

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 547 962

②1 N° d'enregistrement national :

84 08999

⑤1 Int Cl³ : H 02 P 6/02.

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 8 juin 1984.

③0 Priorité : US, 9 juin 1983, n^{os} 502.601, 502.663, 502.599
et 502.594.

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 52 du 28 décembre 1984.

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

⑦1 Demandeur(s) : GENERAL ELECTRIC COMPANY. — US.

⑦2 Inventeur(s) : Ricky Francis Bitting, William Peil, Thomas
Alfred Brown et William Kenneth Guzek.

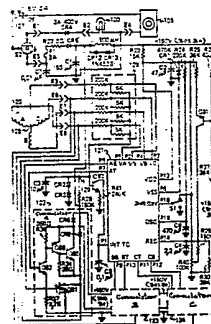
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : A. Catherine.

⑤4 Circuit intégré pour un circuit de commande d'un moteur à commutation électronique.

⑤7 Le circuit intégré 121 comprend : des bornes d'entrée P2-P5 connectées aux étages d'enroulements et au neutre 128 du moteur pour dériver la f.c.e.m induite dans des étages d'enroulement non excités successifs; un moyen de commutation d'entrée 140 sensible à un signal de sélection pour choisir un étage d'enroulements non excité; un amplificateur différentiel à transconductance 141, convertissant la f.c.e.m en un courant correspondant; une borne P1 reliant l'amplificateur à un moyen d'intégration capacitif C5; un moyen de comparaison de synchronisation 142 pour engendrer un signal de commutation lors de l'égalité de la tension du moyen d'intégration C5 avec une valeur convenable de commutation; des moyens logiques de commande 144, 145 engendrant des signaux de sélection d'étages d'enroulements suivant une séquence à états multiples dans chacun desquels un signal distinct est engendré pour choisir un étage d'enroulements non excité et au moins un étage d'enroulements pour l'excitation, l'état d'excitation du moteur changeant en réponse au signal de synchronisation; et des bornes de sorties P7-P12 pour coupler ces signaux d'excitation à un ensemble de moyens de commutation de puissance 122, 123, 124.

Application à la commande d'un appareil combiné de ventilation et d'éclairage.



FR 2 547 962 - A1

La présente invention concerne en général les appareils domestiques actionnés par un moteur à commutation électronique (MCE), un procédé de fonctionnement d'un MCE, et plus particulièrement un circuit de commande pour un MCE.

5 L'invention concerne en outre des circuits de commande pour des MCE se prêtant à une fabrication à l'aide d'une électronique à semiconducteur utilisant dans une large mesure une circuiterie intégrée monolithique, des circuits intégrés trouvant leur application dans ces circuits de commande pour

10 des appareils mus par un MCE, et à un ventilateur à vitesse variable mu par un MCE incorporant une telle circuiterie de commande.

On a jusqu'à présent fabriqué des circuits de commande pour des moteurs à commutation électronique en

15 utilisant des composants électroniques discrets, et le caractère souhaitable d'une fabrication de ces circuits de commande sous forme d'électronique à semiconducteurs, utilisant dans une large mesure une circuiterie intégrée monolithique, est très favorablement reçu parmi les spécialistes

20 de l'industrie électrique sinon manifesté par la présence importante de produits incorporant une telle circuiterie intégrée monolithique dans le marché actuel.

Les moteurs à commutation électronique auxquels s'applique cette circuiterie de commande sont décrits dans

les brevets des Etats-Unis n° 4 005 347, 4 169 990 et 4 162 435. Ces moteurs se caractérisent par un ensemble d'enroulements à étages multiples, et d'un ensemble magnétique, tous deux agencés pour une rotation mutuelle relative, le moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation à étapes multiples ayant un étage d'enroulements non excité dans lequel apparaît une force contre-électromotrice (fcem), qui intégrée en fonction du temps à une valeur prédéterminée indique l'instant auquel la position angulaire mutuelle relative atteinte convient pour la commutation à l'état suivant. Dans les exemples les plus communs, l'ensemble d'enroulements à étages multiples est fixes, l'ensemble magnétique agencé à l'intérieur de l'ensemble d'enroulements tournant par rapport à l'environnement immédiat au moyen de paliers fixés à un châssis mécaniquement commun avec l'ensemble d'enroulements. L'agencement mécaniquement opposé dans lequel l'ensemble d'enroulements tourne dans un ensemble magnétique est moins commun, mais présente des exigences semblables pour la circuiterie de commande, et en général, la circuiterie de commande s'appliquera également à ces moteurs. De plus, l'ensemble magnétique le plus commun dans ces moteurs est un ensemble magnétique permanent. Cependant, un agencement dans lequel l'ensemble magnétique est électromagnétique présente beaucoup d'exigences semblables pour la circuiterie de commande, et en général, la circuiterie de commande s'appliquera également à ces moteurs.

Les exigences communes pour la circuiterie de commande pour les moteurs à commutation électronique peuvent se répartir en quatre catégories, qui, en un sens, entraînent des exigences différentes lors de leur fabrication. L'appareil est installé dans une maison, et les commandes lorsque cela est faisable sont installées dans l'appareil, sinon, en des endroits sur les murs pratiques pour l'utilisateur. Dans le cas pratique d'un appareil combinant un dispositif d'éclairage et un ventilateur de plafond, qui est

le produit pris à titre d'exemple ici, le "ventilateur" comporte un moteur, un éclairage et des commandes associées actionnées par l'utilisateur. Les commandes sont à la fois solidaires de l'appareil d'éclairage et éloignées. La commande éloignée peut être placée en un endroit pratique du mur et elle peut comporter des commandes largement en double actionnées par l'utilisateur. Les fonctions usuelles des commandes actionnées par l'utilisateur comprennent la mise en marche et l'arrêt du ventilateur ou de l'éclairage, la régulation de l'intensité de la lumière, la régulation de la vitesse de rotation, ou la commande du sens de rotation du ventilateur.

Les commandes actionnées par l'utilisateur, particulièrement les commandes murales, sont elles-mêmes construites de façon similaires à d'autres dispositifs de câblage domestique, et elles sont interconnectées au moyen de câble électrique du type câble domestique classique pour courant alternatif de 110 volts. En général, l'exigence relative à ces "systèmes de commande" est que les interconnexions soient minimales, et si possible ne nécessitent pas de câblage spécial supplémentaire. De façon idéale, l'installation de câblage devrait permettre une communication totale dans les "systèmes de commande" avec le câble bifilaire minimum. De manière idéale, la circuiterie de la commande actionnée par l'utilisateur présentée ici en exemple ne devrait pas nécessiter plus de deux fils entre la commande murale, l'appareil et le câblage de la maison pour un coût d'installation minimale. Dans cette catégorie, le circuit de commande est fabriqué sous la forme classique des systèmes de câblage domestiques.

On utilise une seconde catégorie de fabrication de circuits de commande électriques dans l'enveloppe de l'appareil de plafond ou de la commande murale. C'est généralement un câblage "point à point", et les connexions électriques sont faites avec des liaisons mécaniques, y compris la sou-

ture, des rivets ou des bornes électriques. Ici, la contrainte est souvent l'exigence d'une faible encombrement, et la facilité de montage sur le site.

Une troisième catégorie de fabrication de circuits de commande électriques, qui est souvent pratiquée dans l'appareil lui-même ou la commande murale, est celle habituellement utilisée à l'usine, et qui est appelée câblage par "carte de circuit imprimé", (CCI). Ce câblage est de densité modérée, et permet des courants du niveau de l'ampère, des tensions supérieures aux tensions domestiques usuelles (120-240 volts, etc) et des niveaux de dissipation de chaleur comparables à ceux exigés pour les appareils domestiques usuels. On utilise ce câblage pour interconnecter - par un procédé d'usine - , des composants électroniques discrets tels que des résistances, des condensateurs, des inductances, des dispositifs semiconducteurs discrets, tels que des transistors, des diodes, des diacs, des triacs, des redresseurs commandés au silicium (SCR), etc., sur la carte de circuit imprimé.

Lorsque l'application de commande de la circuiterie de commande est aussi compliquée que d'assurer la commutation électronique d'un MCE et l'imposition des commandes actionnées par l'utilisateur, et les fonctions de protection automatiques qui résultent des commandes actionnées par l'utilisateur, alors la complexité de la fonction de commande exigée de la circuiterie de commande tend à dépasser les limites pratiques de fabrication par montage de composants électroniques discrets sur une carte de circuit imprimé. Dans le mode de fabrication par circuit imprimé de cette circuiterie de commande, la masse volumique, et les coûts de fabrication du circuit imprimé sont 100 fois plus grands, et souvent 1000 fois plus grands que ceux d'un circuit imprimé monolithique de même complexité. La conséquence de ces considérations pratiques sur la fabrication du circuit de commande est d'effectuer toutes les fonctions de commande qui

le peuvent, en tenant compte des limitations de niveau de courant, niveau de tension et dissipation de puissance permis, avec une circuiterie intégrée monolithique.

