

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

N° 81 22489

⑤4 Système d'entraînement électrique pour mitrailleuse du type Gatling.

⑤1 Classification internationale (Int. Cl.³). H 02 P 5/16; F 41 D 7/04, 11/00.

⑫2 Date de dépôt..... 1^{er} décembre 1981.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée : *EUA, 4 décembre 1980, n° 213.243.*

④1 Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 23 du 11-6-1982.

⑦1 Déposant : GENERAL ELECTRIC COMPANY, résidant aux EUA.

⑦2 Invention de : James Albert Kleptz.

⑦3 Titulaire : *Idem* ⑦1

⑦4 Mandataire : Alain Catherine, Getsco,
42, av. Montaigne, 75008 Paris.

L'invention concerne, d'une manière générale, un système d'entraînement électrique destiné à faire tourner le groupe de canons d'une mitrailleuse du type Gatling.

On trouve un système d'entraînement électrique destiné à faire tourner le groupe de canons dans le brevet des E.U. 502.185; ce système remplaçait la manivelle, alors d'emploi courant. La première mitrailleuse moderne du type Gatling avait elle aussi un entraînement par moteur électrique (voir brevet des E.U. 2.849.921). Dans ces mitrailleuses du type Gatling et dans celles qui suivirent, après le tir d'une rafale, le moteur cessait d'entraîner, et le groupe de canons, soumis à sa seule inertie, pouvait s'arrêter, tandis que le dispositif d'alimentation était débrayé et que les projectiles déjà en place passaient dans la mitrailleuse et en sortaient sans être tirés. Dans la mitrailleuse GAU-8/A, entraînée par moteur électrique, le sens de rotation du groupe de canons s'inverse après le tir d'une rafale, et les projectiles déjà dans la mitrailleuse sont ramenés par le dispositif d'alimentation dans le système de manoeuvre des munitions. Après la mitrailleuse GAU-8/A, un système pneumatique capable d'effectuer une telle opération de dégagement par marche arrière se trouve dans le brevet des E.U. 4.046.056.

Il existe un grand nombre de systèmes de moteurs électriques utilisés pour une commande de sens et de vitesse. On en trouvera par exemple dans les brevets des E.U. 3.213.343, 3.349.309, 3.694.715 et 3.519.907.

La présente invention fournit un système d'entraînement électrique à moteur à courant continu pour mitrailleuse du type Gatling, capable d'obtenir les résultats suivants :

1. Accélérer le groupe de canons et le dispositif d'alimentation de telle façon qu'ils atteignent en un minimum de temps un pourcentage élevé de la cadence de tir ;
2. Tirer un nombre de coups prédéterminé au cours de la première seconde, pendant que le groupe de canons et le dispositif d'alimentation accélèrent et atteignent la pleine cadence de tir ;
3. Maintenir la pleine cadence de tir jusqu'à la

suppression du signal de déclenchement;

4. Appliquer un couple moteur maximum de sens inverse jusqu'à obtention d'une vitesse de dégagement par marche arrière prédéterminée; puis

5 5. Freiner dynamiquement le groupe de canons et le dispositif d'alimentation, et l'arrêter complètement.

Une caractéristique de l'invention est la présence d'un moteur réversible, qui est un moteur à excitation shunt, à courant continu, possédant un induit à deux enroulements de champ séparés capables de produire chacun un flux inducteur nominal. Ce moteur peut tourner dans les deux sens: l'excitation de l'un des enroulements de champ le fait tourner dans le sens des aiguilles d'une montre, l'excitation de l'autre, dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Un asservissement couple les deux enroulements de champ; il a un seul élément de commande actif dans le circuit d'induit à courant élevé, pour régler l'intensité du courant d'induit, et deux amplificateurs à faible puissance ayant chacun un élément de commande actif et commandant chacun l'intensité du flux inducteur (et donc, dans certains cas, l'intensité du courant d'induit) dans un sens respectif donné.

La description qui va suivre se réfère aux figures annexées, qui représentent respectivement:

25 . figure 1, un schéma fonctionnel d'un système de moteur mettant en oeuvre l'invention;

. figure 2, un schéma fonctionnel simplifié de l'état du moteur et de l'amplificateur de puissance quand le rotor tourne en régime permanent;

30 . figures 3A, 3B et 3C, prises conjointement, un schéma de montage simplifié du système des figures 1 et 5;

. figure 4, un schéma de montage de la fonction signe SGN (e_1) du système de la figure 1; et

35 . figure 5, un schéma fonctionnel d'un générateur de signaux triangulaires, à utiliser conjointement à la figure 1.

Une mitrailleuse du type Gatling possède un rotor 10 équipé d'un groupe de canons 12. Le rotor, entraîné par un moteur 14, entraîne lui-même un tambour 16 d'alimentation en munitions. Le moteur entraîne également un tachymètre 18.
5 La mitrailleuse peut être du type représenté dans le brevet des E.U. 3 611 871, et le tambour peut être du type représenté dans le brevet des E.U. 4 004 490.

Une batterie 20 d'accumulateurs de 210 volts alimente en courant continu un amplificateur de puissance 22
10 d'induit. La batterie d'accumulateurs peut être alimentée par une source convenable, telle qu'un chargeur 23 d'accumulateur.

