



Procédé de régulation et de synchronisation de groupes moto-propulseurs d'aviation et appareillage permettant la mise en œuvre de ce procédé. (Invention : S. NEDELKOVITCH.)

Société dite : SOCIÉTÉ D'ÉTUDES ET D'EXPLOITATION DES HÉLICES RATIER résidant en France (Seine).

Demandé le 11 juillet 1949, à 16^h 38^m, à Paris.

Déposé le 14 août 1951. — Publié le 26 novembre 1951.

(Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7, de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.)

La présente invention a pour objet un procédé de commande, notamment applicable au réglage de la vitesse de rotation de l'arbre d'un groupe moto-propulseur pour avion, au moyen des variations du pas de l'hélice à pas variable auquel ledit groupe est attelé.

Selon la présente invention, le moteur de commande du pas de l'hélice reçoit des impulsions de fréquence sensiblement constante, de sens déterminé, mais de durées variables, ces durées étant fonction des variations de vitesse de l'arbre du groupe moto-propulseur, d'une part, et d'autre part, des accélérations de ces variations, et le sens des impulsions, fonction du sens desdites variations.

Selon un mode de mise en œuvre de ce procédé par des moyens de commande électrique, par prise de la différence entre la vitesse de rotation d'un arbre tournant à vitesse angulaire rigoureusement constante et la vitesse de rotation de l'arbre du groupe moto-propulseur ou de vitesses de rotation proportionnelles, la vitesse de rotation constante étant égale au régime choisi pour le groupe, on obtient sur un arbre auxiliaire des rotations dont les vitesses sont proportionnelles aux variations de vitesse de l'arbre moto-propulseur. Les rotations de cet arbre auxiliaire sont appliquées à un dispositif transformateur qui agit sur un relais de commande du moteur de variation de pas de l'hélice de façon telle que les déplacements infligés à la commande du relais soient proportionnels aux variations de vitesse de l'arbre du groupe moto-propulseur et la vitesse de ces déplacements, proportionnelle aux accélérations de ces variations. Le relais est agencé de façon à émettre des impulsions motrices rythmées qui sont envoyées au moteur de commande variateur du pas de l'hélice, impulsions dont la durée est propor-

tionnelle au déplacement de l'organe de commande du relais.

L'invention comprend également un appareillage électro-mécanique permettant la mise en œuvre du procédé ci-dessus défini, appareillage qui comprend un moteur horloge à vitesse rigoureusement constante attelé à un différentiel sur lequel agit en même temps l'arbre du groupe moto-propulseur, directement ou indirectement; ce différentiel réalise par sa couronne porte-satellites la différence des vitesses entre les deux arbres précités qui tournent de façon rigoureusement synchrone lorsque le groupe moteur maintient sa vitesse de régime. La couronne porte-satellites de ce premier différentiel est attelée par engrenage à un second différentiel par un des planétaires de ce dernier, alors que le second planétaire est attelé à un arbre rappelé élastiquement dans une position neutre, la couronne porte-satellites de ce second différentiel étant mise en prise avec un régulateur qui forme volant et frein; le freinage causé par ce régulateur, compte non tenu de son inertie, est proportionnel à la vitesse de rotation de son équipement mobile.

L'arbre rappelé élastiquement en position neutre agit sur la commande du relais à impulsions rythmées.

Ce relais est constitué par un contacteur pivotant à vitesse constante porteur de lames de contact sur lesquelles frottent des balais fixes et des balais mobiles actionnés par la commande du relais.

La position des balais mobiles, de part et d'autre d'une position neutre, détermine le sens et la durée des impulsions transmises au moteur de commande du pas de l'hélice.

A l'aide d'un tel dispositif, on peut régler de façon sensible et sûre la constance de la vitesse de l'arbre d'un moto-propulseur et l'on peut, en conséquence, synchroniser de façon absolue les vitesses

des moto-propulseurs d'un avion multimoteur, en adaptant à chacun des groupes un des dispositifs, ces groupes étant individuellement ou séparément synchronisés par un moteur horloge.

La description qui va suivre, faite en référence au dessin annexé et donnée à titre d'exemple non limitatif, va bien faire comprendre comment cette invention peut être mise en pratique.

La figure 1 représente schématiquement le dispositif synchronisateur régulateur d'un arbre d'un groupe moto-propulseur comportant une hélice à pas variable.

La figure 2 représente à plus grande échelle le détail du relais électrique de commande.