Les limitations actuelles quant à l'application de circuits intégrés sont moins restrictives qu'auparavant, et plus restrictives que ce à quoi on pourra s'attendre dans le futur. En général, la complexité de la circuiterie requise pour la fonction de commande envisagée ici peut être assurée avec une intégration à échelle moyenne (IME) ou à grande échelle (IGE). Dans le cas usuel le nombre de composants du système de commande du moteur est de l'ordre de 10^2 à 10^3 .

Le courant, la tension et les dissipations de puissances dictent ordinairement l'emploi de circuits d'interface spéciaux entre le circuit intégré monolithique et les commandes actionnées par l'utilisateur, le moteur, l'éclairage et les conducteurs principaux. En général, ceci oblige les tensions appliquées aux circuits intégrés (CI) à ne pas dépasser la tension nominale du processus du circuit imprimé, typiquement de 5 à 40 volts, les courants à ne pas dépasser quelques dizaines de milliampères et la dissipation de puissance quelques centaines de milliwatts. A cause des limitations de tension, il est nécessaire d'utiliser des diviseurs de tension couplés aux étages d'enroulements des moteurs pour réduire la FCEM détectée aux étages d'enroulements de plusieurs volts (par exemple 3 volts) avant l'application aux circuits intégrés. De même la commande de la puissance fournie aux étages d'enroulements du moteur exige des niveaux de courant et de dissipation de puissance qui peuvent seulement être obtenus avec des commutateurs à semi-conducteurs discrets. Le circuit intégré, en conséquence, possède des broches servant de bornes alimentées par des dispositifs pilotes internes, avec un courant pour commander soit directement soit à l'aide de tampons supplémentaires, les commutateurs de puissance à semiconduteurs excitant les

étages d'enroulements du moteur. Un problème pratique similaire concerne les composants non intégrables, qui sont principalement les grands condensateurs, les grandes inductances, et les commandes actionnées par l'utilisateur.

5 Ceux-ci peuvent être habituellement couplés aux broches du circuit intégré monolithique sans transition que ces broches servant de bornes du circuit intégré et d'une connexion démontable à 16 broches sur la carte de circuit imprimé.

Il existe un besoin pour l'utilisation d'un ensemble standard avec des circuits intégrés afin de maintenir le coût minimal. C'est généralement un système à seize broches. Il existe également un besoin de conserver en dehors du circuit intégré, des composants dont les paramètres de commande peuvent varier de produit à produit tel que l'inertie des pales du ventilateur. En d'autres termes, le CI doit être capable d'accepter les variations attendues et doit utiliser un ensemble standard de faible coût. Certains composants qui pourraient parfois être intégrés ne sont pas mis sur le circuit intégré pour ces bonnes raisons.

10

15

20 A l'heure actuelle, des circuits de commande intégrés monolithiques "maximaux" pour des moteurs à commutation électronique ne sont pas d'utilisation classique dans le marché.

En conséquence l'invention a pour objet de fournir:

25

- un circuit de commande intégré monolithique "maximal" pour un moteur à commutation électronique ;
- un circuit de commande perfectionné pour un moteur à commutation électronique ;
- un circuit de commande pour un moteur à commutation électronique ayant une commutation perfectionnée;
- 30 - un circuit de commande pour un moteur à commutation électronique ayant une meilleure commande de vitesse ou de couple ;
- un circuit de commande pour un moteur à commutation électronique ayant une inversion améliorée ;

35

- un circuit de commande pour un moteur à commutation électronique ayant des performances améliorées au démarrage ;
- un circuit de temporisation de commutation pour
- 5 un circuit de commande d'un moteur à commutation électronique qui soit auto-équilibré ;
- un circuit de commande perfectionné pour un moteur à commutation électronique combinant l'inversion du moteur avec la commande vitesse/couple ;
- 10 - un circuit pour l'inversion d'un moteur à commutation électronique fournissant des moyens de protection des commutateurs de puissance pendant l'inversion ;
- un circuit de commande intégré perfectionné pour un moteur à commutation électronique ;
- 15 - un circuit de commande intégré pour un moteur à commutation électronique ayant une commutation améliorée ;
- un circuit de commande intégré pour un moteur à commutation électronique ayant une commande améliorée de vitesse et de couple ;
- 20 - un circuit de commande intégré pour un moteur à commutation électronique ayant une inversion améliorée ;
- un circuit de commande intégré pour un moteur à commutation électronique ayant des performances au démarrage améliorées ;
- 25 - un circuit de commande intégré "maximal" pour un moteur à commutation électronique, fournissant une commande à distance économique ;
- un procédé perfectionné de fonctionnement d'un moteur à commutation électronique ;
- 30 -un procédé perfectionné de synchronisation de la commutation d'un moteur électronique ;
- un procédé d'amélioration du fonctionnement au démarrage d'un moteur à commutation électronique ;
- un procédé perfectionné de commande de la vitesse ou du couple d'un moteur à commutation électronique ;
- 35

-un procédé perfectionné de commande à distance de la vitesse ou du couple d'un moteur à commutation électronique ;

5 - un procédé perfectionné d'inversion d'un moteur à commutation électronique ;

- un procédé perfectionné de commande d'un moteur à commutation électronique combinant l'inversion à la commande vitesse/couple.

On atteint ces objets ainsi que d'autres suivant
10 l'invention à l'aide d'un circuit de commande pour un moteur à commutation électronique adapté pour être alimenté à partir d'une source de courant continu, le moteur ayant un ensemble d'enroulements à trois étages, et un ensemble magnétique, les deux étant agencés pour une rotation relative
15 mutuelle. dans un état donné d'une séquence d'excitation à six états provoquant la rotation relative, le moteur possède un premier étage d'enroulements excité dans un sens, un second étage d'enroulements excité dans un sens opposé et relié en série avec le premier étage d'enroulements, et un
20 troisième étage d'enroulements non excité.

La combinaison inventive comprend des bornes d'entrée pour la connexion aux étages d'enroulements et au neutre du moteur ou équivalent pour dériver la force contre-électromotrice induite dans des étages d'enroulements non
25 excités successifs, des moyens de commutation d'entrée pour sélectionner un étage d'enroulements non excité sensible à un signal de sélection d'étage d'enroulements non excité; un amplificateur différentiel à transconductances à deux entrées pour la conversion de la tension fournie en un courant
30 correspondant; des moyens capacitifs d'intégration pour fournir une tension grandement proportionnelle à l'intégrale de la force contre-électromotrice; et des moyens de comparaison de synchronisation pour comparer la tension au moyen d'intégration à une valeur convenable pour la commutation,
35 et lors de la détection de l'égalité engendrer un signal de

synchronisation à l'instant pour la commutation.

En poursuivant, la combinaison inventive comprend des moyens logiques de commande pour engendrer des signaux de sélection d'étage d'enroulements dans une première sé-
5 quence de six états pour la rotation dans le sens direct du moteur, et dans une seconde séquence de six états pour la rotation en sens inverse, dans chaque état desquels un signal est engendré pour sélectionner un étage d'enroulements pour l'excitation dans un sens, un signal est engendré pour
10 choisir un étage d'enroulements pour l'excitation dans l'autre sens, et un signal est engendré pour la sélection d'un étage d'enroulements non excité pour détecter la force contre-électromotrice induite, l'état d'excitation du moteur changeant en réponse du signal de synchronisation à l'ins-
15 tant pour la commutation à l'état suivant dans la séquence. Le moyen logique de commande est sensible à un signal de commande de sens pour la sélection de la première ou de la seconde séquence d'excitation et à un signal de commande d'énergie sous une forme incluant des impulsions périodiques
20 modulées en largeur d'impulsion (MLI), ayant une fréquence de répétition qui est élevée par rapport à la fréquence de commutation, l'excitation de l'étage d'enroulements apparaissant seulement durant la période d'activité de l'impulsion des signaux de commande d'énergie.

25 La combinaison inventive comprend également un triple ensemble de moyens de commutation de puissance sensibles aux signaux d'excitation des étages d'enroulements pour détecter de façon appropriée l'excitation des étages d'enroulements dans les séquences à états multiples.

30 Selon un autre aspect de l'invention on prévoit des moyens pour périodiquement réinitialiser le moyen d'intégration à un état initial convenable pour initier l'intégration suivante ; et pour périodiquement annuler le courant de sortie de l'amplificateur, cette annulation étant syn-
35 chronisée pour apparaître après l'instant de commutation

mais avant la réinitialisation. Le moyen d'annulation comprend des moyens pour incrémenter un courant de correction à l'entrée de l'amplificateur à une valeur qui corrige le déséquilibre dans le courant de sortie, et des moyens pour
5 maintenir le courant de correction jusqu'à ce que l'annulation ait lieu à nouveau. Typiquement, l'annulation a lieu une fois par commutation.

L'entrée à l'amplificateur différentiel est couplé des étages d'enroulements individuels et à la connexion
10 neutre au moyen d'un diviseur de tension à quatre parties pour réduire l'échelle de la force contre-électromotrice induite à une valeur que peut supporter le circuiterie de commande.