Une première tension, fonction de la commande de cadence de tir, est couplée à une première entrée d'un additionneur 24. Une seconde tension, fonction de la vitesse de
15 rotation du canon, est délivrée par le tachymètre 18 à une seconde entrée de l'additionneur 24. La polarité de la seconde tension est telle que ce qui apparaît à la sortie de l'additionneur est la différence algébrique entre la première et la seconde tension. La tension de sortie de l'additionneur 24 est amplifiée par un amplificateur 26, dont la
20 tension de sortie constitue une première tension d'entrée appliquée à une première entrée d'un additionneur 28. Cette première tension d'entrée, fonction de la différence entre
25 la cadence de tir prescrite de la mitrailleuse (autrement dit la vitesse de rotation prescrite de la mitrailleuse) et sa cadence de tir effective sert à commander un courant du moteur de telle façon que la différence entre la cadence prescrite et la cadence effective diminue.

30 Une seconde tension d'entrée, fonction du courant d'induit du moteur 14, est fournie par la sortie du circuit 30 de la fonction signe SGN (e_1) et est appliquée à une seconde entrée de l'additionneur 28. La polarité donnée à cette seconde tension par le circuit 30 de la fonction
35 signe SGN (e_1) est telle que l'amplitude de la tension de sortie de l'additionneur 28 soit diminuée. Le circuit de la fonction signe SGN (e_1) sert à permettre l'application d'une

contre-réaction aux étages qui suivent l'additionneur 28, quelle que soit la polarité, positive ou négative, de la tension de sortie de l'amplificateur 26. Grâce à cela, le courant d'induit du moteur 14 a toujours la même polarité.

5 Quelle que soit la polarité de la tension de sortie de l'additionneur 28, une augmentation de l'amplitude de cette polarité se traduit par une augmentation du courant d'induit, courant qui n'a qu'une seule polarité. On verra plus loin que la polarité et la grandeur du signal de sortie de
10 l'additionneur 28 déterminent aussi lequel des enroulements de champ, 32 ou 34, du moteur sera excité, et la grandeur de cette excitation.

La sortie de l'additionneur 28 est reliée à l'entrée d'un amplificateur 36 de gain +1 qui sert de
15 mémoire temporaire à l'additionneur 28.

Un amplificateur 38, de gain -1, a son entrée reliée à la sortie du circuit de la fonction signe $\text{SGN}(e_1)$ et sa sortie reliée, par l'intermédiaire de deux diodes Zener 40 et 42, montées dos à dos, à l'entrée d'un amplificateur 44. La sortie de l'amplificateur 36 est, elle aussi,
20 reliée à l'entrée de l'amplificateur 44. La tension de sortie de l'amplificateur 38 est directement proportionnelle à l'intensité du courant d'induit du moteur. La polarité de cette tension de sortie de l'amplificateur 38 est imposée
25 par le circuit 30 de la fonction signe $\text{SGN}(e_1)$, qui lui donne un signe opposé à celui de la tension de sortie de l'amplificateur 36. Quand la tension de sortie de l'amplificateur 38 atteint la tension de claquage de la diode 40 ou 42 (suivant la polarité de la tension de sortie de l'amplificateur 38), la tension de sortie de l'amplificateur 36
30 ne peut plus augmenter, d'où impossibilité pour le courant d'induit du moteur de continuer à croître. La tension de claquage des diodes 40 et 42 détermine donc la valeur maximale du courant d'induit du moteur.

35 L'amplificateur 44 sert de mémoire temporaire et a un gain pour obliger indirectement la tension de sortie de l'amplificateur 36 à prendre de faibles valeurs. La

tension de sortie de l'amplificateur 44, appelée tension e_1 , est appliquée à une première entrée du circuit 30 de la fonction signe SGN (e_1). La polarité de la tension e_1 détermine la polarité de la tension de sortie du circuit 5 30 de la fonction signe SGN (e_1).

La tension e_1 sert également à exciter l'amplificateur de champ du moteur; cet amplificateur, modulé en largeur d'impulsion comporte un additionneur 50 à deux entrées, l'une qui reçoit la tension e_1 et l'autre une tension de réaction e_2 . La tension de sortie e_3 de l'additionneur 50 est appliquée à deux circuits d'enroulement de champ: l'un de marche avant, l'autre de marche arrière. Le circuit de l'enroulement de champ de marche avant comporte un modulateur 52 de largeur d'impulsion de marche avant dont le signal de sortie arrive dans un amplificateur de puissance 54 de champ de marche avant; ce dernier peut comprendre un commutateur Q_1 dont le signal de sortie va à l'enroulement 34 de champ de marche avant (comprenant une résistance R_{F1} et une inductance L_{F1}), passe par une résistance ou shunt R_{S1} et arrive à une masse formant retour. Une diode 56 shunte en inverse l'enroulement de champ et la résistance. La tension apparaissant aux bornes de la résistance R_{S1} va à une première entrée d'un amplificateur 58. Le circuit de l'enroulement de champ de marche arrière 25 comporte un modulateur 60 de largeur d'impulsion de marche arrière dont le signal de sortie arrive dans un amplificateur de puissance 62 de champ de marche arrière; ce dernier peut comprendre un commutateur Q_2 dont le signal de sortie va à l'enroulement 32 de champ de marche arrière (comprenant 30 une résistance R_{F2} et une inductance L_{F2}), passe par une résistance R_{S2} et arrive à une masse formant retour. Une diode 64 shunte en inverse l'enroulement de champ et la résistance. La tension apparaissant aux bornes de la résistance R_{S2} va à une seconde entrée de l'amplificateur 58. La polarité de la tension de sortie de l'additionneur 50 détermine lequel des circuits d'enroulement de champ est excité 35 et, par conséquent, le sens du couple de sortie du moteur 14.

