 57.

Le bâti secondaire 40 entier est capable de mouvement de va-et-vient vertical, en réponse à des signaux de pression vers le bas émis par le rouleau de balancier 46 et les dynamomètres 48, et leur circuits associés, qui activent un moteur de commande de pression vers le bas ou un moteur de positionnement de plateforme 72 monté sur le bâti principal 11. Le mouvement vertical du bâti secondaire 40 et de la plateforme de translation verticale 43 est obtenu, dans un mode de réalisation préféré, par un assemblage de vis et d'écrou Acme, comme il est indiqué par la vis de retardement 73 montée en rotation à sa partie inférieure dans un palier 74 porté par une poutre horizontale fixe 75 attachée à, et formant partie intégrante du, bâti principal 11 et traversant le boulon 76 porté par l'élément transversale inférieur 45 du bâti secondaire 40 verticalement amovible. La vis Acme 73 est menée par une poulie 77 fixée pour éviter la rotation relative de la vis d'entraînement 73, la vis clavettée sur la vis d'entraînement, qui est entraînée par une courroie 78 passant sur la poulie 77 et la poulie d'entraînement 79 fixée sur l'arbre de sortie du moteur de commande de pression vers le bas 72.

Il est clair, d'après la description ci-dessus, que ce dispositif prévoit donc trois moteurs fournissant une commande séparée de trois facteurs principaux déterminant le bobinage de précision de l'enroulement de fil afin de fournir l'uniformité et l'absence de formation de ruban souhaitées. Pour commencer, le moteur de commande de pression vers le bas 72 commande la position verticale de la plateforme de translation verticale 43 portant les hélices ou pales 50a, 50b de guidage de fil, et la structure guide-fil associée, ainsi que le rouleau de balancier 46 et ses dynamomètres associés 48. Ensuite, le moteur d'entraînement d'hélice 66 porté par la plateforme déplaçable en va-et vient vertical 43 détermine la vitesse d'entraînement des hélices ou pales guide-fil 50a et 50b, et donc la vitesse à laquelle le fil traverse l'enroulement de fil en cours de formation, entre ses deux extrémités. Troisièmement, le moteur d'entraînement de broche 29 porté par le bâti principal fixe 11 entraîne la broche 21 et la tête de support de tube 19 pour tourner le tube d'enroulement de fil 17 et détermine ainsi la vitesse de bobinage du fil sur l'enroulement.

Le moteur d'entraînement de broche 29 est commandée par l'ensemble de tendeur de fil, généralement indiqué en 80, afin de détecter la tension du fil arrivant sur la bobineuse et de fournir des signaux de sortie de dynamomètre qui sont traités pour entraîner le fil de manière à maintenir une tension de fil prédéterminée et de conserver l'uniformité du bobinage et du cheminement du fil à travers l'enroulement. On peut également choisir un entraînement à vitesse constante pour le moteur 29 de la broche, au lieu d'un système de commande qui réagit à la détection de la tension du fil qui arrive.

En faisant plus particulièrement référence au fig. 7-9, il y est représenté un mode de réalisation préféré de l'ensemble tendeur de fil 80 dans lequel, généralement, une paire de guide-fil 81, 82 sont espacés verticalement le long du chemin d'amené de fil 83, ayant un bras détecteur 84 placé entre eux et au contact du fil, le déplaçant légèrement hors du cheminement de fil défini par les yeux des guide-fil 81, 82. Dans ce tendeur de fil, les guides 81, 82 sont des montants parallèles partant à angle droit d'une plaque pour former une console en forme de «U» 85, ayant une partie inférieure horizontale 86 et des montants pliés vers l'extérieur 86a, 86b, définissant les guides 81, 82. Les montants 86a et 86b comprennent une partie formant un doigt qui fait saillie 86c, ayant une surface inclinée 86d formant un côté d'un triangle tronqué en forme de crochet, et menant par l'intermédiaire d'une structure en forme de gorge 86e, à une partie généralement arrondie en forme d'oeil 86f, qui reçoit le fil et définit le cheminement de fil 83 entre les deux guides 81, 82. La partie en forme d'oeil 86f doit être suffisamment profond pour empêcher le fil de s'échapper à des vitesses élevées, et la surface inclinée 86d de la partie en forme de doigt 86c est formée et placée de façon à permettre au fil de s'enfiler seul à partir de cette surface dans la partie en forme d'oeil 86f. La partie transversale 86 comporte une fente 86g allongée sur la largeur, et au centre, de la partie transversale 86, et recevant le bras de détection 84, en forme de tige pliée, comme par exemple une tige en acier inoxydable recouvert de céramique flammée ayant un diamètre extérieur de 3,3 mm (1/8 th inch) environ, faisant saillie d'un bloc 87 ayant des coussinets 88 pivotant le bloc sur un boulon d'articulation 88a s'étendant entre des bras de support fixes 89. Le bloc 87 comprend une partie en saillie formant un doigt 87a, appuyant sur un dynamomètre 90 porté par des montants de dégagement ou par un bloc à partir de la plaque de support qui soutient également les bras ou le collier 89 attachant le boulon d'articulation 88a sur celui-ci, ainsi que le support en forme de «U» 85 formant les guides 81, 82. Dans la pratique, cette plaque de support, indiquée en 91, qui doit aussi recevoir une fente pour permettre un mouvement adéquat du détecteur de contact de fil 84, peut être pliée en forme de «U» comme les figures le représentent, afin de servir de support à un amplificateur de plaquette de circuit imprimé et à une plaque de support 92 pour amplifier les signaux du dynamomètre 90.

Un exemple préféré de système de commande d'enroulement pour la bobineuse de précision à haute vitesse de la présente invention est représenté sous forme de schéma-bloc sur la fig. 11, dans lequel le système de commande comprend une unité moteur MS, une unité numérique-analogique en D/A, et une unité analogique-numérique en A/D, connectées à un microprocesseur indiqué en MP. Pour décrire brièvement l'opération globale, le microprocesseur MP envoie des données d'ordre au sous-système de commande numérique proportionnel à dérivation intégrale (PID). Ces données d'ordre déterminent la vitesse, l'accélération, et les caractéristiques de servo-réponse de chacun des trois moteurs, c'est à dire du moteur d'entraînement 29 de la broche, le moteur d'entraînement 66 d'hélice ou pale, et le moteur de positionnement du chariot ou de commande de pression vers le bas 72. La résolution de chaque régulateur est de 1/4 294 967 296, ou 32 bits par conséquent, des rapports de vitesse d'une grande précision entre le moteur de la broche et l'hélice peuvent être atteints. Cette technique de réglage permet également aux moteurs DC 29, 66 et 72 d'être opérés dans le mode position. Ceci est avantageux pour le système de chariot 40 commandé par le moteur de chariot 72, étant donné que le microprocesseur positionne le chariot 40 et la plateforme 43 en réaction à la pression sur l'enroulement 18 telle qu'elle est détectée par le dynamomètre ou les dynamomètres 48 associés au rouleau de balancier 46. Le circuit associé au dynamomètre 48, décrit ci-après, envoie un signal au microprocesseur MP en fonction de la pression sur l'enroulement. Si cette valeur est plus élevée que le point de réglage programmé, le microprocesseur MP abaisse la position du chariot 40 et de la plateforme 43 jusqu'à ce que la valeur du point de réglage soit reçu du dynamomètre 48. Le moteur de chariot 72 reçoit ensuite l'ordre de s'arrêter.

Le sous-système numérique-analogique D/A comprend deux convertisseurs, auxquels le microprocesseur MP envoie des données pour établir les points de réglage du courant allant vers l'ensemble de tension 80, et du courant vers le moteur d'enlèvement 39. La sortie D/A commande le cycle opératoire de modulation d'impulsions en largeur (PWM) d'une étape de puissance. Ce cycle opératoire peut varier de 0 à 100%. Par conséquent, le courant du tendeur et du moteur d'enlèvement peut être varié de 0 à 100%. La tension ou le courant sont directement proportionnels à la tension amplifiée du fil développée par un dispositif tendeur électromagnétique. Le courant du moteur d'enlèvement 39 est directement proportionnel à la force exercée sur le tube de teinture 17 par le système de contre-pointe (la tête de support de tube de contre-pointe 20).