L'arbre 1 d'un groupe moto-propulseur d'un avion est attelé à une hélice à pas variable 2. Sur l'arbre 1 est prévu une denture d'engrenage avec laquelle est en prise le pignon 1a claveté sur l'arbre 3 d'un groupe de répétition 4. Ce groupe de répétition 4 est une machine à champ tournant comportant des bagues 5 reliées par frotteur à une alimentation en courants alternatifs polyphasés distribués par un réseau de conducteurs 6. L'induit du groupe 4 est relié par un réseau de conducteurs 7 à l'induit d'un groupe 8 de réception. Ce groupe 8 comporte sur son arbre 9 des bagues reliées par frotteurs au réseau 6. L'ensemble du groupe 4 et du groupe 8 constitue un répétiteur d'angle tournant. En conséquence, l'arbre 9 tourne en synchronisme avec l'arbre 3, ou, en tout cas, à une vitesse rigoureusement proportionnelle.

La fraction de l'installation relative à un groupe propulseur comprend, en commun avec d'autres fractions identiques, au moins un moteur horloge 10, à vitesse constante, alimenté à partir d'une source de courant électrique non représentée et sur l'arbre duquel est prévu un régulateur 11. L'arbre 12 du moteur horloge 10 porte un pignon 13 qui engrène avec une roue 14 clavétée sur un arbre 15.

Les arbres 9 et 15 sont porteurs des planétaires opposés 16 et 17 d'un différentiel dont la couronne de satellites 18 constitue une roue d'engrenage; la denture de cette roue est en prise avec un pignon 19. Le pignon 19 est claveté sur un arbre 20 à l'extrémité duquel est fixé un planétaire 21 de différentiel.

Le train satellite 22 de ce différentiel est constitué par une cage 23 porteuse d'une roue d'engrenage dont la denture est en prise avec un pignon 24, calé sur l'arbre 25 d'un régulateur centrifuge. L'anneau mobile 26 du régulateur centrifuge porte un plateau de frein 27 qui peut venir s'appuyer sur une garniture de freinage 28. Un ressort 29 accroché sur l'anneau mobile 26 et sur l'anneau fixe 30 du régulateur, tend, par son action, à appliquer le plateau 27 sur la garniture 28 et assure ainsi un seul minimum de freinage indépendant de la vitesse du régulateur.

Le planétaire 32 opposé au planétaire 21 est solidaire d'un arbre 33, attelé à un dispositif élastique de rappel de torsion 34, constitué par un ressort dont une extrémité est solidaire de l'arbre 33 et dont l'autre est attachée à un point fixe. Ce ressort 34 tend à maintenir l'arbre 33 dans une position moyenne.

Une couronne dentée 35 est clavétée à l'extrémité de l'arbre 33 et sa denture engrène avec une crémaillère 36 portée par une tige 37 qui est susceptible de coulisser selon son axe dans des supports non représentés. La tige 37 comporte des butées réglables 38 isolantes entre lesquelles sont disposés des balais 39, 39a reliés à des conducteurs souples 40, 40a.

Les balais 39, 39a sont appliqués sur la surface externe d'un contacteur cylindrique 41 pivotant et dont l'arbre 42, parallèle à l'axe de la tige 37, tourne dans des paliers 43, 44. L'arbre 42 est entraîné en rotation par un moteur non représenté; ce moteur pourrait, par exemple, être le moteur horloge. Il est à remarquer que cette vitesse de rotation du contacteur ne conditionne pas par sa constance absolue le fonctionnement du dispositif.

Contre la surface extérieure du contacteur 41, frottant également deux balais conducteurs fixes 45, 45a. Le balai 45 est relié, par exemple, à la borne positive d'une source de courant électrique continu et le balai 45a est relié à la borne négative de cette source par un conducteur 46 sur lequel est interposé, en série, l'inducteur 47 d'un moteur électrique 48 de changement de pas. Les balais du collecteur 49 du moteur 48 sont reliés respectivement aux balais 39 et 39a. L'arbre 50 du moteur 48 comporte un pignon de renvoi 51 agissant sur la commande 52 de changement de pas, dans le moyeu 2 de l'hélice.