Selon un aspect de l'invention, le moyen logique
15 de commande comprend des moyens de comptage ayant un compte pour chacun des six états de la séquence d'excitation du moteur (par exemple, 0-1 ; 1-2 ; 2-3 ; 3-4 ; 4-5 ; 5-0 ; 0-1 ; etc.,) et à une vitesse constante de rotation alloue un temps égal pour chaque compte dans une séquence se répé-
20 tant. Les moyens de comptage comprennent un nombre minimum de bascules pour définir les états, les bascules étant des bascules déclenchées par le bord positif (ou négatif) ; qui sont synchronisées simultanément par le signal de synchronisation.

25 La durée du signal de synchronisation est long par rapport au délai de propagation dans le moyen logique de commande, et est suffisamment long pour rendre sans effet l'amplificateur et réinitialiser le moyen d'intégration.

Les signaux de sélection des étages d'enroulements
30 sont dérivés des états des moyens de comptage. Les moyens de commutation d'entrée auxquels sont appliqués les signaux de sélection des enroulements non excités, comprend un sextuple ensemble de portes. En conséquence, le moyen logique de commande comprend un premier rang de six portes relié aux
35 sorties des (trois) bascules, et un second rang de six por-

tes relié aux sorties de ce premier rang de portes.

Le premier rang de portes produit une première succession de six impulsions de durée égale ayant une période active égale à la durée d'un état d'excitation du moteur, et qui sont utilisées pour le fonctionnement des moyens de commutation d'entrée.

Le second rang de portes produit une seconde succession de six impulsions de durée égale ayant une période active égale à la durée de deux états d'excitation du moteur, la seconde succession apparaissant suivant une séquence à recouvrement. Les signaux de durée double sont utilisés pour le fonctionnement des moyens de commutation de puissance.

Comme indiqué précédemment, la logique de commande est sensible aux signaux de commande de sens et aux signaux de commande d'énergie, possédant trois rangs de portes à cet effet. Le sextuple ensemble de portes, sensible aux signaux de commande de sens et d'énergie, se compose de deux rangs de trois portes d'entrée, un rang de portes de transmission de la séquence à état multiple directe, un rang de portes pour la transmission de la séquence à états multiples inverse, et un troisième rang de deux portes d'entrée pour "réunir logiquement" les sorties des rangs directs et inverses de portes. Une entrée de chacun des rangs direct et inverse de portes est couplée à une sortie du second rang de portes, une seconde entrée de chacun des rangs direct et inverse de portes concerne l'application du signal de commande d'énergie MLI.

Selon un autre aspect de l'invention, le moyen logique de commande comprend des moyens sensibles au signal de synchronisation pour appliquer le signal de commande d'énergie MLI au début de la première moitié de la période d'excitation d'un étage d'enroulements pendant la durée de ce signal de synchronisation, et au début de la seconde moitié de la période d'excitation d'un étage d'enroulements

le retardant de la durée de ce signal de synchronisation, avant d'appliquer le signal de commande d'énergie MLI, pendant le reste de la période d'excitation.

On prévoit à la sortie du moyen logique de commande six dispositifs pilotes de sortie pour coupler des signaux de sélection des étages d'enroulements excités au moyen de commutation de puissance. Trois des dispositifs pilotes de sortie concernent la commande des commutateurs de puissance reliant des étages d'enroulements distincts à une borne (par exemple positive) de la source de courant ; et trois de ces dispositifs pilotes de sortie concernent la commande des commutateurs de puissance reliant des étages d'enroulements distincts à l'autre borne (par exemple négative) de la source de courant.

Selon encore un autre aspect de l'invention, le circuit de commande comporte un circuit de réinitialisation pour produire une sortie active sensible à la tension de la source de courant continu à basse tension du circuit de commande pour bloquer les dispositifs pilotes lorsque la tension a été en-dessous d'une première valeur lorsque le courant est appliqué ou en-dessous d'une seconde valeur lorsque courant est coupé. Les valeurs de tension étant réglées de telle sorte que le fonctionnement normal du circuit soit assuré aux tensions d'alimentation dépassant les première et seconde valeurs.

En fonctionnement, le circuit de protection bloque les dispositifs pilotes lorsque le courant est appliqué pendant une période de temps nécessaire à la stabilisation du fonctionnement du circuit de commande. Ceci s'effectue en engendrant un signal de synchronisation artificiel lorsque le courant est appliqué, signalant un instant artificiel de commutation, rendant sans effet l'amplificateur et provoquant la production d'au moins une séquence partielle de signaux de sélection des étages d'enroulements et s'annulant avant que les dispositifs pilotes soient mis en marche.

Selon un autre aspect de l'invention, on atteint les buts ci-dessus dans un circuit de commande pour un moteur à commutation électronique adapté pour être alimenté par une source de courant continu, le moteur ayant un ensemble d'enroulements à étages multiples, et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation relative mutuelle. Dans un état donné d'une séquence d'excitation à états multiples, le moteur possède un étage d'enroulements non excité dans lequel apparaît une force contre-électromotrice induite qui, lorsqu'on l'intègre en fonction du temps à une valeur prédéterminée, indique l'instant auquel la position angulaire relative mutuelle atteinte convient à la commutation à l'état suivant. Une combinaison inventive dans le circuit de commande comprend un amplificateur à semiconducteur à transconductance adapté pour être couplé à un étage d'enroulements non excité dans le moteur pour convertir la tension apparaissant dans cet étage d'enroulements en un courant de sortie correspondant, un moyen d'intégration couplé à la sortie de l'amplificateur pour intégrer le courant de sortie pour obtenir une tension de sortie proportionnelle à une intégrale de la tension apparaissant dans l'étage d'enroulement, et un moyen de comparaison pour comparer la tension de sortie du moyen d'intégration à une valeur correspondant à la position angulaire relative mutuelle convenant à la commutation, et lors de la détection de l'égalité pour engendrer un signal de synchronisation pour l'instant de commutation.

Selon un aspect de l'invention, l'amplificateur à transconductance a une réaction en courant série pour stabiliser la transconductance de l'amplificateur.

Dans la réalisation principale, le moteur possède un agencement d'enroulements à étages multiples avec une connexion neutre. L'amplificateur à transconductance est, en conséquence, un amplificateur différentiel à deux entrées, dont une entrée est adaptée pour être couplée à un étage

d'enroulements non excité et l'autre entrée est adaptée pour être couplée à la connexion neutre ou équivalent. L'étage d'entrée de l'amplificateur, est un étage d'entrée différentiel, qui détermine la transconductance de l'amplificateur, avec une réaction en série du courant importante fournie pour stabiliser ce paramètre dans cet étage.

Les étages suivants de l'amplificateur à transconductance sont adaptés pour présenter un gain en courant unitaire et comportent un premier et un second miroir de courant à semiconducteurs. Le courant de sortie d'un premier transistor dans l'étage d'entrée est couplé au premier miroir de courant et le courant de sortie de l'autre transistor dans l'étage d'entrée est couplé au second miroir de courant. L'amplificateur à transconductance est achevé par un premier et un second amplificateur tampon à semiconducteurs, et un troisième miroir de courant d'inversion de polarité.

Plus particulièrement, le premier amplificateur tampon comprend un troisième transistor ayant une électrode de commande commune et une première électrode principale couplées à la sortie du premier miroir de courant, et la seconde électrode principale couplée à l'entrée du miroir de courant d'inversion de polarité. Le second amplificateur tampon comprend un quatrième transistor ayant une électrode de commande commune et une première électrode principale couplées à la sortie du second miroir de courant. Le troisième miroir de courant comprend un cinquième transistor de sortie dont l'électrode de commande est couplée à la seconde électrode principale du troisième transistor et dont une première électrode principale est reliée à la seconde électrode principale du quatrième transistor, les quatrième et cinquième transistors étant reliés pour fournir une sortie symétrique dans laquelle le courant de sortie est soit fourni soit soutiré.

Selon un autre aspect de l'invention, on prévoit

des moyens pour réinitialiser périodiquement le moyen d'intégration à un état initial convenable pour initier l'intégration suivante. En outre, on prévoit des moyens pour périodiquement annuler le courant de sortie de l'amplificateur à transconductance, cette annulation étant synchronisée pour apparaître après l'instant de commutation, mais avant la réinitialisation du moyen d'intégration. Le moyen d'annulation comprend des moyens pour incrémenter le courant de correction du miroir de courant à une valeur qui corrige le déséquilibre et entretient le courant de correction jusqu'à ce que l'annulation ait lieu à nouveau.

Plus particulièrement, le moyen d'annulation comprend des moyens pour rendre égale à zéro la tension d'entrée différentielle appliquée entre les entrées de l'amplificateur à transconductance et pour établir un niveau de courant de sortie voulu dans les premier et second transistors de l'amplificateur de l'étage d'entrée, du moyen de commutation de sortie pour débrancher la sortie de l'amplificateur à transconductance du moyen d'intégration pendant l'intervalle d'annulation, et un comparateur d'annulation couplé à la sortie de l'amplificateur à transconductance pour détecter un changement de sens du courant de sortie, lorsque l'amplificateur passe à l'équilibre pour terminer le processus d'incrémentation et initier la réinitialisation du moyen d'intégration.