En ce qui concerne le système analogique-numérique A/D, le microprocesseur MP contrôle plusieurs valeurs analogiques dans le système de bobinage, afin de maintenir les paramètres du système, son efficacité et sa capacité de diagnostiquer. Les trois paramètres contrôlés dans le système sont (1) le dynamomètre de pression vers le bas 48 pour établir les pressions en cours; (2) le courant du tendeur qui établit que le tendeur fonctionne bien et que la valeur est assez élevée pour que le tendeur garde le contrôle, et (3) le dynamomètre de tension 90 qui transmet la tension du fil en cours au microprocesseur. Les cinq autres entrées A/D au sous-système analogique-numérique servent à contrôler l'alimentation du système et les courants des moteurs en cas de panne, et à procéder à des diagnostics.

On voit également sur le schéma-bloc de la fig. 11, faisant partie du système global de contrôle de bobinage, un système d'arrêt de mouvement indiqué en SM, fournissant un moyen de déterminer si le fil de l'enroulement d'alimentation est cassé. Ce système d'arrêt de mouvement peut être un système optique d'arrêt de mouvement du type actuellement disponible dans le commerce, générant un signal envoyé au microprocesseur sous forme de signal d'interruption. Ce signal d'interruption oblige le microprocesseur à arrêter l'exécution du programme en cours et à mettre en place des routines établies par le logiciel, afin d'arrêter le processus de bobinage de façon approprié et de faire appel à l'aide d'un opérateur.

Une facilité de communication supplémentaire est offerte entre les opérateurs et le personnel de l'usine, puisque le microprocesseur dans le mode de réalisation représenté est relié à un clavier et à un affichage, indiqués en KB/D sur la fig. 11, et, par l'intermédiaire d'un lien de communication CL, au moyen d'une ligne de transmission en série, à un ordinateur central. Les communications préexistantes envoyées à l'unité d'affichage et au clavier KB/D permettent au microprocesseur MP de communiquer l'état de la machine à un opérateur, et de recevoir les demandes de fonctionnement venant de l'opérateur. La ligne de liaison communications permet au microprocesseur d'acquérir toutes les données concernant la vitesse du fil, la longueur maximale, le diamètre maximale, le pas, la pression vers le bas etc. que les opérateurs de l'usine auront programmés sur l'ordinateur principal.

Sur la fig. 12, on voit un schéma-bloc du système de commande de moteur MS du mode de réalisation illustré, comprenant un sous-système numérique qui reçoit des données du microprocesseur MP et de l'encodeur du moteur, et qui est sous forme de commande proportionnelle à dérivation intégrée (PID) en temps réel. Le microprocesseur envoie des données à la commande PID afin d'établir les taux d'accélération, la vitesse, la position, les limites d'erreur, le gain du système, etc. des moteurs associés, que ce soit le moteur de la broche 29, le moteur d'hélice 66, ou le moteur de chariot 72. L'on comprendra qu'une unité typique de commande de moteur telle qu'elle est décrite ici, est prévue pour chacun de ces trois moteurs. L'information de l'encodeur (signaux sinus, cosinus, index) génère des données en feedback à la commande PID, telles que la vitesse du moteur et sa position. La sortie de la commande PID est un signal de modulation d'impulsions en largeur (PWM) variant de 0 à 100% «ON», vers la commande moteur, le «ON» maximal, ou 100% PWM, correspondant à la vitesse maximale et/

ou couple du système de moteur DC. Des commandes PID calculent les signaux d'encodage, sur la base de données d'ordre reçues du microprocesseur MP et des paramètres spécialisés filtres inhérents à ce type de commande. Les déviations entre les données réelles (encodés) et calculées (contrôle) sont surveillées pour vérifier qu'elles ne dépassent pas les limites programmées. Si ces limites sont dépassées, un signal d'erreur est transmis au microprocesseur MP afin de provoquer une réaction. Par exemple, si l'arbre du moteur est bloqué et que le microprocesseur demande une vitesse de 100 tours/minute, la commande PID détectera une erreur de vitesse puisque l'arbre ne tourne pas. Le microprocesseur réagira à cette erreur en annulant la commande de vitesse et en alertant l'opérateur sur le problème dans ce moteur. Un translateur de niveau et une unité de commande FET, indiquée en LT, sont fournis pour convertir le signal de modulation d'impulsion en largeur PID en signal de puissance du même cycle de travail que celui qui commandera les FET. Le détecteur de courant permet d'assurer que ni le moteur ni les FET ne recevront un excès de courant, et évite ainsi leur détérioration. Ceci permet aussi la commande du couple moteur.

La fig. 13 représente un schéma bloc formant une unité de convertisseur numérique-analogique (DAC) semblable aux unités indiqués en D/A sur la Fig 11. Le convertisseur numérique-analogique DAC accepte l'information numérique du microprocesseur MP et le convertit en signal analogique. Ce DAC-ci est un dispositif 8 bit; 0–5vdc. La résolution de sortie est donc de 1/255, ou 0,0196 V par bit. Le centre d'échelle serait 128 ou 128 x 0,0196 égale 2,5 vdc. Ce signal analogique commande un modulateur d'impulsions en largeur (PWM): 0 vdc-0% cycle opératoire, 5 vdc égale 100% cycle opératoire. Par conséquent, le microprocesseur MP peut commander le cycle opératoire en modulation d'impulsions en largeur vers le moteur d'enlèvement 39. Dans ce cas le courant est commandé par le PWM. Si on a besoin de 50% du couple moteur pour prolonger le support de tube d'enroulement 17, le microprocesseur commandera 128 au DAC dans cette direction, de sorte que le conducteur mobile fera un mouvement en direction du tube d'enroulement. Pour rétracter le support de tube, le microprocesseur commandera un couple de 60% dans le sens opposé. La direction est commandée par le microprocesseur par l'intermédiaire du relais.

Brièvement, les signaux détectés et les signaux de commande du système de commande de bobinage comprennent les éléments suivants:

«SIGNAUX» DETECIES

Dynamomètres

0,5 V en provenance du rouleau de balancier représente 0–26 kg de force.
0,5 V en provenance du tensiomètre représente 0–125 g (vers A/D)
Autres
0,5 VDC représente 0–25 ma dans le tendeur; ceci permet au tendeur de fonctionner électriquement (vers A/D).

0–5 VDC représente 0 – plein courant dans le moteur d'enlèvement – ceci permet au microprocesseur de s'assurer que le moteur d'enlèvement fonctionne et d'établir la valeur du couple moteur (courant) (vers A/D).

La puissance du système entier est surveillé afin de s'assurer que les voltages sont en deçà des spécifications: + 160 vdc, + 5 vdc, + 15 vdc, 34 vdc.

Mouvement d'arrêt

Un niveau numérique informe le microprocesseur en cas de déplacement ou non du fil. Ceci permet au MP de détecter un filament cassé en cours de bobinage.

«SIGNAUX» DE COMMANDE

Vers la broche, l'hélice et la suralimentation

- 1) Accélération
- 2) Vitesse
- 3) Position d'erreur maximale
- 4) Gain proportionnel
- 5) Gain dérivé
- 6) Gain intégral et limite

Moteur de chariot

- 1) Tous les précédents
- 2) Position

Tension

- 1) Valeur numérique afin d'établir niveau de tension (D/A)

5 Moteur d'enlèvement

- 1) Valeurs numériques afin d'établir le couple et la direction du moteur d'enlèvement (D/A)

Le schéma de commande du système de commande de bobinage est décrit brièvement ci-après.

- A) Les paramètres des moteur de broche 29, le moteur d'hélice 66 et le moteur de suralimentation
10 ou de chariot 72 sont dérivés des données entrées par l'opérateur et des réglages en usine.

- B) La position en mouvement du chariot 40 est déterminée par le dynamomètre 48 du rouleau de
balancier. Le point de réglage de pression est dérivé des données de l'opérateur. Lorsque le dynamo-
mètre 48 du rouleau de balancier dépasse ce point de réglage, le chariot 40 est envoyé à une position
15 inférieure et nouvelle. La grandeur de la correction dépend de la mesure de dépassement du signal du
dynamomètre.