Le contacteur 41 comporte, clavetés sur l'arbre 42, des noyaux isolants non représentés qui servent d'entretoises d'écartement et de maintien pour la surface extérieure conductrice cylindrique du contacteur 41. Cette surface extérieure conductrice n'est pas continue au point de vue électrique et est constituée par une série de bagues séparées les unes des autres par des lignes qui sont des sections planes obliques du cylindre. Ces bagues sont au nombre de cinq. Les bagues extrêmes 53, 53a sont reliées par un conducteur intérieur 54 et la bague 53 est en contact permanent avec le balai 45. La bague médiane 55 est en contact permanent avec le balai 45. La bague médiane 55 est en contact permanent avec le balai 45a. Les bagues intermédiaires 56 et 56a en contact permanent avec les balais 39 et 39a lorsque ces derniers sont en position neutre, sont reliés par un conducteur 57 sur lequel est interposée, en série, une résistance 58 d'absorption des extra-courants de rupture. Les con-

ducteurs 54 et 57, ainsi que la résistance 58, sont compris à l'intérieur du cylindre qui limite le contacteur 41.

L'inclinaison des plans de section des différentes bagues 53, 53a, 55, 56 et 56a, constituant des séparations isolantes, en combinaison avec les largeurs des balais 45, 45a, 39 et 39a comptées selon l'axe de rotation du contacteur, est telle que le balai 45 frotte constamment sur la bague 53, sans venir toucher la bague 56a, que le balai 45a soit constamment au contact de la bague 55 sans venir toucher les bagues 56 et 56a, d'une part, et que, en position neutre, d'autre part, les balais 39, 39a frottent constamment sur les bagues 56 et 56a sans venir toucher les bagues 53 et 53a, d'une part, ou la bague 55, d'autre part. Les pistes des balais 45, 45a et 39, 39a, en position neutre, sont indiquées en pointillé sur la fig. 2.

Le fonctionnement du dispositif ainsi décrit est le suivant :

S'il se produit une variation de vitesse de l'arbre 1 du moto-propulseur, le répéteur d'angle constitué par l'émetteur 4 et le récepteur 8 inflige une variation correspondante à l'arbre 9. L'arbre 15 est entraîné à vitesse constante par le moteur horloge 10 et si le synchronisme des rotations de l'arbre 15 et de l'arbre 9 n'est plus respecté, la roue 18 du différentiel entre en rotation. Cette roue 18 provoque une rotation de l'arbre 20 par le pignon 19 et le planétaire 21 pivote. Le planétaire 32 offrant une résistance, les satellites 22 sont entraînés et la couronne 23 actionne, par le pignon 24, l'arbre 25 du régulateur volant et frein.

La vitesse de rotation du régulateur 25 dépend de l'importance de la variation de vitesse de l'arbre 1. Le disque 27, attiré sur la garniture de frein 28, fait croître un effort de freinage et le planétaire 32 est soumis de ce fait à un couple proportionnel à l'effort de freinage, fonction croissante de la vitesse du régulateur 25 et donc, de la variation de vitesse de l'arbre 1. Ce couple est équilibré par le ressort 34 et se traduit par une déviation angulaire de l'arbre 33 qui entraîne une déviation angulaire correspondante pour le secteur denté 35. La crémaillère 36 et la tige 37 se déplacent, causant un déplacement correspondant aux balais 39, 39a. Ces balais quittent les pistes neutres et viennent au contact des bagues 53 et 55 ou 53a et 55, selon le sens de la variation de vitesse que subit l'arbre 1.

L'amplitude du déplacement des balais 39, 39a détermine la durée du contact réalisé avec les bagues 53, 55 ou 53a, 55, envoyant ainsi au moteur 48 une série d'impulsions électriques de polarités convenables.

Si, par exemple, l'hélice tourne trop vite, la correction nécessite que le balai 39a vienne au contact de la bague 53, et le balai 39 vient au contact avec

la bague 55, de façon synchrone. Il en résulte que le moteur 48 est relié à la source de courant continu pendant une fraction de chaque tour du contacteur 41, dans un sens de branchement déterminé.

Plus le déséquilibre ou la variation de vitesse de l'arbre 1 est grand, plus l'action du frein 28 est forte et, en conséquence, plus le déplacement de la tige 37 et des balais 39, 39a est grand. La fraction de tour active du contacteur 41 est plus importante. La durée des impulsions reçues par le moteur 48 augmente au fur et à mesure que cette variation de vitesse augmente.

Au cas où la variation de vitesse de l'arbre 1 est de signe contraire, elle a pour conséquence un déplacement en sens inverse de la tige 37. Dans ces conditions, le balai 39 vient au contact de la bague 53a et le balai 39a au contact de la bague 55.

Le rôle du régulateur centrifuge 25 est en outre le suivant :

Si une variation de vitesse importante et brusque se produit, l'inertie de l'équipage mobile du régulateur 25 s'ajoute à l'effort de freinage, provoquant ainsi un déplacement brusque et important de la tige 37. Le moteur 48 aura donc une action très importante.