Plus particulièrement, le moyen d'incrémentation du courant de correction comprend des moyens pour appliquer une unique synchronisation (par exemple 20 kHz) ayant une période qui est courte par rapport à la période de commutation et un compteur d'annulation comptant à la cadence du signal de synchronisation. L'état du compteur d'annulation commande la somme des incréments du courant de correction, et est préréglé en réponse au signal de synchronisation. Un comptage ultérieur pendant l'annulation ajuste le courant de correction en direction de l'équilibre jusqu'à la détection

de la nullité par le comparateur d'annulation.

Selon un autre aspect de l'invention, on prévoit une source de courant continu à faible tension appropriée pour le fonctionnement du circuit de commande, la tension de
5 la source changeant à une vitesse finie lorsque le courant est appliqué ou coupé. On prévoit un circuit de protection pour produire une sortie active sensible à la tension de la source de courant continu à faible tension pour maintenir au moins une partie du circuit de commande dans un état inactif
10 lorsque la tension est en-dessous d'une première valeur lorsque le courant est appliqué et en-dessous d'une seconde valeur lorsque le courant est coupé. Lorsque la tension a dépassé la première valeur lorsque du courant est appliqué, la "partie" du circuit est libérée à un état initial prédé-
15 terminé. Les valeurs de tension sont réglées de sorte que le fonctionnement normal du circuit soit assuré aux tensions d'alimentation dépassant les première et seconde valeurs.

De préférence, le circuit de protection, à la fin de la sortie active lorsque le courant est appliqué, libère
20 la partie de circuit dans un état annulant l'amplificateur pour assurer l'équilibre du courant de sortie de l'amplificateur avant l'intégration de son courant de sortie. Le circuit de protection durant cette sortie active, prérègle le compteur d'annulation, et à la fin de la sortie active,
25 lorsque le courant est appliqué, libère la partie du circuit dans un état pour annuler l'amplificateur. L'état d'annulation comprend l'activation des moyens d'annulation à l'entrée de l'amplificateur à transconductance, l'activation des moyens de commutation de sortie de l'amplificateur pour la
30 déconnexion, et la libération du compteur d'annulation.

Le circuit de protection comprend en outre des moyens pour provoquer une correction de démarrage dans le courant de sortie de l'amplificateur pour assurer l'intégration du courant de sortie à une tension suffisante pour
35 engendrer le signal de synchronisation de commutation, le

courant de correction de démarrage, excepté pendant ces ou ces intervalles d'annulation s'étendant sur une période suffisante après l'application du courant pour permettre la stabilisation du circuit de commande. Cette période est
5 typiquement de cinq périodes de commutation.

Selon un autre aspect de l'invention on décrit un nouveau procédé de synchronisation de la commutation d'un moteur à commutation électronique, dont les étapes principales comprennent la conversion de la tension différentielle
10 apparaissant dans l'étage d'enroulements non excité en un courant de sortie bi-directionnel correspondant au moyen d'un amplificateur à transconductance différentiel à semi-conducteur à deux entrées, intégrant le courant de sortie pour obtenir une tension de sortie proportionnelle à une
15 intégrale de la tension différentielle ; et comparant la tension de sortie du moyen d'intégration à une valeur correspondant à la position angulaire du rotor convenant à la commutation, et lors de la détection de l'égalité, engendrant un signal de synchronisation à l'instant pour la com-
20 mutation.

Les étapes suivantes du procédé de synchronisation comprennent la réinitialisation du moyen d'intégration à un état initial convenable pour initier l'intégration ultérieure à la suite de chaque signal de synchronisation, et
25 périodiquement annuler le courant de sortie de l'amplificateur à transconductance.

Dans un procédé perfectionné de fonctionnement d'un moteur à commutation électronique, dans lequel on utilise un amplificateur à transconductance différentiel pour
30 synchroniser l'instant de commutation, les étapes comprennent l'annulation de l'amplificateur lors de l'application du courant pour le circuit de commande, avant l'application du courant au moteur. Ensuite, la tension différentielle apparaissant à l'étage d'enroulements non excité est conver-
35 tie en un courant de sortie bidirectionnel correspondant,

intégrée pour obtenir une tension de sortie, et comparée à une valeur stockée pour engendrer un signal de synchronisation à l'instant convenant pour la commutation. Après un retard, du courant est appliqué au moteur en réponse au
5 signal de synchronisation suivant, choisi pour permettre un temps adéquate pour stabiliser le circuit de commande. Ensuite les moyens d'intégration sont réinitialisés à un état initial convenable pour initier l'intégration suivante, qui a lieu à la suite de chaque signal de synchronisation. En-
10 suite le courant de sortie de l'amplificateur à transconductance est périodiquement annulé.

Selon un autre aspect de l'invention, on atteint les buts ci-dessus dans un circuit de commande de vitesse ou de couple du moteur pour un moteur à commutation électronique adapté pour être alimenté par une source de courant, le
15 moteur ayant un ensemble d'enroulements à étages multiples, et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation relative mutuelle, le moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation à états multiples ayant un étage d'en-
20roulements non excité dans lequel une force contre-électromotrice induite est intégrée en fonction du temps pour déterminer l'instant auquel la position angulaire relative mutuelle convenable a été atteinte pour la commutation à l'état suivant, et dans lequel dans cet état donné, au moins
25 un autre étage d'enroulements est excité dans le sens approprié pour provoquer une rotation relative.

Une combinaison inventive dans le circuit de commande comprend des bornes d'entrée de courant pour la connexion à une source convenable pour le fonctionnement du
30 moteur ; un générateur d'ondes pour appliquer une onde de tension basse répétitive de fréquence, amplitude et configuration de répétition constantes, dont les caractéristiques sont pratiquement indépendantes du moteur, l'onde ayant une première pente d'une première durée et une seconde pente
35 d'une seconde durée et de sens opposé à la première pente,

et une fréquence de répétition qui est élevée par rapport à la fréquence de commutation ; des moyens pour produire une tension de commande réglable régulière ; un comparateur de modulation ayant une première entrée à laquelle est appliquée l'onde de tension répétitive et une seconde entrée à laquelle est appliquée la tension de commande réglable, pour produire des impulsions de sortie lorsqu'apparaissent des intersections entre les signaux d'entrée et les impulsions de sortie apparaissant à cette fréquence de répétition constante, ayant un temps "actif" égal à l'intervalle entre des paires alternées d'intersections ; et des moyens logiques de commande sensibles au temps "actif" de ces impulsions du modulateur pour fournir des signaux modulés en largeur d'impulsion pour commander l'alimentation des étages d'enroulements dans la séquence d'alimentation à états multiples. En fonctionnement, le réglage de la tension de commande, règle le temps actif de chaque impulsion et par conséquent le taux d'application de l'énergie électrique au moteur pour la détermination de la vitesse ou du couple du moteur.

L'onde de tension répétitive est de préférence une onde en dents de scie, ayant une fréquence de répétition supérieure à 20 kHz. La tension réglable et régulière par rapport à la fréquence de commutation du moteur est en relation avec la fréquence de répétition de l'onde de tension répétitive. Les signaux d'entrée fournis au comparateur de modulation sont choisis dans le cas recommandé pour produire une onde de sortie qui à une limite de réglage est pratiquement toujours présente, à l'autre limite est pratiquement toujours absente, et à des réglages intermédiaires est une onde rectangulaire pulsée de largeur variable.

Un second moyen de commande de vitesse ou de couple variable est fourni par un moyen de réduction de tension réglable reliant en série le moteur à la source de courant. Ce moyen de réduction de tension dans le circuit de puissance est de préférence utilisé avec la tension de commande

réglable affectant le temps actif des impulsions de modulation en largeur d'impulsions utilisé pour commander l'application de courant au moteur.

Dans une réalisation recommandée, le moyen de
5 réduction de tension réglable est indépendant de la tension de commande réglable pour produire une première réduction de la vitesse ou du couple du moteur, mais pour d'autres réductions, on prévoit des moyens pour rendre applicable la tension de commande réglable au modulateur d'impulsions en
10 fonction de sa tension réduite pour alimenter le moteur. Ceci apporte une réduction conjointe à la fois de la tension et du rapport cyclique de l'énergie MLI fournis au moteur. Ceci permet une gamme complète de commande de vitesse ou de couple allant jusqu'à la vitesse de calage, avec une plus
15 petite réduction de la tension du moteur, et permet à la tension réduite de rester suffisamment grande à tout instant pour alimenter suffisamment le circuit de commande.

Selon un autre aspect de l'invention, on décrit un nouveau procédé de commande de la vitesse ou du couple d'un
20 moteur à commutation électronique. Les étapes comprennent la fourniture d'une tension de sortie variable appropriée pour le fonctionnement du moteur à vitesse ou couple variable au moyen d'un dispositif de réduction de tension réglable reliant en série le moteur à la source de courant, la production
25 d'une onde en dents de scie de faible tension répétitive de paramètres grandement constants; la fourniture d'une tension de commande régulière pour des commandes de vitesse ou couple du moteur comparant l'onde de tension répétitive à la tension de commande réglable dans un modulateur pour produire
30 des impulsions de sortie lorsqu'apparaissent des intersections entre ces entrées, les impulsions de sortie apparaissant à la cadence de répétition de l'onde en dents de scie et ayant un temps actif égal à l'intervalle entre des paires alternées d'intersections ; l'application d'énergie
35 de la source de courant au moteur pendant le temps actif des

impulsions du modulateur, et le réglage seulement de la tension de sortie variable pour une petite réduction de la vitesse ou du couple du moteur et pour une réduction supplémentaire simultanément ajustant la tension de sortie variable et la tension de commande de la commande de vitesse ou de couple du moteur.