- C) On dispose de deux niveaux de commande de tension.

1) Le point de réglage de tension est établi à partir des données de l'opérateur. Le MP utilise le
feedback immédiat comme sécurité positive.

- 2) Le point de réglage de tension est établi par l'opérateur. Le MP donne au tendeur une valeur cor-
respondant à cette tension en état statique. Cependant, lorsque la bobineuse se met en route, le MP lit
20 le dynamomètre 90 du tensiomètre et compare cette valeur à celle de commande. Ceci permet de faire
fonctionner le système aussi vite que la tension d'entrée le permet, puisque la valeur du tendeur pour-
rait être réduit à OVDC et la tension envoyée à la bobineuse serait la somme de l'alimentation (entrée),
de la tension, de la friction, et de l'enroulement

- D) Le moteur d'enlèvement 39 est un dispositif commandé par le couple (courant). Afin d'assurer que
le tube d'enroulement 17 est fermement maintenu, le MP ordonnera un niveau de couple correspondant
à une certaine force axiale exercée sur le tube. Le MP surveille ensuite le courant pour vérifier que ce
niveau est atteint. Ceci permet d'assurer que l'enroulement est bien assis entre les deux supports de
tube et que le courant peut être baissé à un niveau de croisière pour l'opération normal. Il permet éga-
lement au MP de sélectionner des valeurs de couple telles que la force de délogement est toujours
30 plus grande que celle du logement. Par conséquent, un enroulement de fil ne devrait jamais se coincer.

- E) L'enroulement, la longueur de fil, le pas, et la vitesse du fil sont dérivés mathématiquement

$$35 \quad 0,9144 \text{ mètres (1 yard)} = \sqrt{\text{circ}^2 + \frac{(\text{longueur})^2}{\text{pas}}} / 36 \times \text{Tours}$$

$$40 \quad \text{Pas} = \frac{2 \text{ tours-min. broche}}{\text{tours-min hélice}}$$

$$45 \quad \text{Vitesse de fil} = \frac{\text{circ}}{36} \times \text{tours-min} = n \times 0,9144 \text{ mètres (yards)/minute}$$

- F) Le diamètre externe de l'enroulement est déterminé par la connaissance de la position du rouleau
de balancier 46. Pour cela, on utilise l'encodeur sur le moteur de chariot 72 en conjonction avec la
50 commande PID. La résolution est d'environ 0,00004175 cm. (0,0000167 pouces) par impulsion de posi-
tion. Ceci permet au MP de calculer la circonférence.

- Un circuit de dynamomètre typique, à utiliser soit avec le dynamomètre 48 associé au rouleau de ba-
lancier 46, soit avec le dynamomètre 90 associé au tensiomètre 80, est représenté sur la fig. 10. La
moitié supérieure du circuit représenté sur la fig. 10 est simplement une alimentation. Les deux alimen-
tations sont conçues pour suivre une piste identique afin de minimiser les erreurs de système dues à
55 une alimentation asymétrique. Des sensibilités dynamométriques typiques sont de 2 MV/V. Par consé-
quent, pour une alimentation de 10 V (+5; -5), le signal complet de dynamomètre sera de 20 MV. Ce
signal pourrait également être un déplacement de 40 MV provenant d'une des deux alimentations.

- Le pont dynamométrique, indiqué en LCB, est excité par une alimentation de +5 V; -5 V pour un to-
tal de 10 Volts. Ceci produit également la référence des lignes de signaux en OVDC – ou un voltage
de demi-pont. Il en résulte une conception d'amplificateur qui ne nécessite pas de déplacement de ni-
veau. Le pont est mis à zéro par le réseau de résistances de valeurs 5,1 K, 1 K, le traversant.

- Le premier amplificateur opérationnel A1 possède un gain d'environ 24 et une réaction fréquentielle
très basse, dû au feedback du capaciteur de réaction de 1 mfd. Ceci permet d'atténuer les signaux de
65 haute fréquence qui sont principalement dûs à la vibration.

Le deuxième amplificateur opérationnel A2 représente l'échelle principale. Le degré d'amplification du système est réglé par le feedback de 50 K. Pour le dynamomètre de rouleau de balancier 46, la sortie OVDC représente le poids du rouleau de balancier 46 et de ses paliers, puisque ces effets sont volontairement mis à zéro. Une échelle complète de 5 VDC représente environ 26 kg de force sur le rouleau de balancier 46.

Les deux comparateurs LM339 C1 et C2 servent de détecteurs d'erreur. Ces dispositifs sont conçus de manière à envoyer un signal d'erreur au microprocesseur MP si le dynamomètre dépasse -0,6 V ou +5 VDC.

Le MP peut alors arrêter le processus et alerter l'opérateur.

Revendications

1. Bobineuse de précision à haute vitesse (10) pour enrouler un fil courant sur un tube (17) pour former un enroulement croisé, comprenant un moyen de broche (30) pour permettre la rotation du tube (17) autour d'un axe de broche, des moyens de va-et-vient sur l'enroulement (18) afin de guider le fil courant amené le long d'un chemin d'alimentation en mouvement de va-et-vient à travers une zone adjacente au dit tube (17) afin de former l'enroulement (18) croisé, un rouleau de balancier (46) disposé au contact roulant de la surface périphérique de l'enroulement (18) en cours de bobinage, et des moyens de tension pour varier la tension du fil alimentant le dit moyen de va-et-vient, comprenant un dispositif de commande pour régler en continu le fonctionnement de la bobineuse (10) en cours de formation de l'enroulement (18) comprenant un premier, un second et un troisième moteur d'entraînement à vitesse variable séparés, et leur circuit de commande de moteur respectif associé, formant un entraînement de broche (29), un entraînement de moyen de va-et-vient (66), et un entraînement de pression vers le bas (72), les trois moteurs d'entraînement (29, 66, 72) et leur circuit de commande associé fournissant trois systèmes de moteur indépendants, commandés séparément, un moyen de couplage du premier moteur à la broche pour faire tourner le tube d'enroulement autour de l'axe de la broche afin d'y bobiner le fil, un moyen pour connecter le deuxième moteur d'entraînement au moyen de va-et-vient pour entraîner de façon variable le moyen de va-et-vient en fonction de la vitesse du deuxième moteur d'entraînement, la dite pression vers le bas comprenant un moyen d'ajustement de la pression vers le bas sur le dit rouleau de balancier (46) afin de positionner celui-ci ainsi que le moyen de va-et-vient par rapport à l'axe de broche, et un moyen pour coupler ledit troisième moteur au dit moyen d'ajustement pour régler la position du dit rouleau de balancier (46) et le dit moyen de va-et-vient.

2. Bobineuse de précision à haute vitesse selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comporte un moyen pour détecter en continu la pression vers le bas sur l'enroulement en cours de bobinage, et un moyen de réaction à la détection de la pression vers le bas, afin d'activer le circuit de commande de moteur associé au dit troisième moteur d'entraînement, et afin de varier la position du dit rouleau de balancier et du dit moyen de va-et-vient par rapport au tube entraîné par le dit moyen de broche.

3. Bobineuse de précision à haute vitesse selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comporte un moyen pour détecter en continu la pression d'abaissement sur l'enroulement pendant le bobinage de l'enroulement afin de produire des signaux d'état de pression vers le bas, un moyen de détection continue de la tension du fil au niveau du dit moyen de tension, afin de produire des signaux d'état de tension, et un moyen de régulation réagissant à un ensemble prédéterminé de conditions de traitement et aux dits signaux d'état, afin de régler en continu l'activation, l'accélération, la vitesse et le positionnement des dits trois moteurs pour obtenir la densité et les conditions de tension sélectionnés tout au long du bobinage d'un enroulement.