Les tensions apparaissant aux bornes des résistances R_{S1} et R_{S2} sont fonction des courants inducteurs correspondants, i_{F1} et i_{F2} , et la tension de sortie de l'amplificateur 58 est proportionnelle à la différence entre ces courants inducteurs; cette tension, égale à $K(i_{F1} - i_{F2})$ est appelée e_2 . La tension e_2 est donc fonction de l'intensité et de la polarité du flux inducteur du moteur et est appliquée à la seconde entrée de l'additionneur 50. La tension de sortie e_3 de l'additionneur 50, égale à $K(e_1 - e_2)$, détermine la polarité et l'intensité du flux inducteur du moteur.

La tension e_1 sert encore d'excitation à l'amplificateur de puissance d'induit du moteur; cet amplificateur à marche modulée en largeur d'impulsion comporte un réseau de retard 70, dont la tension de sortie va à un modulateur 72 d'impulsions en durée; ce modulateur excite l'amplificateur de puissance 22 de l'induit, dont le signal de sortie attaque l'induit 74 du moteur 14 par l'intermédiaire d'un shunt R_{SA} de courant d'induit. La tension $I_A R_{SA}$ apparaissant aux bornes du shunt est le second signal d'entrée appliqué au circuit 30 de la fonction signe SGN (e_1). Le réseau de retard peut être un filtre passe-bas ayant une pente terminale de, par exemple, 6 dB par octave. Le réseau de retard sert à filtrer et à stabiliser la boucle du courant d'induit. Le modulateur 72 de largeur d'impulsion est unidirectionnel et possède une zone morte suffisante pour que la tension e_1 développe dans l'enroulement de champ approprié 32 ou 34 la quasi totalité du champ inducteur avant de faire passer le courant dans l'induit 74 du moteur par l'intermédiaire de l'amplificateur de puissance 22 d'induit et son commutateur Q_3 .

Le courant traversant l'induit peut provenir de l'une de deux sources possibles. Dans le mode normal, le courant arrivant dans l'induit vient de la batterie 20 d'accumulateurs et passe par le commutateur Q_3 à marche modulée en largeur d'impulsion. C'est ce qui se produit quand la valeur de e_1 est supérieure à celle de la zone morte incorporée dans le modulateur 72 de largeur d'impulsion.

Dans l'autre mode, le courant passe par une diode 80 montée entre la masse et le conducteur allant à l'induit. Ce mode est possible parce que la polarité de la tension e_1 peut provoquer une inversion de la polarité du flux inducteur après que l'induit du moteur ait développé la vitesse de rotation dans un sens particulier. Une telle inversion de la polarité du flux inducteur a pour origine une diminution ou une inversion de la tension de commande de la cadence de tir. L'inversion du flux inducteur transforme le moteur en une génératrice qui fait passer du courant par la diode 80 aussi longtemps que le commutateur Q_3 est ouvert. L'énergie d'inertie de l'induit se transforme en chaleur au fur et à mesure que l'induit ralentit. Il n'y a pas d'injection de courant dans la batterie d'accumulateurs lorsque le commutateur Q_3 est ouvert.

Le courant conserve en permanence une valeur limite maximale grâce à l'effet de claquage des diodes Zener 40 et 42. La commande du courant se fait soit par la fonction de commutation du commutateur Q_3 soit, grâce à la diode 80, par des inversions du courant donnant naissance au flux inducteur.

Quand la mitrailleuse et l'induit du moteur sont au repos, une tension positive de commande de tir entraîne une tension positive e_1 , modulée en largeur d'impulsion à par exemple, 1200 Hz par le modulateur 52 de marche avant, sensible uniquement à une tension d'entrée positive. Ce modulateur 52 met en circuit l'amplificateur 54 de puissance de champ de marche avant, ce qui se traduit par la fermeture de Q_1 , et le courant circule dans l'enroulement 34 de champ de marche avant. Un courant relativement faible, dû à l'induction mutuelle, apparaît dans l'enroulement de champ de marche arrière, un trajet pour ce courant étant assuré par la diode 64 de shunt. Il y a soustraction entre les tensions aux bornes des résistances détectrices de courant R_{S1} et R_{S2} (respectivement en série avec les enroulements de champ) pour fournir à l'additionneur 50 une tension de réaction $K(i_{F1} - i_{F2})$ qui est proportionnelle à la différence des

courants passant dans les enroulements de champ. Un flux inducteur maximum apparaît dans le moteur pour, par exemple, une différence de 20 ampères entre les courants inducteurs.

5 La tension e_1 va également au modulateur 72 de largeur d'impulsion de l'induit, qui délivre une tension de sortie positive quelle que soit la polarité du signal d'entrée, c'est-à-dire réalise une modulation de largeur d'impulsion opérant sur la valeur absolue du signal. L'amplificateur de puissance de l'induit est donc branché, avec son commutateur Q_3 fermé, pour provoquer une circulation positive de courant dans l'induit, d'où production d'un couple positif (ou vitesse de rotation de marche avant) par le moteur. Le moteur accélère la mitrailleuse et l'amène à sa vitesse de rotation prescrite (par exemple 4 200 coups par minute, soit, pour une mitrailleuse du type Gatling à sept canons, 600 tours par minute). Le maintien de la cadence de tir prescrite s'obtient par l'emploi de la boucle de réaction du tachymètre. La résistance R_{SA} de détection du courant d'induit, en série avec l'induit, sert à fournir une boucle de réaction interne au courant d'induit pour élargir la bande passante de la boucle du tachymètre et fournir un moyen pour limiter le courant d'induit à, par exemple, 700 ampères.

15 Quand le canon tire en régime permanent, l'état des amplificateurs d'induit et de l'enroulement de champ, donné à titre d'exemple, est celui de la figure 2.