Selon encore un autre aspect de l'invention, on atteint les buts ci-dessus dans un circuit de commande de moteur pour un moteur à commutation électronique agencé pour être alimenté par une source de courant, ce moteur comportant un ensemble d'enroulements à étages multiples, et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation relative mutuelle. Dans un état donné d'une séquence d'excitation à états multiples, le moteur a un étage d'enroulements non excité dans lequel une force contre-électromotrice induite est intégrée en fonction du temps pour déterminer l'instant auquel la position angulaire relative mutuelle convenable a été atteinte pour la commutation à l'état suivant de la séquence. Dans chaque état de la séquence, au moins un autre étage d'enroulements est alimenté dans le sens approprié pour provoquer la rotation relative. Dans l'exemple pratique traité ici, une séquence est conçue pour un fonctionnement dans le sens des aiguilles d'une montre et une seconde séquence pour un fonctionnement en sens contraire des aiguilles d'une montre.

Le circuit de commande combine un premier moyen de réduction de tension réglable pour relier en série le moteur à la source de courant pour fournir une tension de sortie variable convenable pour le fonctionnement à vitesse ou couple variable ; avec des moyens pour produire une tension de commande grandement régulière, dépendant de la tension de sortie variable. La tension de commande, lorsqu'elle passe par une valeur intermédiaire correspondant à une limite utile du moyen réglable, continue de manière monotone vers une valeur finale. On prévoit des moyens sensibles à une

valeur de cette tension de commande entre les valeurs intermédiaires et finales pour engendrer un signal de commande pour le sens de rotation du moteur.

De préférence, la valeur intermédiaire de la tension de commande correspond à la vitesse ou au couple minimum voulu du moteur, typiquement lorsque le moteur cale dans une application à un ventilateur de plafond, et le changement de sens apparaît après le calage vers la tension de sortie minimum.

10 Selon encore un autre aspect de l'invention, on améliore le réglage vers le bas de la variation de l'énergie par unité dans la tension de sortie au moyen d'un modulateur de largeur d'impulsion également sensible à la tension de commande. Le modulateur de largeur d'impulsion produit des
15 impulsions de sortie de fréquence de répétition constante, cette fréquence de répétition étant élevée par rapport à la fréquence de commutation, mais avec des temps d'activité variables sous la commande de la tension de commande. L'énergie, qui est appliquée au moteur pendant les périodes
20 actives des impulsions, est ainsi réduite lorsqu'apparaît une réduction de la tension de sortie, à la fois en vertu de la réduction de tension, et en vertu d'une réduction du temps moyen d'application de la tension (c'est-à-dire, que la largeur des impulsions MLI commandant l'énergie fournie
25 au moteur est concurremment réduite).

En effectuant la commande voulue de la gamme de vitesse ou de couple, avec une tension plus élevée au réglage minimum voulu, (c'est-à-dire le réglage de calage du moteur), il devient possible d'alimenter le circuit de com-
30 mande par un réseau d'abaissement de tension relié en parallèle avec le circuit du moteur. Ceci facilite alors le fonctionnement en commande à distance, en ce sens qu'une simple commande murale peut permettre une commande totale de gamme de vitesse ou du couple du moteur, et au réglage minimum
35 effectue une inversion également à distance.

Dans la réalisation recommandée, la logique de commande de sens du moteur possède deux sorties, une pour faciliter le fonctionnement direct (rotation dans le sens des aiguilles d'une montre) au moyen d'un état de sortie
5 actif élevé, et l'autre pour faciliter le fonctionnement en sens inverse (rotation dans le sens contraire des aiguilles d'une montre) au moyen d'un état de sortie actif élevé. La logique interne empêche les deux états de sortie d'être actifs simultanément, et lorsqu'un état est changé, retar-
10 dant l'apparition du nouvel état actif, après cessation de l'état actif précédent, d'un temps suffisamment long pour protéger les commutateurs de puissance. Cette période est typiquement supérieure à la période d'une impulsion du modulateur.

15 On peut régler le sens du moteur au moyen d'un commutateur couplé à la logique de commande de sens, et normalement dans l'appareil incorporant le ventilateur. Ce commutateur, en accord avec un autre aspect de l'invention fonctionne avec un circuit de protection actif pendant la
20 montée et la descente en puissance pour déterminer le sens du moteur lorsque le courant revient après une interruption.

Selon un autre aspect de l'invention, on décrit un nouveau procédé de commande d'un moteur à commutation électronique. Les étapes comprennent la réduction de la tension
25 de sortie fournie au moteur à l'aide d'une gamme de valeurs appropriées pour un fonctionnement à vitesse ou couple variable, la production d'une tension de commande grandement régulière, dépendant de la tension de sortie variable, la tension de commande, lors du passage par une valeur intermédiaire correspondant à une réduction utile minimum, conti-
30 nuant de façon monotone vers une valeur finale, et la production d'un signal pour changer le sens de rotation du moteur à une valeur de la tension de commande entre les valeurs intermédiaires et finale.

35 Selon encore un autre aspect du procédé inventif

la vitesse d'ajustement vers le bas de la variation d'énergie par unité dans la tension de sortie fournie au moteur est améliorée et le domaine de réduction de tension requis pour le réglage minimum voulu (par exemple, calage du moteur) réduit au moyen d'un modulateur de largeur d'impulsion. Le modulateur d'impulsion, produit des impulsions de sortie dont le temps actif règle également le taux auquel l'énergie est fournie au moteur.

En temps qu'une autre variante du procédé inventif, la production d'un signal pour l'inversion du moteur comprend tout d'abord la production d'un signal pour suspendre l'alimentation pour la rotation du moteur dans un sens, et après une courte interruption pour la protection des commutateurs du moteur, la production d'un signal pour la rotation du moteur dans un sens opposé.

La suite de la description se réfère aux figures annexées qui représentent respectivement :

figure 1 une illustration de l'installation d'un appareil de plafond combinant un ventilateur et un éclairage, et comprenant des commandes manuelles, le ventilateur de plafond étant conçu pour être entraîné par un moteur à commutation électronique à courant continu ;

figure 2, un diagramme de câblage de la circuiterie électronique assurant la commutation électronique du moteur du ventilateur et donnant effet aux commandes manuelles. Plus particulièrement, la figure 2 est un diagramme de câblage d'une carte de circuit imprimé, incluant les interconnexions avec le moteur du ventilateur, l'éclairage de plafond, les commandes manuelles et un circuit intégré classique pour la commande du moteur ;

figure 3, la commande et les formes d'ondes de commutation du circuit intégré de commande du moteur ;

figure 4, un diagramme schématique des subdivisions fonctionnelles principales des circuits intégrés de commande du moteur et des interconnexions fonctionnelles

entre ces blocs fonctionnels. Figure 5A, 6, 7, 9 10A et 11A des diagrammes logiques et/ou des diagrammes de circuit des blocs fonctionnels pour le circuit intégré de commande du moteur ;

5 figure 5 A un diagramme logique des portes d'entrée et un diagramme de circuit incluant des paramètres de dispositif de la figure 4. Les figures 5B, 5C et 5D sont des descriptions de circuits électriques simplifiés de l'amplificateur d'intégration à transconductance. la figure 5B
10 illustre un circuit légèrement étendu et légèrement simplifié de l'amplificateur d'intégration à transconductance incluant les connexions d'entrée à un étage d'enroulements donné en exemple et les résistances d'annulation pouvant également être traitées comme une partie du circuit d'auto-
15 annulation; la figure 5C illustre une représentation de circuit équivalent à l'amplificateur d'intégration à transconductance (sans réaction) ; et la figure 5D illustre la représentation de circuit équivalent à l'amplificateur utilisant une réaction de courant en série pour stabiliser la
20 transconductance de l'amplificateur, un mode de réaction comparable à celui utilisé ici ;

figure 6 un diagramme logique du réseau du comparateur et des blocs de compteur Modulo 6 de la figure 4 ;

figure 7 un diagramme de circuit incluant en partie
25 tie des paramètres de dispositif et un diagramme logique en partie du bloc du circuit d'auto-annulation de la figure 7 ;

figure 8, la forme d'onde de sortie de l'amplificateur d'intégration à transconductance pour une unique période de commutation. L'onde illustre le temps alloué
30 entre l'intégration et la réinitialisation d'un condensateur utilisé pour synchroniser l'instant de commutation et l'annulation de l'amplificateur,

figure 9 une diagramme logique de la logique de commande et des blocs de dispositifs pilotes de sortie de la
35 figure 4 ;

figure 10A un circuit et un diagramme logique combinés de l'oscillateur, du modulateur de largeur d'impulsions et des blocs logiques Direct/Inverse de la figure 4. La figure 10B représente des formes d'ondes explicatrices du fonctionnement du bloc du modulateur de largeur d'impulsion ; la figure 10C est un diagramme de l'effet de l'opération manuelle sur la commande murale sur la vitesse et le sens de rotation du moteur ; et la figure 10D est une vue simplifiée montrant une commande murale commutable pour la vitesse et le sens de rotation du moteur ;

figure 10E un diagramme schématique illustrant un agencement de commande du moteur par modulation en largeur d'impulsion à boucle ouverte selon l'invention ;

figure 10F une représentation détaillée d'une des ondes de commande du moteur de la figure 3 ;

figure 11A un diagramme de circuit incluant en partie des paramètres de dispositif et un diagramme logique en partie pour le bloc de Réinitialisation Mise en Route de la figure 4 ; la figure 11B est un graphe illustrant le réglage de la tension de libération du bloc de Réinitialisation Mise en Route ; et

figure 12A et 12B des ondes internes principales incidentes au fonctionnement du circuit d'intégration de la commande du moteur. La figure 12A concerne la commutation et l'équilibrage de l'amplificateur d'intégration pendant une période de commutation donnée à titre d'exemple ; et la figure 12B concerne le fonctionnement global pendant la séquence de marche.