4. Bobineuse de précision à haute vitesse selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle un bâti principal fournit un support immobile pour le dit moyen de broche, le dit moyen d'ajustement de pression vers le bas comprenant un chariot amovible formant un bâti secondaire amovible en mouvement de va-et-vient en direction du dit axe de broche et portant ledit rouleau de balancier et le dit moyen de va-et-vient, le dit troisième moteur de commande formant un moteur de chariot pour déplacer le dit chariot, le dit rouleau de balancier et le dit moyen de va-et-vient porté par celui-ci en mouvement de va-et-vient en direction du dit axe de broche, et le circuit de commande de moteur associé au dit moyen de chariot comprenant un moyen de réaction aux signaux de commande envoyés afin d'énergiser le moteur de chariot et de varier la vitesse de celui-ci en fonction des signaux envoyés.

5. Bobineuse de précision à haute vitesse selon la revendication 4, caractérisée en ce que le dit moyen de va-et-vient comprend une paire de pales guide-fil rotatives, formant un ensemble à hélice pour traverser l'enroulement afin de guider le fil en va-et-vient à travers la zone d'enroulement pour bobiner l'enroulement sur le tube, les pales guide-fil du dit ensemble à hélice étant rotatives dans des plans parallèles d'hélice très proches situés en dessous de l'axe de la broche et tournant autour d'un axe d'assemblage à hélice se prolongeant vers le bas et pratiquement perpendiculaire à l'axe de la broche, et le dit deuxième moteur de commande formant un moteur d'hélice situé sous lesdits plans d'hélice et étant monté de façon rigide en relation suspendue sous ceux-ci sur des montants de support attachés au dit chariot.

6. Bobineuse de précision à haute vitesse selon la revendication 1, ou 2 caractérisée en ce qu'un

moyen de support est prévu pour porter en rotation le dit rouleau de balancier comprenant un dynamomètre dans la structure de support concernant au moins une extrémité du dit rouleau de balancier, afin de réagir aux variations de pression sur celui-ci et de produire des signaux de sortie de dynamomètre.

5 7. Bobineuse de précision à haute vitesse selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, dans laquelle le dit moyen de détection continue de la pression vers le bas sur l'enroulement comprend un moyen qui réagit aux dits signaux de sortie dudit moyen de détection pour générer des signaux d'activation et de commande de vitesse pour le dit troisième moteur de commande.

10 8. Bobineuse de précision à haute vitesse selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en ce qu'elle comprend un moyen pour générer des signaux de détection indiquant de façon continue des variations de la pression vers le bas du dit rouleau de balancier, et des variations de tension du fil au niveau du dit moyen de tension, et un moyen de microprocesseur qui réagit aux signaux d'entrée comprenant les dits signaux de détection et des données prédéterminées pour activer les circuits de commande de moteur associés aux dits trois moteurs de commande pour régler le bobinage du fil afin de maintenir une densité et des conditions de tension sélectives tout au long de l'enroulement de fil.

15 9. Bobineuse de précision à haute vitesse selon l'une quelconque des revendications 2 et 4 à 8, comprenant un moyen pour générer des signaux de détection indiquant de façon continue des variations de tension du fil au niveau du dit moyen de tension, et un moyen de microprocesseur qui réagit aux signaux d'entrée comprenant les dits signaux de détection et des données prédéterminées de condition de traitement pour activer les circuits de commande de moteur associés aux dits trois moteurs de commande pour régler le bobinage du fil afin de maintenir une densité et des conditions de tension sélectives tout au long de l'enroulement de fil.

20 10. Bobineuse de précision à haute vitesse selon l'une quelconque des revendications 3 à 9, caractérisée en ce que le dit moyen de régulation comprend un moyen de microprocesseur qui réagit aux signaux d'entrée comprenant les dits signaux d'état et des données de traitement prédéterminées pour activer les circuits de commande de moteur associés aux dits trois moteurs de commande pour régler le bobinage du fil afin de maintenir la densité et les conditions de tension sélectives sur toute la longueur de l'enroulement de fil.

25 11. Bobineuse de précision à haute vitesse selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisée en ce qu'elle comprend un moyen de contre-pointe co-actif au dit moyen de broche, monté pour faciliter un mouvement en va-et-vient le long du dit axe de broche pour recevoir et maintenir de manière amovible un tube d'enroulement entre le dit moyen de contre-pointe et le dit moyen de broche, couplé à ceux-ci, et un moteur électrique formant un moteur d'enlèvement couplé audit moyen de contre-pointe pour rétracter celui-ci à une position de dégagement du tube d'enroulement et pour le ressortir vers une position de maintien du tube par rapport aux moyens de broche, et un circuit de commande de moteur associé au dit moteur pour activer celui-ci afin de rétracter et de ressortir le moyen de contre-pointe lors de l'achèvement du bobinage de l'enroulement du fil.

30 12. Bobineuse de précision selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisée en ce que le dit moyen de tension comprend un élément de contact amovible engageant le fil d'amené, un dynamomètre formant une partie de la structure de support du dit élément de contact afin de réagir aux variations de la tension du fil d'amené engageant le dit élément de contact et produisant des signaux de sortie de dynamomètre, et un moyen régissant aux dits signaux de sortie de dynamomètre pour activer les dits moteurs de commande en rapport prédéterminé avec les variations dans la dite tension de fil.