 A la réception d'un signal d'arrêt de tir (suppression de la tension de commande de cadence de tir à l'entrée de l'additionneur 24), la polarité de la tension e_1 s'inverse, les commutateurs Q_1 et Q_3 s'ouvrent et le commutateur Q_2 se ferme. Par ces manoeuvres de commutateurs, la tension de la batterie d'accumulateurs cesse d'alimenter l'induit 74 et l'enroulement 34 de champ de marche avant, et un courant commence à passer dans l'enroulement 32 de champ de marche arrière. Le circuit de limitation du courant d'induit (qui comprend le circuit 30 de la fonction signe SGN (e_1) et les diodes Zener 40 et 42) sert à faire varier le courant i_{F2}

inducteur de marche arrière, et donc le flux inducteur et la force contre-électromotrice qui en découlent, pour maintenir dans l'induit un courant constant de 700 ampères. Comme le flux inducteur résultant a changé de polarité, le
5 courant d'induit positif produit un couple d'induit négatif qui décélère puissamment la mitrailleuse. La fonction signe SGN (e_1) de la boucle de réaction du courant d'induit maintient la stabilité de la boucle du courant d'induit et de la bou-
10 cle de réaction du tachymètre après inversion du champ pour avoir une décélération assistée, c'est-à-dire un freinage dynamique du moteur amenant celui-ci à l'arrêt complet.

Dans un système de mitrailleuse à dégagement par marche arrière obtenue en envoyant dans l'additionneur 24 une tension de commande de cadence dont la polarité est opposée à
15 celle de la commande de cadence de tir, l'application d'un couple d'induit maximum de sens inverse peut durer jusqu'à obtention d'une cadence prescrite de dégagement par marche arrière (par exemple 1 000 coups par minute). Cette cadence se maintient jusqu'à ce que le passage dans le canon d'un
20 nombre prescrit de douilles vides ait été détecté; à ce moment là, la mitrailleuse peut être amenée à l'arrêt par freinage dynamique.

Le moteur utilisé ici est un moteur shunt à courant continu, réversible et à service intermittent. Son
25 induit marche sous une tension nominale de 108 volts et il comporte deux enroulements de champ séparés capables de produire chacun le flux inducteur nominal quand on leur applique une tension de 20 volts.

Les figures 3A, 3B et 3C donnent à titre d'exem-
30 ple une réalisation de l'invention dans laquelle les différents éléments constituant les blocs des figures 1 et 5 sont délimités par des lignes en trait interrompu et portent des numéros de référence correspondants. Un générateur 82 de signaux délivre deux signaux triangulaires T_1 et T_2 au modu-
35 lateur 72 de largeur d'impulsion de l'induit, un signal triangulaire T_3 au modulateur 60 de largeur d'impulsion de l'enroulement de champ de marche arrière et un signal triangulaire T_4 au modulateur 52 de largeur d'impulsion en durée de l'enroulement de champ de marche avant.

REVENDEICATIONS

1. Système de moteur électrique, caractérisé en ce qu'il comprend:

- 5 . un enroulement d'induit;
- . un premier moyen fournissant un flux inducteur;
- . un second moyen commandant le courant passant dans l'enroulement d'induit;
- 10 . un troisième moyen (32,34,44,50,52,54,58,60,62) commandant la polarité et l'intensité du flux inducteur; et
- . un quatrième moyen délivrant du courant à l'enroulement d'induit.

2. Système suivant la revendication 1, caractérisé en ce que:

- 15 . le troisième moyen commandant la polarité et l'intensité du flux inducteur comprend:
 - un cinquième moyen (44) fournissant un premier signal (e_1) qui est une fonction de commande permettant de faire varier l'intensité et la polarité du flux inducteur;
 - 20 - un sixième moyen (58) fournissant un second signal (e_2) qui est fonction de l'intensité et de la polarité du flux inducteur; et
 - un septième moyen (50, 54 ou 50, 62) rendant la plus petite possible la différence entre le premier et le second signal.

25 3. Système suivant la revendication 1, caractérisé en ce que:

- . le quatrième moyen délivrant du courant à l'enroulement d'induit comprend:
 - 30 - un huitième moyen ayant un premier mode (70,72,22) de marche, dans lequel du courant fourni par une source externe est délivré à l'enroulement d'induit; et
 - un second mode (80,50,60,62,32,64, R_{S2} ,52,54,34,56, R_{S1} ,58) de marche, dans lequel la source externe est débranchée et l'induit est mis en court-circuit.

35 4. Système suivant la revendication 3, caractérisé en ce que le quatrième moyen délivrant du courant à

l'enroulement d'induit comprend en outre:

. un neuvième moyen commandant l'intensité du courant passant dans l'enroulement d'induit quand le huitième moyen est dans son premier ou son second mode de marche.

5. Système suivant la revendication 1, caractérisé en ce que:

. le troisième moyen commandant la polarité et l'intensité du flux inducteur comporte:

- un moyen (44) fournissant un signal de commande e_1 ;

- un moyen (50) recevant le signal de commande e_1 et un second signal de commande e_2 , et fournissant un signal différentiel de sortie $e_3 = e_1 - e_2$;

- un moyen d'enroulement de champ de marche avant comprenant:

un modulateur (52) de largeur d'impulsion de marche avant recevant le signal de commande e_3 et commandant un amplificateur (54) de puissance de champ de marche avant raccordé à un enroulement (34) de champ de marche avant;

- un moyen d'enroulement de champ de marche arrière comprenant:

un modulateur (60) de largeur d'impulsion de marche arrière recevant le signal de commande e_3 et commandant un amplificateur (62) de puissance de champ de marche arrière raccordé à un enroulement (32) de champ de marche arrière; et

- un moyen (58) recevant un signal fonction du courant i_{F1} passant dans l'enroulement de champ de marche avant, recevant un signal fonction du courant i_{F2} passant dans l'enroulement de champ de marche arrière et fournissant un signal $K(i_{F1} - i_{F2})$, appelé signal e_3 , fonction de la différence entre ces signaux.