APPAREIL COMBINE D'ECLAIRAGE ET DE VENTILATEUR
DE PLAFOND UTILISANT UN MOTEUR A COURANT CONTINU A
COMMUTATION ELECTRONIQUE.

En se référant maintenant à la figure 1, on a représenté une installation d'un appareil combiné d'une lampe 100 et d'un ventilateur de plafond 101, ainsi que des commandes manuelles appropriées. Le moteur du ventilateur,

qui est contenu dans un boîtier 102, est dans cette réalisation, un moteur à courant continu à commutation électronique (MCE) entraînant un ventilateur à quatre pales. Un ensemble fixe du moteur se compose d'un stator ferro-magnétique ayant
5 un agencement d'enroulements à étages multiples associé à celui-ci qui comprend un ensemble d'étages, chacun formé à son tour d'un ensemble de bobines insérées dans un ensemble d'encoches espacées autour d'un noyau de stator. Un ensemble rotatif du moteur est disposé suivant une relation de cou-
10 plage magnétique sélectif avec les étages d'enroulements du stator et comprend un rotor sur lequel est disposé un ensemble d'aimants permanents.

Bien qu'on ait illustré ici un MCE particulier pour les buts de la description, il est évident que l'on
15 peut utiliser dans le cadre de la présente invention d'autres types de MCE ayant diverses autres constructions et caractéristiques électriques. Par exemple, certains des MCE qui peuvent être utilisés sont décrits dans les brevets des Etats-Unis N° 4 005 347, 4 069 990, et 4 162 435.

20 Les connexions au moteur traversent un axe creux dans le moteur permettant à un tube fixe de porter des fils entre un tuyau de conduite 103, monté sur la surface supérieure du boîtier du moteur 102 et une boîte de commande 104 supportée sur la surface inférieure du boîtier. Le tuyau de
25 conduite 103 peut être utilisé pour transporter des fils à une boîte de connexion (non représentée) montée sur le plafond. Le tuyau de conduite 103 peut aussi supporter le support. La boîte de commande 104 contient la circuiterie de commande pour le fonctionnement du moteur, y compris trois
30 commandes actionnées manuellement. L'ensemble d'éclairage 100 est supporté sur la surface intérieure de la boîte de commande 104. La circuiterie de commande est supportée sur une carte de circuit imprimé circulaire, ajustée dans la boîte de commandes. Les commandes et le support comprennent
35 un commutateur 3 voies S2, actionné par une chaîne à tirage,

pour le choix du mode, un commutateur à glissement Direct/Inverse S1, et un potentiomètre de réglage de vitesse R40. Le commutateur de choix de mode permet quatre modes : ventilateur en marche, éclairage en marche ; ventilateur et
5 éclairage en marche ; ventilateur et éclairage arrêtés. L'appareil de plafond est alimenté par une ligne principale à courant alternatif 115 Volts, reliée en série avec une commande murale 105 qui contient également des commandes manuelles.

10 Dans l'exemple, la commande murale comprend des commandes manuelles à la fois pour le ventilateur et le moteur. Ces commandes comprennent également un commutateur de marche/arrêt pour le dispositif, une commande de la vitesse du moteur, du sens de rotation du moteur, et un inter-
15 rupteur à gradation de lumière pour la lampe.

La circuiterie de commande pour le fonctionnement de l'appareil de plafond est illustré à la figure 2, qui est un diagramme de câblage de l'installation de la figure 1. La figure 2 comporte comme caractéristiques principales, la
20 lampe 100, le moteur à trois étages d'enroulements 120, la commande murale 105, le câblage monté sur la carte de circuits imprimés, qui comprend cinq aspects principaux, un circuit intégré de commande de moteur 121, trois commutateurs principaux à semi-conducteurs 122, 123, 124, et un
25 diviseur de tension à résistances de précision à quatre sections 125. Outre ces cinq caractéristiques principales, la carte de circuit imprimé comprend les éléments de circuit pour fournir du courant à la lampe, au moteur, au circuit intégré de commande du moteur et aux commandes de synchroni-
30 sation et manuelles couplées au circuit intégré.

Le fonctionnement de l'appareil a lieu de la façon suivante : la lampe reçoit du courant pendant les demi-cycles "positifs" du courant principal alternatif. Le fonctionnement de la lampe (seulement) a lieu lorsque le commu-
35 tateur de choix de mode à 3 voies S2 est tourné vers la

position lampe seulement. Supposons en outre que la commande murale soit sur "marche" fournissant un trajet de courant bidirectionnel de faible résistance entre ses deux bornes externes. En supposant que la ligne principale de courant alternatif à 115 volts soit alimentée, du courant alternatif 5 suit un trajet de la première borne alternative 126, via la commande murale 105, le connecteur démontable E4, la lampe 100, le connecteur démontable E2, la première anode et la seconde cathode de la diode CR4, le connecteur démontable 10 El, le commutateur S2, et finalement la seconde borne alternative 127.

Le moteur et le circuit intégré reçoivent du courant pendant des demi-cycles "négatifs" du courant alternatif principal. En supposant que le commutateur S2 soit tourné sur la position moteur seulement, ou sur la position 15 moteur et ventilateur en marche, du courant progresse de la borne 127 via le commutateur S2, le connecteur E5, vers une source de courant continu 150 volts, se composant d'un fusible F1, d'une résistance de limitation de courant R22, d'une diode CR5 et d'un condensateur de filtrage C1 relié entre la 20 cathode de la diode CR5, et la connexion de masse commune de la source. Les commutateurs à transistor 122, 123, 124 ont chacun une borne d'entrée de courant reliée par l'intermédiaire d'un réseau de protection (L1, CR122, CR13) à la 25 ligne de 150 + volts de la source de courant continu ayant son origine à la cathode de la diode CR5, et une borne de charge reliée respectivement via les connecteurs E6, E7 et E8 à une première extrémité des étages d'enroulements A, B et C, respectivement, du moteur. Les autres extrémités des 30 étages d'enroulements du moteur sont reliés à un noeud de neutre 128, qui n'est pas un point de connexion externe pour l'alimentation du moteur. Les commutateurs A, B et C, qui sont identiques fonctionnent avec un commutateur (par exemple A) fortement conducteur, un autre (par exemple B) faiblement conducteur, et le troisième commutateur (C) dans un 35

état d'impédance élevé (non conducteur). Dans ce cas, du courant passe du bus 150 B+, via le commutateur 122, le connecteur E6 dans l'enroulement A, via le noeud d'enroulements 128 dans l'enroulement B, dans le connecteur E7, via
5 le commutateur 123 à la masse commune. La masse commune, également la borne négative du condensateur de filtrage C1 est renvoyée via le connecteur E4, et la commande murale 105 à l'autre borne 126 de la ligne alternative principale. Comme on l'a indiqué, du courant est fourni au moteur 120 et
10 au circuit intégré de commande de moteur 121 seulement pendant le demi-cycle négatif du courant principal à cause de la conduction unidirectionnelle de la diode CR5. Du courant est fourni à la lampe seulement durant des demi-cycles positifs du courant alternatif principal à cause de la conduction unidirectionnelle de la diode CR4.
15

Le circuit intégré de commande du moteur 121 reçoit le courant (Vdd) à la sortie du réseau de protection (L1, CR12, CR13) via une résistance chutrice de tension R23, un condensateur de filtrage C2, et une diode Zener de limitation de tension CR1, qui est couplée à la broche P13. La
20 masse du circuit intégré (Vss) est renvoyée par la broche P6 à la masse du système, à laquelle sont également renvoyés le condensateur C2, et la diode zener CR1. L'agencement fournit une tension Vdd d'environ +9,0 volts pour le fonctionnement
25 du circuit intégré. Le circuit intégré est fabriqué avec du silicium en utilisant le procédé de semi-conducteur à oxyde métallique complémentaire (CMOS). Le procédé CMOS produit aisément des transistors à effet de champ à canal P, des transistors à effet de champ à canal N, de simples diodes et
30 des résistances.