45

50

55

60

65

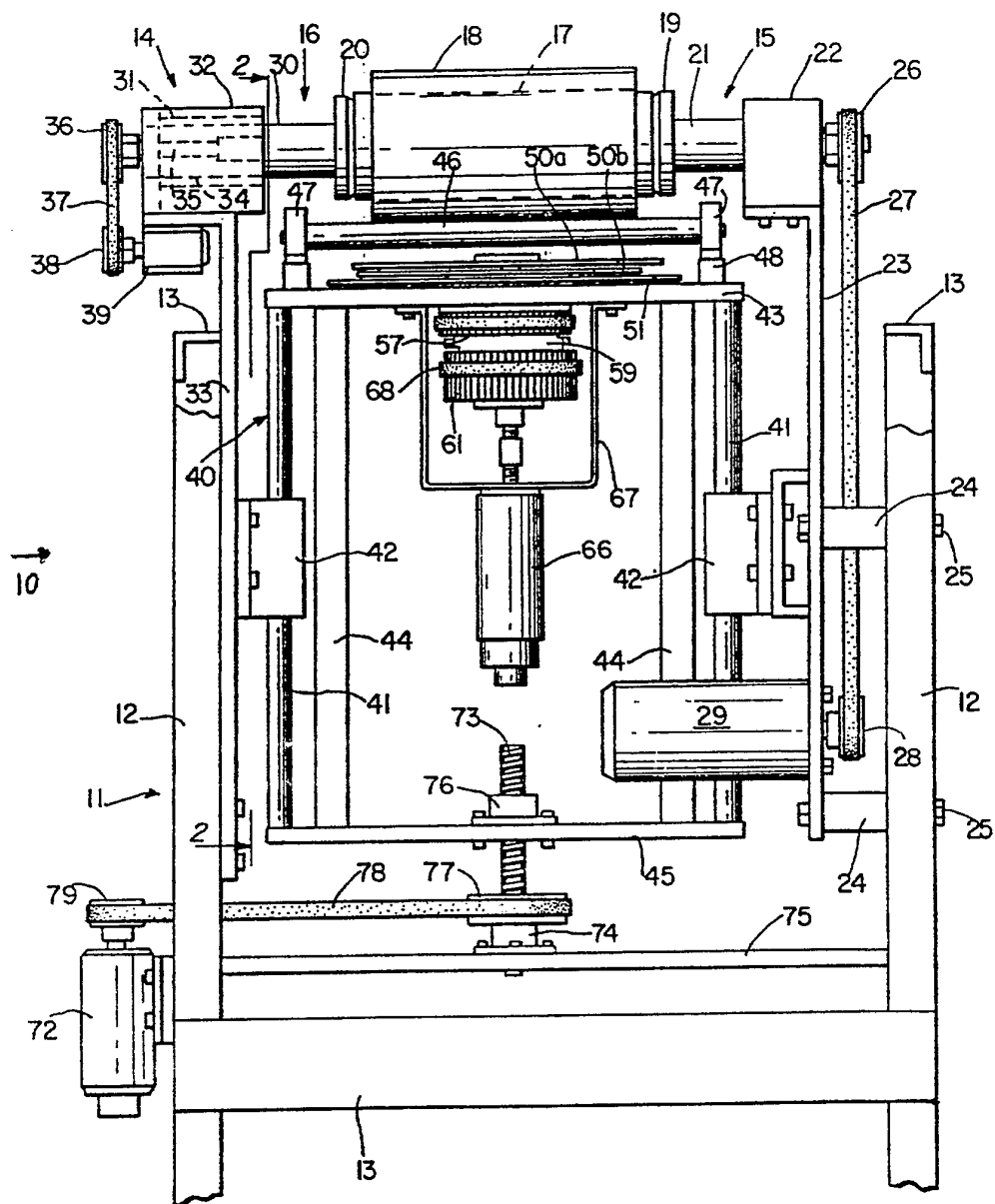


FIG. 1

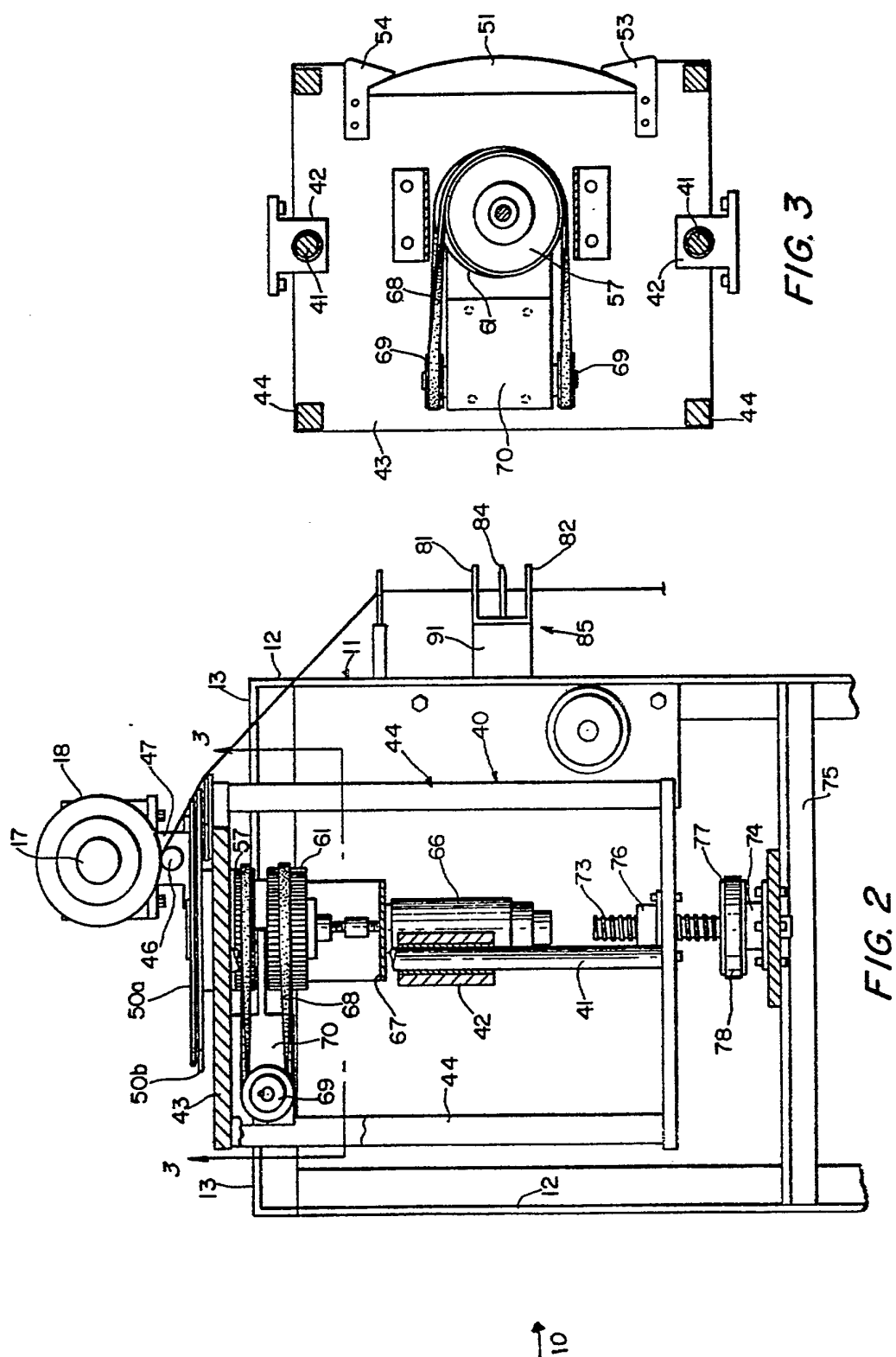


FIG. 3