6. Système suivant la revendication 5, caractérisé par:

. une première diode (56) montée en dérivation sur l'enroulement (34) de champ de marche avant;

. une seconde diode (64) montée en dérivation sur l'enroulement (32) de champ de marche arrière;

5 . le modulateur (52) de largeur d'impulsion de marche avant amène l'amplificateur de puissance (54) de champ de marche avant à fournir du courant à l'enroulement (34) de champ de marche avant quand le signal e_3 a une certaine polarité, et le courant produit par induction dans l'enroulement (32) de champ de marche arrière traverse la seconde diode (64); et

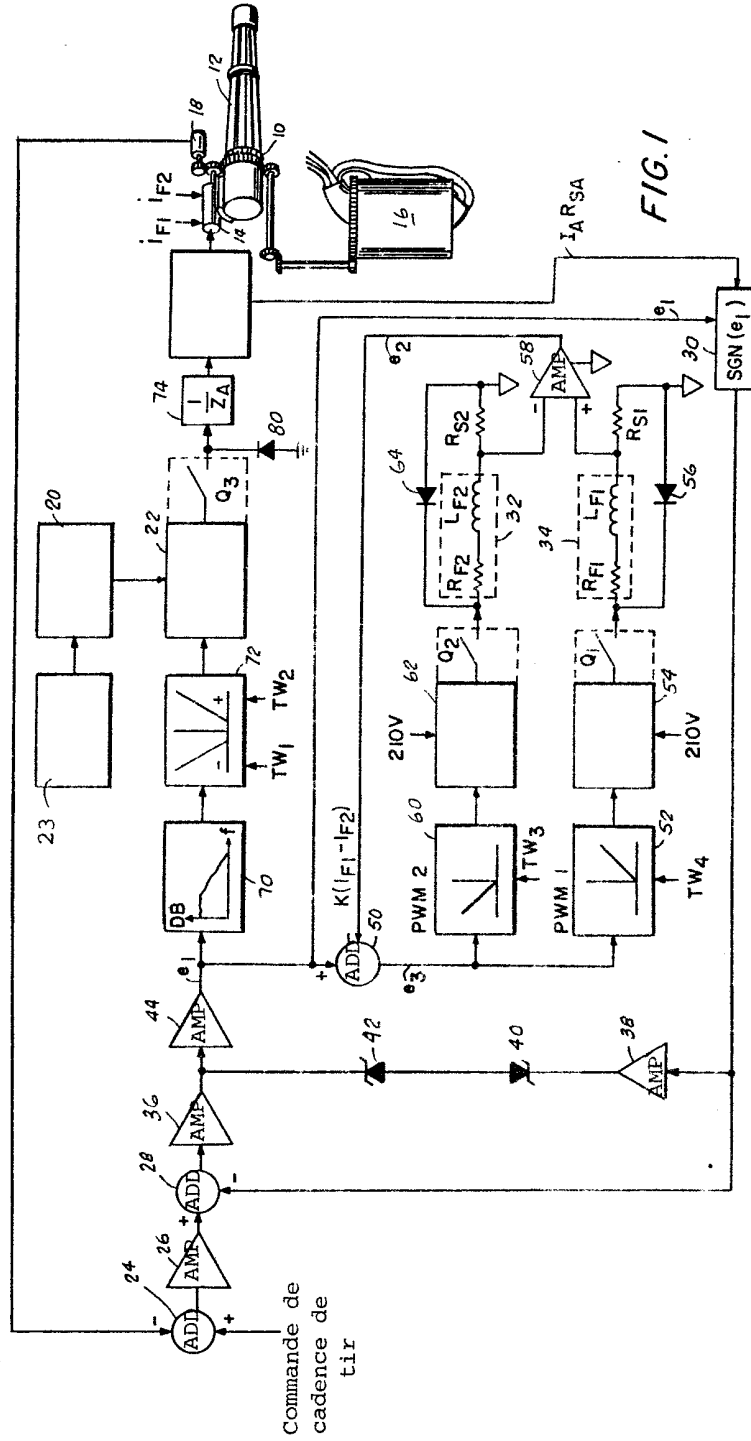
10 . le modulateur (60) de largeur d'impulsion de marche arrière amène l'amplificateur de puissance (62) de champ de marche arrière à fournir du courant à l'enroulement (32) de champ de marche arrière quand le signal e_3 a l'autre polarité, et le courant produit par induction dans l'enroulement (34) de champ de marche avant traverse la première diode (56).

7. Système suivant la revendication 2, caractérisé par:

20 . un dixième moyen recevant un premier signal fonction de la vitesse de rotation effective de l'induit, recevant un second signal fonction de la vitesse de rotation prescrite de l'induit et fournissant au cinquième moyen (44) un signal fonction de la différence entre le premier et le second signal.