Le circuit intégré de commande fournit les signaux de sortie appropriés pour faire commuter le moteur à trois étages d'enroulement 120, et effectue la commande du moteur en donnant effet aux commandes manuelles dans la boîte de
35 commande 104 montée sur le moteur et dans la commande murale

105. Le circuit intégré dérive l'information de synchronisation utilisée pour la commutation des étages d'enroulement distincts du moteur, l'enroulement non excité étant détecté du point de vue de la force contre électromotrice, pour
5 définir l'instant de commutation. Les extrémités des étages d'enroulements A, B et C, y compris le noeud d'enroulements 128, sont respectivement reliés via les connecteurs E6, E7, E8 et E3, à une borne d'extrémité de chacun de 4 diviseurs de tension à deux résistances, de précision, distincts. L'autre
10 borne d'extrémité de chaque diviseur est relié au noeud 129 et renvoyée via deux diodes orientées en direct, reliées en série CR2 et CR3, à la masse. Les diodes sont shuntées par un condensateur de filtrage C3. Une résistance R28 relie le noeud 129 à la sortie B+ à CR5, C1. Les prises sur les
15 autres diviseurs de tension, qui sont réglées à un rapport de division de 1 à 41, sont respectivement couplées aux broches d'entrée du circuit intégré de commande du moteur désigné P5 (VA); P4 (VB); P3 (VC); et P2 (VN). Le rapport de division de tension est conçu de sorte que l'oscillation de
20 tension autour du neutre (VN) aux entrées du circuit intégré ne dépasse pas les capacités d'entrée du circuit intégré de commande du moteur. La configuration précédente, qui est utilisée pour détecter la force contre électro-motrice dans l'étage d'enroulements momentanément non excité, permet à la
25 tension du noeud d'enroulements neutre 128, qui idéalement est égale à la moitié de la source B+ apparente, et qui est également divisée d'une partie de 41 pour former une tension de référence (VN). Les tensions VA, VB ou VC référencées à la tension (VN) forment un signal convenable pour l'application
30 du signal d'entrée différentiel du circuit intégré.

Pour un démarrage assuré en face d'erreur dans la matrice de résistances 125 sous forme d'un unique ensemble en ligne (SIP), on prévoit un mécanisme de décharge (Q92, R41) en P1 pour le condensateur C5, qui maintient encore
35 essentiellement une constante de temps minimum de 0,20 se-

condes. Le collecteur de Q92 est relié à P1, l'émetteur via R41 (240k ohms) à la masse du système, et la base au noeud 129 afin de fournir un drain de courant de $2,5\mu\text{A}$ en P1. Ce choix fournit une période de démarrage de 0,25 secondes et
5 une marge pour une erreur de $2\mu\text{A}$ du système. Le décalage dû à l'erreur dans la synchronisation devient négligeable aux vitesses de rotation moyennes et élevées.

Les commutateurs 122, 123 et 124 sont conçus pour répondre aux signaux de commande fournis par le circuit
10 intégré aux broches P7 (AT); P8 (AB); P9 (BB); P10 (BT); P11 (CT) et P12 (CB).

Les lettres initiales A, B et C désignent l'étage d'enroulements du moteur 120. La seconde lettre "T" dénote que des signaux "marche" issus des broches ainsi désignées
15 sur le circuit intégré produiront la conduction du commutateur vers le bus de + 150 volts (T pour Sommet) en liaison avec le potentiel de masse du système ou en un point +75 volts en liaison avec la tension sur le noeud d'enroulement neutre 128. La seconde lettre "B" dénote que les signaux
20 "marche" issus des broches ainsi désignées sur le circuit intégré produiront la conduction du commutateur vers la masse du système (B pour Bas) ou à un point -75 volts en liaison avec la tension sur le noeud du neutre.

Le circuit du commutateur 122, qui commande l'en-
25 roulement A du moteur, est représenté à la figure 2. il comprend 3 transistors bipolaire, Q82, Q88, Q85, qui fonctionnent pour coupler la borne non-neutre de la borne de l'enroulement A à B+ lorsque AT à P7 est élevé et un unique transistor à effet de champs Q91, qui fonctionne pour cou-
30 pler cette borne d'enroulements à la masse du système lorsque AB à P8 est élevé. Les commutateurs représentent une conception de faible coût, avec la base du transistor d'entrée NPN Q82 couplée à la broche P7, et l'émetteur relié via R37 à la masse. Le signal apparaissant au collecteur de Q82
35 est développé dans la résistance de charge R31, couplé en

série via la cathode d'abord, l'anode ensuite de la diode de protection CR6 au bus de 150 B V+. Un transistor PNP Q88, relié suivant une configuration en émetteur commun, a sa base reliée au collecteur de Q82, son émetteur couplé à la cathode de la diode CR6. Le collecteur de Q88 est relié à la base du transistor de sortie NPN Q85. Le collecteur de Q85 est relié via la diode CR6 au bus de +150Volts. L'émetteur de Q85 est couplé via le connecteur E6 à l'étage d'enroulement A. Le transistor Q88 sert à décaler le niveau et fournir le sens correct de commande du transistor de sortie Q85. La diode CR9, qui a son anode couplée à l'émetteur de Q85, et sa cathode couplée à la sortie B+ à CR5, C1, est une diode à retour, réduisant les transitoires de commutation en inverse. La combinaison de Q82, Q88, Q85 fournit une connexion de faible résistance à capacité élevée en courant de l'étage d'enroulements au bus de plus 150Volts lorsque la tension AT à la broche P7 va vers un état actif haut.

Le transistor à effet de champ Q91 est un dispositif à canal N, qui couple l'étage d'enroulements A à la masse du système. La grille de Q91 est couplée à la broche P8, la source est reliée à la masse du système, et le drain est relié à l'émetteur de Q85, et via le connecteur E6 à la borne non neutre de l'étage d'enroulements A. Le transistor Q91 fournit une connexion de faible résistance à capacité élevée en courant de l'étage d'enroulements A à la masse du système lorsque la tension AB à la broche P8 va vers un état actif haut. Les courants élevés envisagés ici sont ceux appropriés pour un moteur de ventilateur de 50 watts.

L'inductance L1, en tant qu'une partie du réseau de protection (L1, CR12, CR13), empêche les pics de courant de commutation extrêmement élevés qui autrement solliciteraient les commutateurs de puissance à semi-conducteurs. Dans cette application, le problème est plus aigu dans le rang inférieur de transistors à effet de champs (Q91 dans le commutateur A, ou les contreparties de Q91 dans les commuta-

teurs B et C). Ces courants de crête apparaîtraient ordinairement lorsque des commutateurs à transistors bipolaires choisis du rang supérieur (Q85 dans le commutateur A, ou les contreparties de Q85 dans les commutateurs B et C) sont rendus conducteurs, pendant que le courant issu du moteur traverse la partie diode du transistor à effet de champ (connexion drain-source). La récupération de cette "diode" (structurellement la jonction base-collecteur d'un transistor bipolaire inhérent dans le transistor à effet de champ) détermine ce courant et la récupération "sûre" du dispositif.

Les deux diodes reliées en série CR12 et CR13 shuntent L1, de sorte que les transitoires de tension apparaissant sur le bus de 150 volts seront verrouillés au condensateur de filtrage principal C1. Par conséquent, la connexion B+ à ces commutateurs ne retournera pas de façon significative au dessus de la tension B+ établie par le condensateur de filtrage. Pour que le circuit soit efficace, une des diodes (par exemple CR12) doit être une diode à récupération rapide. Le circuit de protection protège contre le courant transitoire mentionné ci-dessus, pendant la commutation en modulation par largeur d'impulsion, qui autrement pourrait résulter en des courants de crête dangereusement élevés dans les deux rangs de commutateurs à transistors.

Un autre schéma de protection pour les transistors à effet de champ du rang inférieur est d'utiliser deux diodes, une reliée entre le drain et la masse du système en shunt avec le transistor à effet de champ du rang inférieur (par exemple, Q91), la diode étant polarisée pour conduire lorsque le transistor à effet de champ est polarisé en inverse et une seconde diode insérée dans le drain polarisée pour conduire lorsque le transistor à effet de champ est polarisé en direct.

Comme l'implique le dessin du commutateur, si les deux broches P8 et P7 sont basses, le commutateur A est à un

état d'impédance élevé, ou état non conducteur, avec le conducteur non neutre à l'étage d'enroulements A non excité, libre d'atteindre toute valeur produite par la force contre-électromotrice lorsque cet étage d'enroulements A est
5 soumis au champ produit par le rotor à aimants permanents tournants.