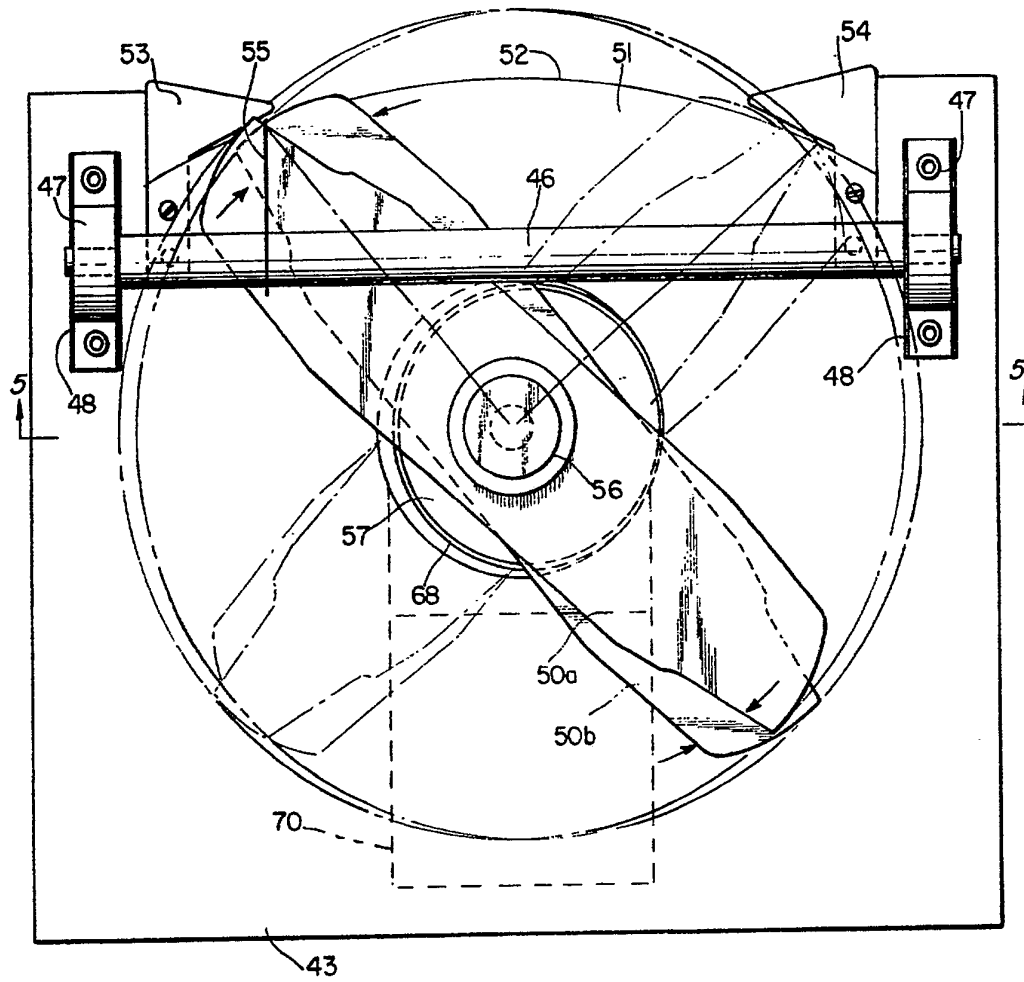
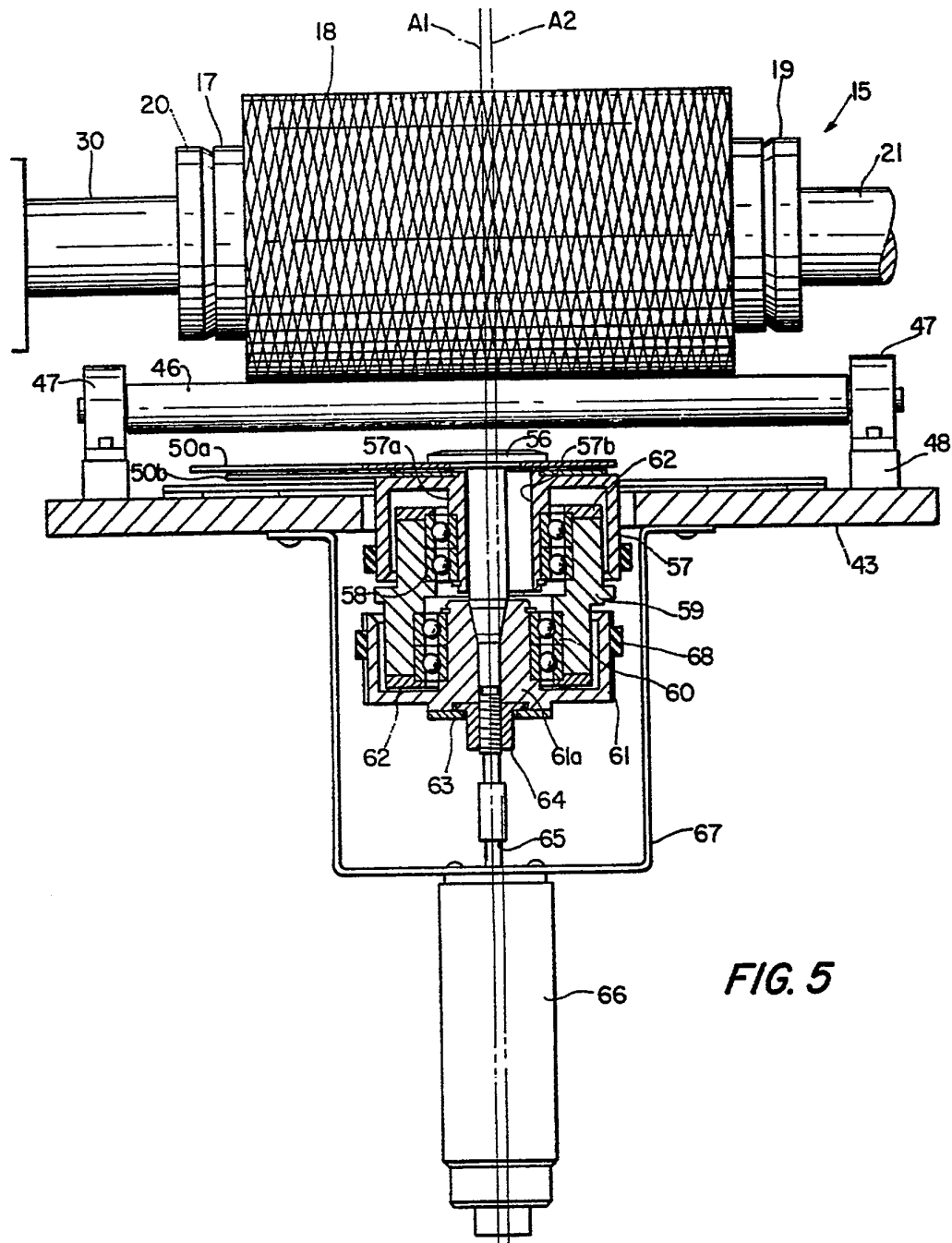
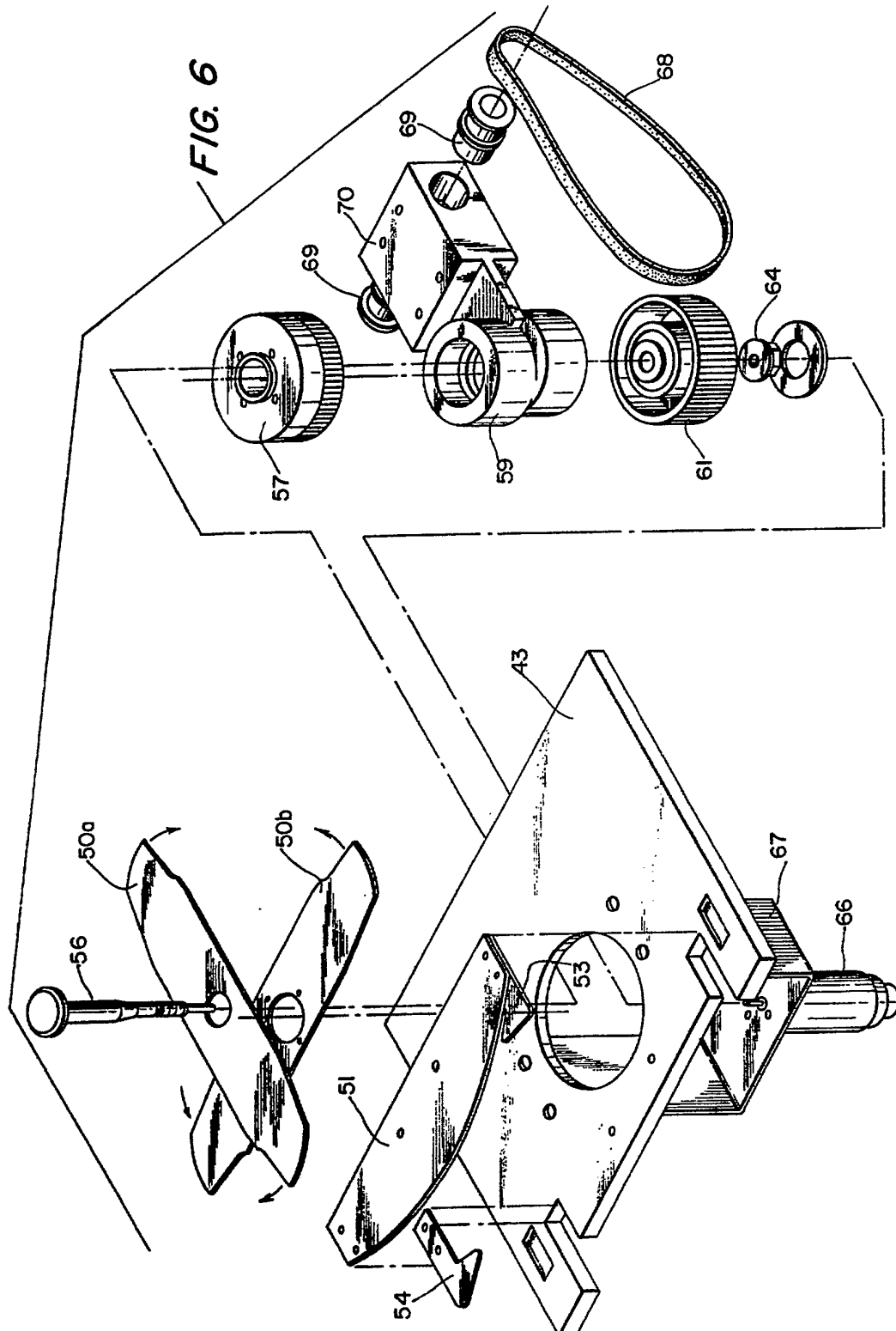