25 8. Système suivant les revendications 2 ou 6, caractérisé par:

30 . un dixième moyen recevant
 - un premier signal, fonction de la vitesse de rotation effective de l'induit;
 . - un second signal, fonction de la vitesse de rotation prescrite de l'induit;
 - un troisième signal, fonction de la polarité du premier signal fourni par le cinquième moyen (44);
 - un quatrième signal, fonction du courant circulant dans l'induit, courant atteignant une limite prédéterminée, et fournissant au cinquième moyen (44) un signal, fonction du premier, du second, du troisième et du quatrième signal, et ne peut pas dépasser une valeur prédéterminée en présence du quatrième signal.



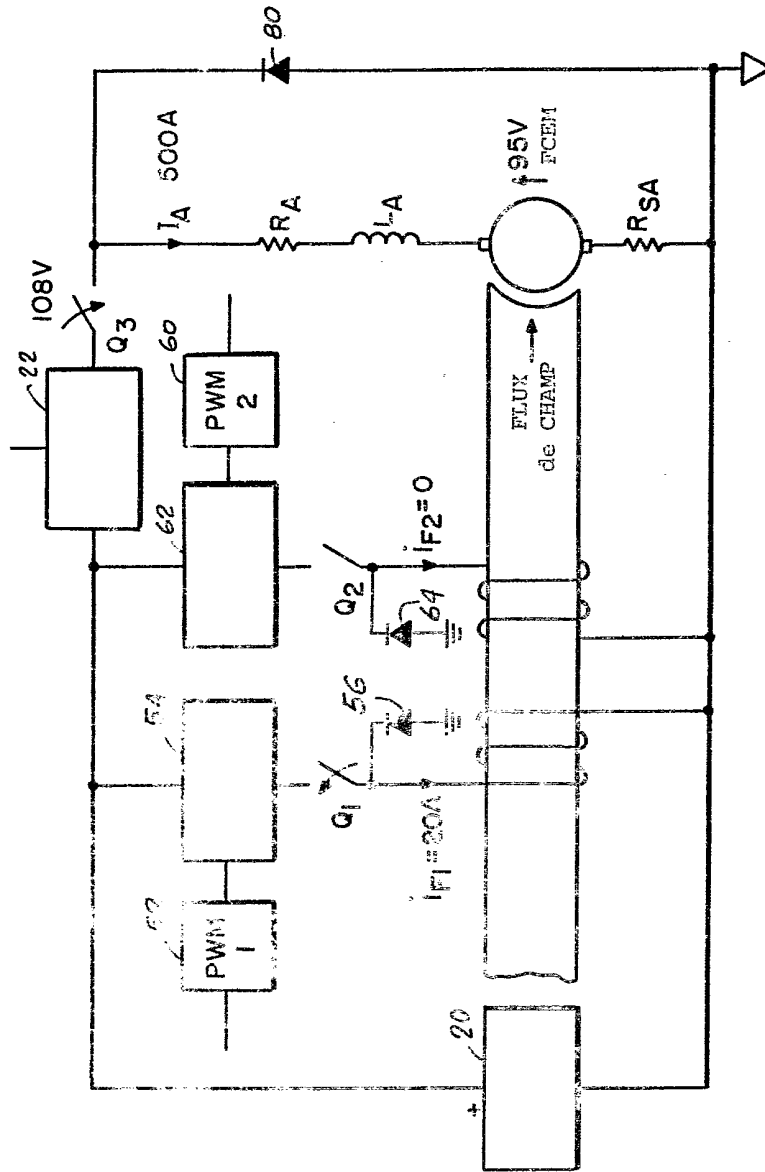


FIG. 2

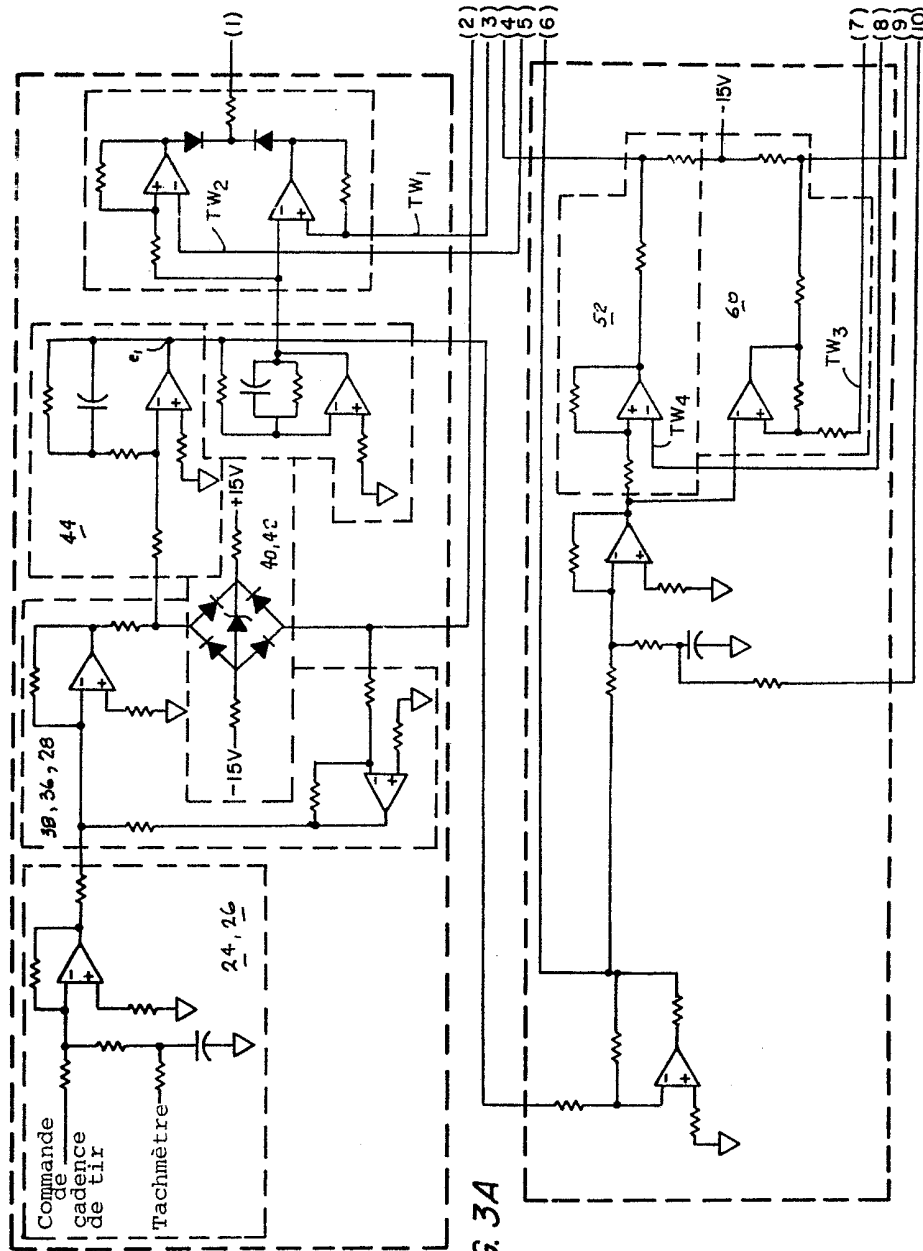
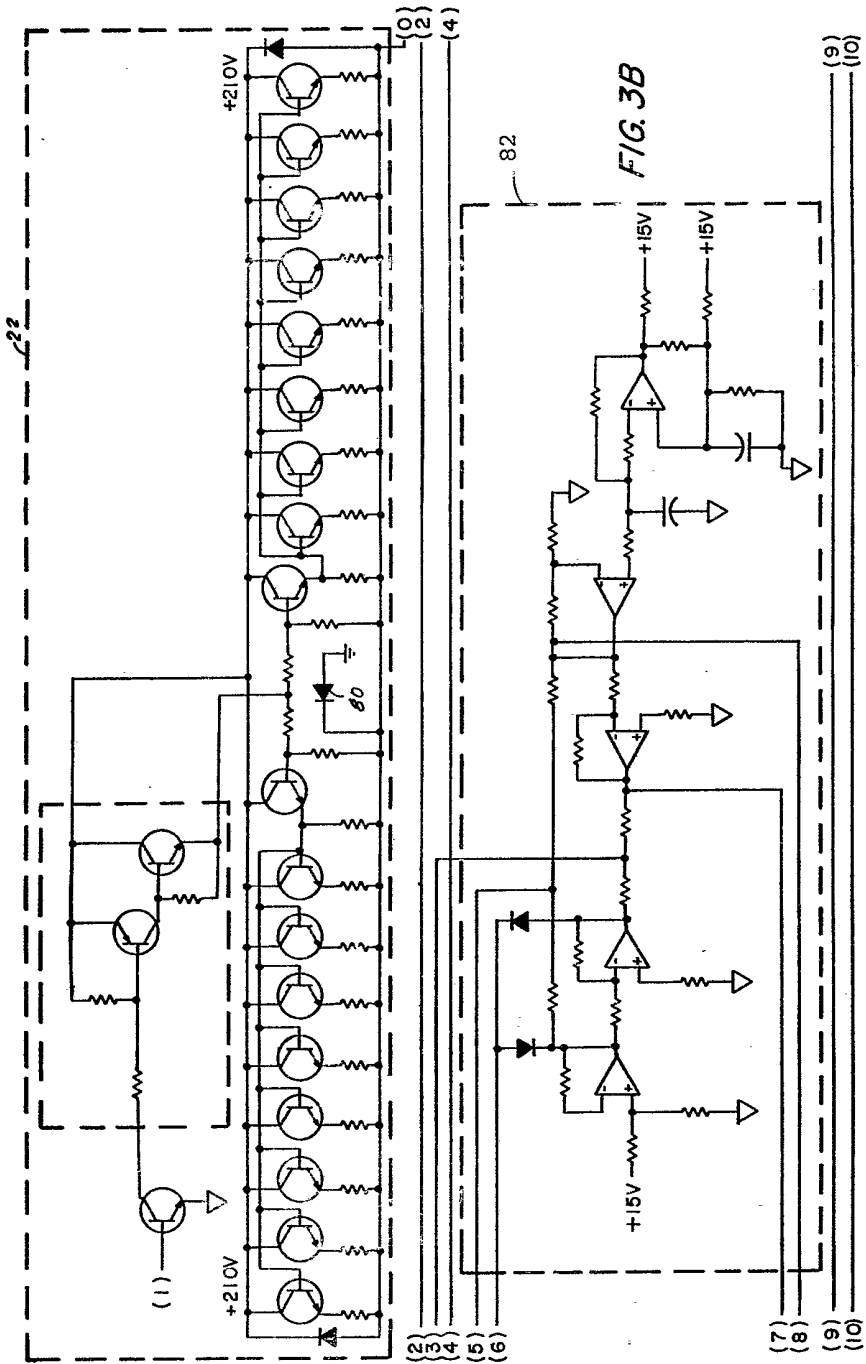
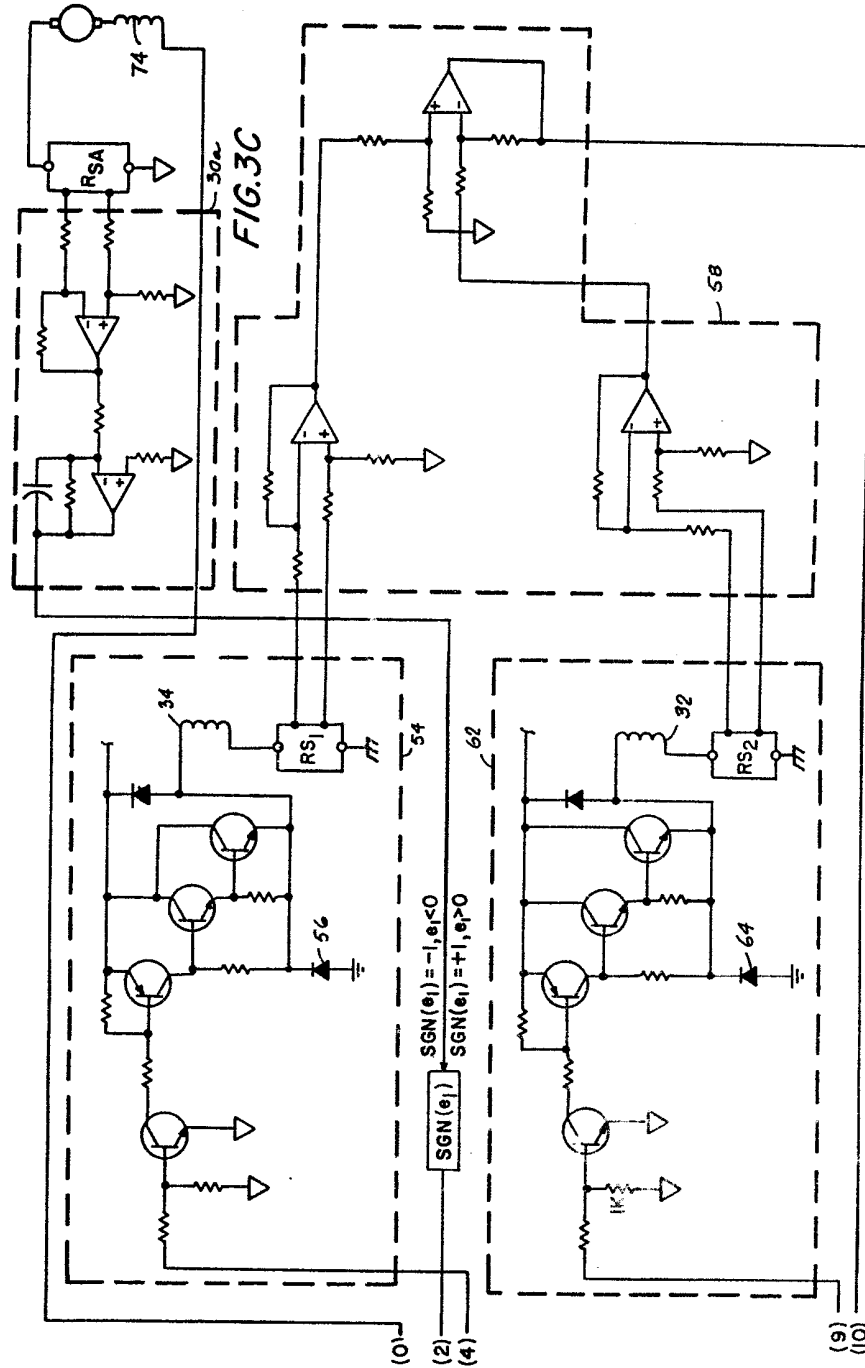