Lorsque l'inertie de l'équipage mobile est dépassée, seul l'effort de freinage sur le régulateur entre en jeu et détermine la mise en position des balais 39, 39a.

Quand, sous l'effet de la correction de pas de l'hélice apporté par le moteur 48, le déséquilibre tend à décroître, c'est-à-dire que l'arbre 1 tend à reprendre la vitesse de régime fixe, l'inertie de l'équipage mobile du régulateur joue en sens inverse en tendant à entraîner la couronne 23. Si cette décélération, en supposant qu'il y ait eu primitivement une accélération de l'arbre 1, est assez brusque, ce couple inverse, dû à l'inertie, sera supérieur à celui qui est dû au frottement et le décalage des balais 39, 39a sera tel que les courants électriques seront inversés; il en résultera un effet de freinage sur le moteur 48 qui reçoit des impulsions de polarité inverse. Ce freinage est anticipé puisqu'il est commandé par la décélération de la vitesse des variations imposées à la rotation de l'arbre 1, c'est-à-dire qu'il intervient avant le changement de sens du déséquilibre; il permet ainsi d'éviter les oscillations de pompage du régulateur et permet de supprimer tout frein sur le moteur 48 de commande.

Le dispositif de freinage constitué par le disque 27 et la garniture 28 est monté avec un serrage initial tel que un déséquilibre très léger sur la vitesse de rotation de l'arbre 1 entraîne une rotation du secteur 35 suffisante pour démarrer le moteur 48. Ceci est facilement obtenu par un réglage préalable. Si tout déséquilibre cesse, c'est-à-dire si l'arbre 1 revient à sa vitesse d'origine, cette pression initiale du frot-

teur 28 sur le disque 27 suffit pour conserver aux frotteurs 39, 39a un décalage de même sens que celui qui a précédé leur arrêt. Si le démarrage du moteur 48 a suffi pour renverser le sens du déséquilibre, la même correction se produira en sens contraire. En fonctionnement normal, le moteur 48 est donc soumis à une série ininterrompue d'impulsions dans un sens et dans l'autre. Le moteur 48 est donc maintenu perpétuellement dans une position de « quivive », ce qui permet de donner au dispositif une grande sensibilité et une grande rapidité de réponse.

La régulation automatique peut être à tout instant neutralisée et on peut y substituer une commande manuelle, en adaptant, à l'extrémité de la tige 37, une poignée de manœuvre ou, sur l'axe 33, un volant de commande à main. L'action de la main du pilote sur une telle commande est suffisante pour vaincre le couple équilibré par le ressort 34 et provoquer, si besoin est, une déformation supplémentaire de ce ressort. Le pilote peut donc régler lui-même l'importance et le sens des variations du pas de l'hélice sans que le système cesse de pouvoir revenir de lui-même à son fonctionnement automatique, lorsque les poignées de manœuvre sont lâchées.

Ce dispositif régulateur peut être employé à la synchronisation, par action sur les pas variables des hélices, des vitesses de rotation des groupes moto-propulseur sur un avion multimoteur, par montage de plusieurs différentiels tels que le différentiel 16, 17, 18 sur un arbre unique 15. Tous les planétaires 17 peuvent être commandés par un moteur horloge unique 10 ou par des moteurs horloges multiples analogues synchronisés. Tous les planétaires analogues au planétaire 16 sont commandés par des transmetteurs d'angle reliés au moto-propulseur correspondant. À chaque groupe moto-propulseur, correspond un ensemble régulateur analogue au régulateur 25 et un ensemble contacteur analogue au contacteur 41.

Les principaux avantages d'un dispositif ainsi conçu sont les suivants :

On obtient la transmission instantanée des déséquilibres même les plus faibles sur la vitesse de rotation de l'arbre du groupe moto-propulseur qui assure un démarrage franc du moteur 48 de correction;

On supprime les chocs violents, électriques et mécaniques, par la commande à impulsions, car les courants de commande sont maintenus variables par la rotation du contacteur et les variations sont donc limitées en vitesse par la self-induction des circuits;

La progressivité de la correction est assurée par l'adaptation de l'importance de la correction à l'importance du déséquilibre, compte tenu cependant d'un seuil de puissance; ceci fatigue donc moins le

moteur de correction et contribue à éviter les pompages;

On peut supprimer l'existence d'un frein sur le moteur de correction;

On peut supprimer tout relais électromagnétique, ce qui limite d'autant les difficultés de l'anti-parasitage et permet de simplifier le câblage;

Le passage du manuel en automatique et inversement est immédiat et sans renvoi ou débrayage;

Le passage brusque en drapeau est obtenu avec toute la puissance du moteur de commande et sera donc accélérée;

On peut synchroniser un nombre quelconque de groupes moto-propulseurs et en assurer le réglage grâce à un moteur horloge unique.