FIG. 4





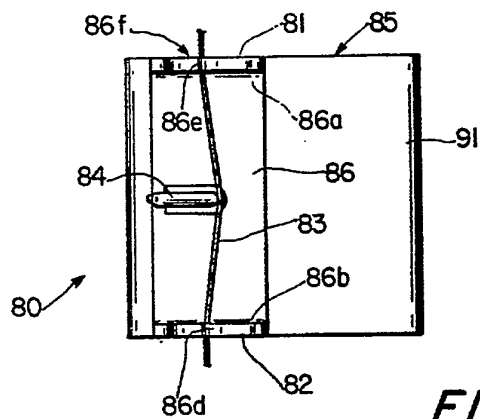


FIG. 7

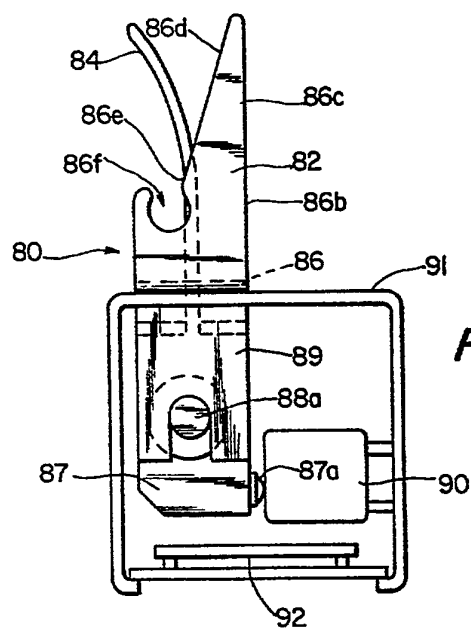


FIG. 8

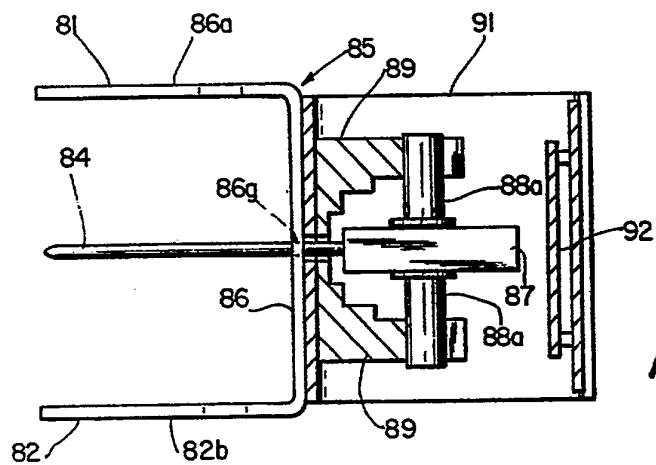
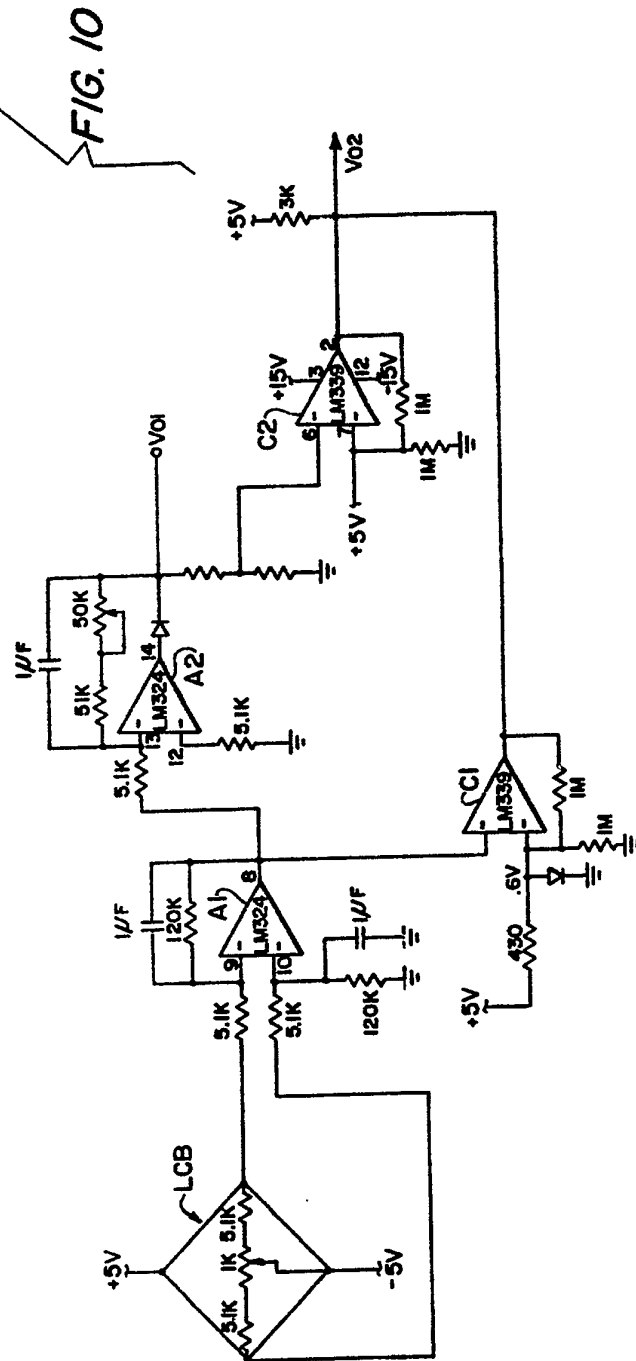
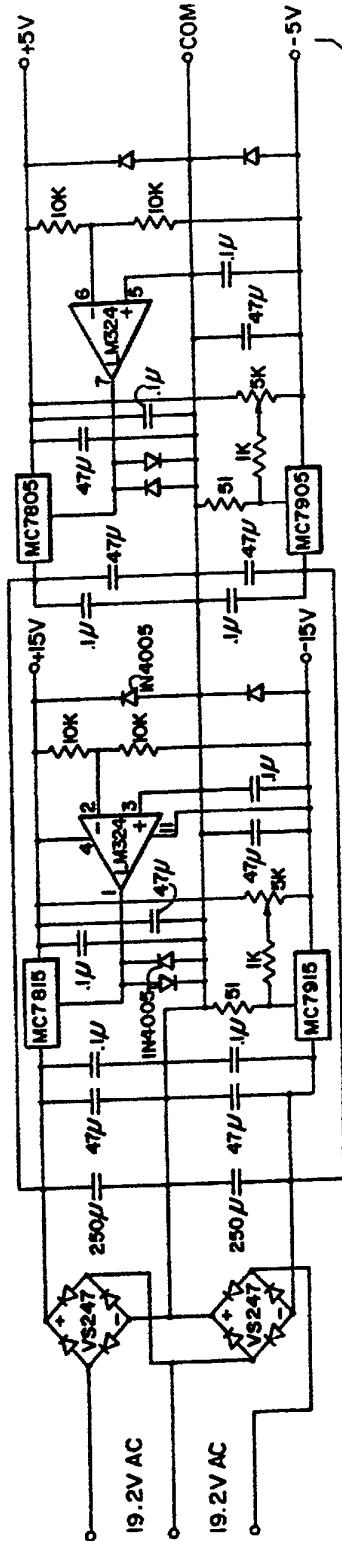