FIG. 3A





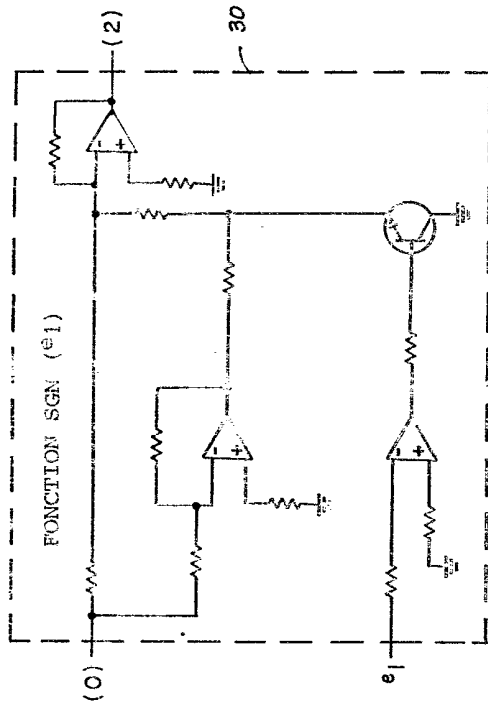


FIG. 4

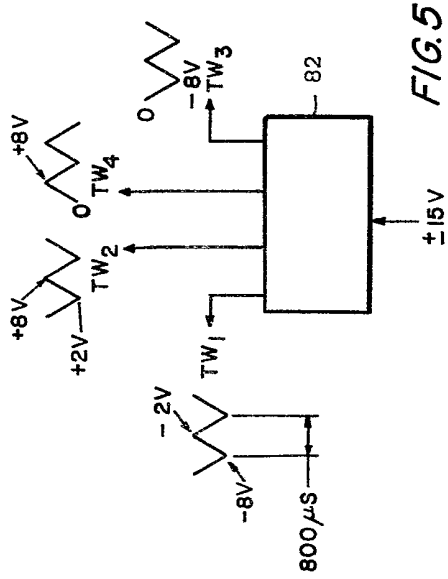


FIG. 5