Il va de soi que, sans sortir du cadre de l'invention, on pourra apporter des modifications aux formes de réalisation qui viennent d'être décrites. En particulier, lorsqu'il est nécessaire d'obtenir des couples différents pour le moteur de correction selon le sens de rotation de ce moteur, c'est-à-dire selon le sens de variation des déséquilibres, il suffira de faire varier l'inclinaison des séparations isolantes des bagues du contacteur, de manière à pouvoir envoyer des impulsions plus fortes dans un sens que dans l'autre. De plus, le transmetteur d'angle électrique pourrait être d'un type quelconque ou même être remplacé par un transmetteur mécanique. Il va de soi également que les appareillages électromécaniques décrits pourraient être remplacés par leurs équivalents mécaniques, pneumatiques ou hydrauliques.

Il va de soi, en outre, que ces dispositifs régulateurs ou régulateurs synchroniseurs pourraient être appliqués à des groupes turbo-propulseurs.

RÉSUMÉ.

La présente invention comprend notamment :

1° Un procédé de réglage de la vitesse d'un arbre pivotant sous l'action d'un moteur par modification du couple résistant appliqué audit arbre, procédé selon lequel l'organe de commande qui agit sur le couple résistant reçoit des impulsions de réglage, de fréquence sensiblement constante, mais de durées variables, ces durées étant fonction des variations de vitesse de l'arbre moteur et des accélérations de ces variations, le sens des impulsions motrices étant fonction du sens desdites variations.

2° Des modes de mise en œuvre d'un procédé tel que spécifié sous 1°, présentant notamment les particularités suivantes, applicables séparément ou en diverses combinaisons :

a. Le moteur est un groupe propulseur pour avion, le couple résistant variable étant fourni par une hélice à pas variable;

b. Les moyens de commande sont des moyens électriques;

c. On effectue la différence des vitesses de rota-

tion d'un arbre tournant à vitesse rigoureusement constante et égale à la vitesse de régime choisie pour le groupe propulseur, et de l'arbre du groupe, ou de vitesse de rotation proportionnelle à ces dernières, la vitesse résultante étant transmise à un transformateur qui règle le sens et la durée d'impulsions électriques rythmées envoyées au moteur de changement de pas de l'hélice;

d. La différence des vitesses spécifiées sous *c* est transformée en un couple, fonction croissante de cette différence de vitesse et équilibré par des moyens élastiques, la résultante des actions dudit couple et des actions antagonistes élastiques fournissant un écart angulaire sur un arbre appliqué à l'organe de commande d'un relais électrique à impulsions rythmées, cet organe de commande réglant la durée et le sens des impulsions;

e. Le couple spécifié sous *d* est obtenu à partir d'un couple de freinage, fonction croissante de la vitesse de rotation d'un équipement mobile qui présente une inertie notable, cette vitesse de rotation étant proportionnelle à la différence des vitesses spécifiées sous *c*;

f. Le transformateur spécifié sous *c* est réglé pour fonctionner comme tel au delà d'un seuil de variation de vitesse de l'arbre du groupe moteur, seuil en deçà duquel le fonctionnement est assuré par un freinage initial de l'équipage spécifié sous *e*;

g. On synchronise une série de groupes moteurs au moyen d'au moins un arbre pivotant à vitesse rigoureusement constante.

3° Un appareillage permettant la mise en œuvre d'un procédé tel que spécifié sous 2°, présentant les particularités suivantes, applicables séparément ou en diverses combinaisons :

a. Un dispositif répéteur d'angle à distance est attelé par son groupe émetteur sur l'arbre du groupe moteur alors que le groupe récepteur dudit répéteur est attelé à l'un des planétaires d'un différentiel dont l'autre reçoit un mouvement à vitesse rigoureusement constante, ces deux vitesses de rotation desdites planétaires étant proportionnelles ou égales à la vitesse nominale choisie pour l'arbre du groupe moteur, ladite vitesse constante étant fournie par un moteur horloge;