FIG. 9



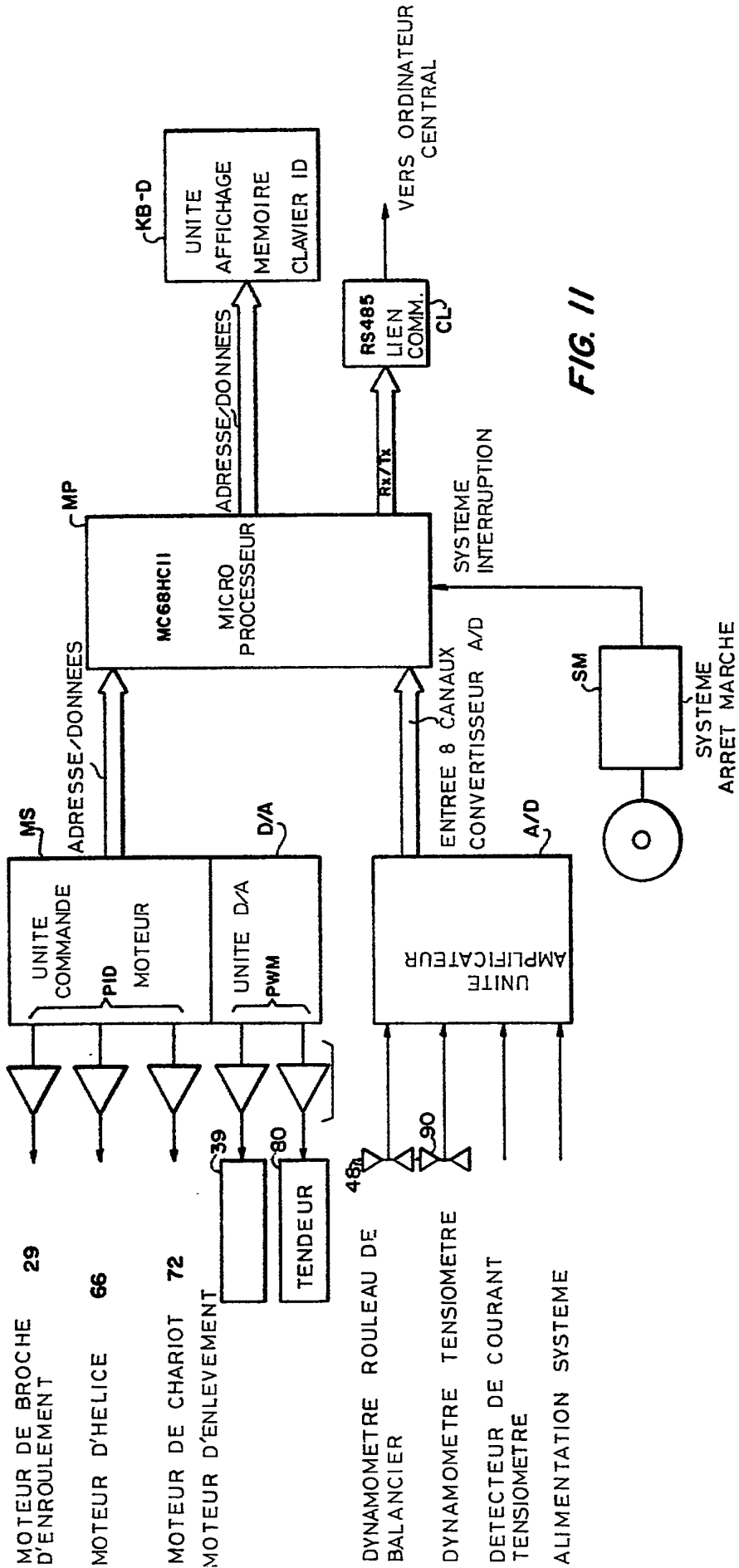


FIG. 11

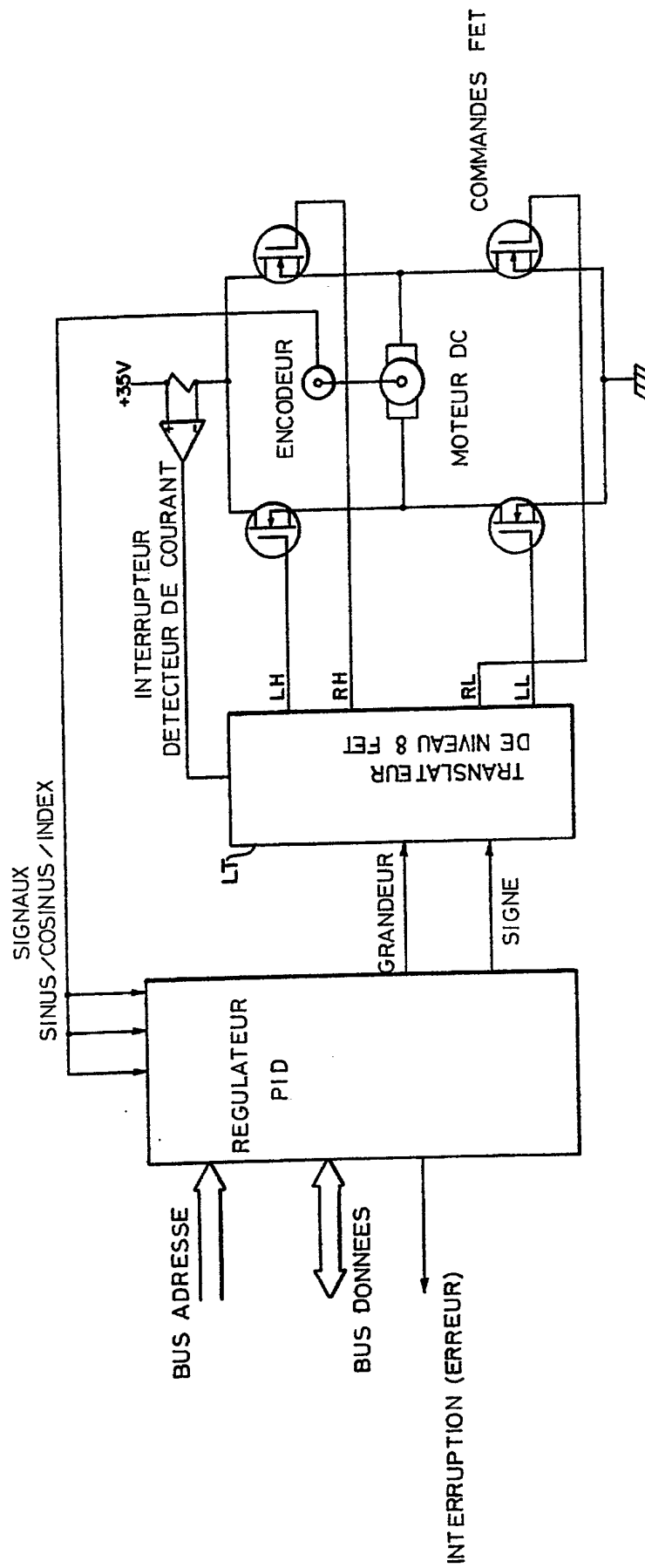
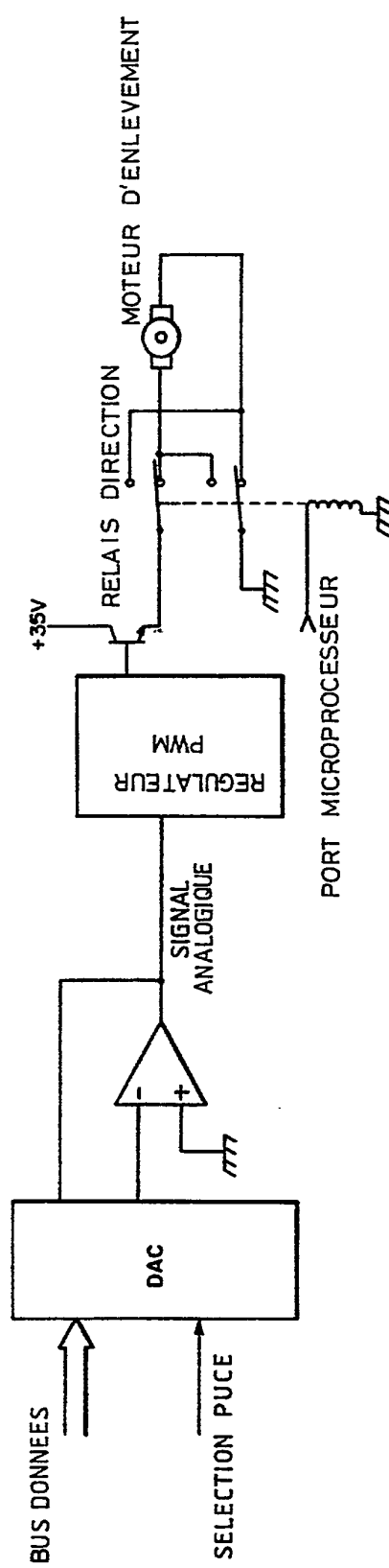


FIG. 12

PID = PROPORTIONNEL-INTEGRAL-PAR DIFFERENTIATION



DAC = CONVERTISSEUR NUMERIQUE ANALOGIQUE

PWM = MODULATION D'IMPULSIONS EN LARGEUR

FIG. 13