b. La couronne porte-satellites du différentiel spécifié sous *a* est attelée par engrenage à l'un des planétaires d'un second différentiel;

c. Le second planétaire du second différentiel est attelé à un arbre rappelé en position neutre par un dispositif élastique de torsion;

d. La couronne porte-satellites du second différentiel est attelée par engrenage à un régulateur volant et frein dont l'équipage mobile comporte un anneau relié à un disque qui peut s'appliquer sur une garniture de freinage;

e. L'arbre rappelé en position neutre est attelé par secteur denté et crémaillère à une tige de commande porteuse de balais qui sont ainsi rendus mobiles;

f. Les balais portés par la tige de commande sont mobiles le long des génératrices d'un cylindre pivotant à vitesse constante, ce cylindre comportant des bagues séparées conductrices de courant électrique, les balais mobiles étant reliés aux balais du collecteur du moteur de commande de variation du pas de l'hélice, alors que des balais fixes, au contact avec le cylindre précité, sont interposés en série dans le circuit de l'inducteur dudit moteur variateur du pas, circuit qui aboutit aux bornes d'une source de courant électrique continu;

g. Les bagues conductrices du cylindre pivotant sont séparées par des zones isolantes constituées par des surfaces comprises entre des sections parallèles planes ou non dudit cylindre, obliques par rapport à son axe;

h. Le cylindre comporte cinq bagues dont la hauteur est déterminée en fonction de l'épaisseur des balais fixes et mobiles de façon que chacun d'entre eux puisse, les balais mobiles étant dans une position déterminée neutre, être au contact constant d'une de ces bagues et d'une seule;

i. Les deux bagues extrêmes sont reliées électriquement par un conducteur intérieur au cylindre et un balai fixe frotte constamment sur l'une d'entre elles, alors que le second balai fixe frotte constamment sur la bague centrale;

j. Les deux bagues intermédiaires sont reliées électriquement par un conducteur résistant;

k. Le régulateur spécifié sous *d* possède un équipement mobile d'assez grande inertie et le disque de freinage est appliqué sur la garniture avec une pression initiale prédéterminée;

l. Une poignée de manœuvre manuelle est attelée, directement ou non, à la tige de commande;

m. Un volant de commande manuelle est adapté directement ou indirectement sur l'arbre rappelé en position neutre spécifié sous *c*;

n. L'arbre du moteur horloge spécifié sous *a* qui tourne à vitesse rigoureusement constante est attelé directement ou indirectement à un arbre qui entraîne directement ou indirectement les premiers planétaires des premiers différentiels de groupe de réglage identiques relatifs à chacun des groupes moto-propulseurs d'un avion multimoteur, pour en réaliser la synchronisation.

Société dite : SOCIÉTÉ D'ÉTUDES ET D'EXPLOITATION.
DES HÉLICES RATIER.

Par procuration :

ELLUIN, BARNAY & MASSALSKY.

Société d'Études
et d'Exploitation des Hélices Ratier

Fig. 1

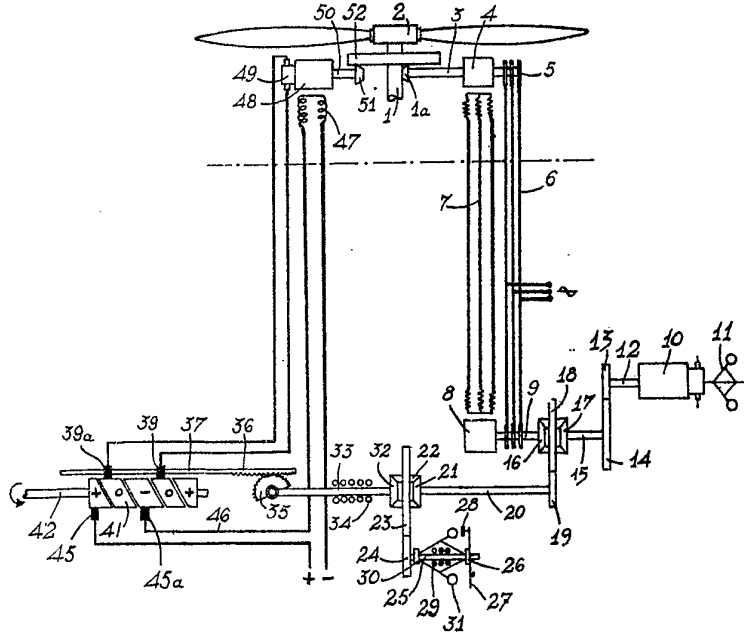


Fig. 2