On a représenté dans les ondes de commutation de la figure 3 la séquence selon laquelle apparaît la commutation. Les ondes disponibles aux broches P7-P12 sur le circuit intégré pour la commande des commutateurs 122, 123, 124
10 sont les six ondes les plus basses (AT, AB, BT, etc.), avec celles de gauche représentant la rotation en sens direct du moteur et celles de droite représentant la rotation en sens inverse du moteur. Les deux ondes dénotées "DIR" pour direct ou "INV" pour inverse, sont engendrées de façon interne dans
15 le circuit intégré, et sont affectées par le réglage de S1, relié à la broche DIR/INV P.16, et la commande murale. Avec le circuit intégré dans l'état direct, (DIR à un état actif élevé), les ondes de commutation permettent une première
20 séquence de la marge gauche au centre du dessin. Si le signal direct devient faible et le signal inverse devient élevé, les signaux de commutation poursuivront une seconde séquence.

Les ondes de sortie de commutation ou signaux de
25 sélection des enroulements excités, apparaissent en une séquence de six ondes (AT, AB, BT, BB, CT, CB) pour l'excitation des étages d'enroulements A, B ou C. Les "valeurs élevées" de chaque onde (pour les besoins de la discussion initiale les marques verticales sous élevées de l'onde, qui
30 dénotent un fonctionnement en rapport cyclique, sont ignorées) ont une durée de deux comptes du chiffre binaire le moins significatif (B0) d'un compteur modulo-6 à trois chiffres significatifs (B0, B1, B2). Le moteur, pris comme un tout, a six états d'excitation distincts, dans chacun des-
35 quels un enroulement (A, B ou C, par exemple A) est relié à

B+, un enroulement restant (B ou C, par exemple B) est relié à la masse, et l'enroulement restant, (par exemple C) n'est pas excité. Chaque état d'excitation du moteur dure un compte du chiffre binaire le moins significatif (B0) du compteur modulo 6, et chaque état d'excitation du moteur se termine - par définition - à l'instant de commutation.

Les ondes de sortie de commutation, comme on le décrira, sont logiquement dérivées des comptes (B0, B1, B2) de trois bascules dans le compteur modulo 6 qui conduisent à six états de sortie du compteur $\overline{CS0}$, $\overline{CS1}$, $\overline{CS2}$, $\overline{CS3}$, $\overline{CS4}$, $\overline{CS5}$, (les barres supérieures dénotant que l'état bas est actif). Les ondes de sortie du compteur ($\overline{CS0}$, etc.) sont utilisées pour dériver les ondes de sortie de commutation et sont des signaux de sélection d'enroulements non excités utilisés pour choisir l'enroulement non excité à l'entrée du circuit intégré de commande pour la détection de commutation.

L'ordre des états bas actifs des ondes CS0-CS5 en partant de la gauche de la marge montent vers la droite (de $\overline{CS0}$ à $\overline{CS5}$) avant inversion, et descendent vers la droite (de $\overline{CS5}$ à $\overline{CS0}$) après inversion. Les ondes BB et CT sont indéfinies jusqu'à ce que POR (Réinitialisation en Marche) aille à un état inactif haut, libérant le compteur de l'état $\overline{CS0}$ (B0=0 ; B1 = 0 ; B2=0). Au compte suivant, $\overline{CS0}$ devient haut et $\overline{CS1}$ devient bas, AB est en marche, BB et BT sont arrêtés et CT continue à être en marche. Au compte suivant, CS2 devient bas, AB reste en marche, BT se met en marche et CT et CB s'arrêtent. La séquence décrite des excitations des enroulements se poursuit vers le centre de la figure jusqu'à ce que DIR devienne bas, moment auquel la séquence s'inverse comme représentée.

La production de la séquence correcte d'ondes de commutation pour produire la rotation en sens directe, la rotation en sens inverse, la rotation plus rapide ou plus lente du moteur, et pour faire commuter le montage de stator à la position angulaire correcte du rotor est la fonction du

circuit intégré de commande du moteur 121 dont on va maintenant décrire la conception interne.

CIRCUIT INTEGRE DE COMMANDE DE MOTEUR 121

POUR MOTEUR A COURANT CONTINU A COMMUTATION ELECTRONIQUE.

5 Les subdivisions fonctionnelles principales du circuit intégré de commande du moteur 121 sont représentées à la figure 4. Les conceptions des logiques et/ou des circuits détaillés des blocs fonctionnels sont représentées aux figures 5A, 6, 7, 9 10A et 11A.

10 Le circuit intégré de commande se compose de onze blocs interconnectés 140 à 150 reliés à la circuiterie sur la carte de circuit imprimé par les seize broches P1 à P16 comme déjà indiqué. La position de rotation du rotor est "identifiée" par le compteur modulo 6 ou de commutation
15 144, qui possède six états ($\overline{CS0}$ - $\overline{CS5}$). Le rotor à aimants permanents, dû au couplage magnétique, tourne en synchronisme avec la rotation du champ magnétique produit par le montage de stator. Selon le nombre de "pôles" du moteur, le compte peut se répéter une, deux, trois fois, quatre fois,
20 etc., par

révolution. La réalisation réelle représentée ici utilise un rotor à aimant permanent à six pôles avec un montage de stator à 18 bobines, 3 étages d'enroulement, 36 "dents". Le comptage de 6 est répété trois fois par révolution.

25 Le compteur modulo 6, 144, commande la commutation séquentielle des dispositifs pilotes de sortie 146 pour l'excitation séquentielle des étages d'enroulement, et pour valider séquentiellement l'ensemble de portes d'entrée 140 pour choisir l'enroulement non excité approprié pour la
30 synchronisation de la commutation. Le compteur est soumis à une commande pour un compte ascendant ou un compte descendant au moyen d'une onde Directe (DIR) dérivée de la logique Directe/Inverse 149. Lorsque du courant est appliqué pour la première fois, le compteur est maintenu à un état pré-réglé
35 au moyen d'une onde de Réinitialisation Marche ($\overline{POR}$) dérivée

de l'onde de Réinitialisation Marche 150. L'instant de commutation pour le moteur à commutation électronique est défini au moyen d'une onde de Réinitialisation 1 à bord montant positif fourni par le réseau de comparaison 142 au compteur 144. L'onde de Réinitialisation 1 "synchronise" le compteur 144, définissant ainsi l'instant auquel change l'état d'excitation du rotor et l'instant auquel change l'étage d'enroulement détecté pour la synchronisation de la commutation.

Le compteur modulo 6, 144, commande la séquence d'excitation des étages d'enroulements A, B et C, au moyen de la logique de commande 145, des dispositifs pilotes de sortie 146, et des commutateurs 122, 123 et 124. La sortie du compteur 144 est sous la forme de six combinaisons NON/ET d'états de compteur adjacents ($\overline{CS0}$, $\overline{CS1}$; $\overline{CS1}$, $\overline{CS2}$; etc.) et le chiffre binaire le moins significatif (BO) de la mémoire du compteur est couplé à la logique de commande 145. La logique de commande 145, décodant les sorties du compteur 144, dérive des signaux de commande hauts ou bas pour l'application aux six dispositifs pilotes distincts, qui forment les dispositifs pilotes de sortie 146.

La logique de commande 145 est soumise à une commande pour un compte ascendant ou un compte descendant au moyen de l'onde DIRECTE (DIR) et de l'onde INVERSE (INV) dérivées de la logique DIRECTE/INVERSE 149. Elle est aussi soumise à une commande qui inverse le sens de la sortie des dispositifs pilotes pour des comptes alternés. Cette inversion s'obtient au moyen de l'onde BO dérivée du chiffre binaire le moins significatif de la mémoire du compteur, et mélangé-inversé avec l'onde de Réinitialisation 1 dérivée du réseau de comparaison 142. La logique de commande, au moyen de l'onde de sortie MLI dérivée du modulateur de largeur d'impulsion 148, effectue une modulation de largeur d'impulsion d'une oscillation de 20 kHz provenant de l'oscillateur 147, ce qui affecte le rapport cyclique de conduction des dispositifs pilotes de sortie de la manière indiquée dans

les zones alignées verticalement des ondes des dispositifs pilotes (AT, AB, etc.) de la figure 3.

Les dispositifs pilotes de sortie 146 auxquels sont appliquées les ondes (AT, AB, etc.,) fournissent un gain de signal aux broches P7-P12 du circuit intégré de commande du moteur adéquat pour piloter les transistors de commutation distincts dans les commutateurs à semi-conducteurs 122, 123, 124 sur la carte de circuit imprimé. Les dispositifs pilotes de sortie 146 au moyen de l'onde de démarrage I dérivée de POR 150, diffèrent l'application réelle du courant aux enroulements du moteur jusqu'à ce que 5 intervalles de commutation aient pris place après l'application initiale du courant. Ceci permet à la circuiterie de synchronisation de commutation de se stabiliser avant l'application réelle du courant aux enroulements.

Le compteur modulo 6, 144, valide séquentiellement l'ensemble de portes d'entrée 140 pour choisir l'étage d'enroulements non excité approprié à brancher à l'amplificateur d'intégration à transconductance 141 et au réseau de comparaison 142 pour la synchronisation de la commutation. En synchronisant la commutation, la force contre-électromotrice développée dans l'étage d'enroulements non excité (par suite de la rotation des aimants permanents sur le rotor au-delà de l'étage d'enroulements non excité fixe) une fois choisie par l'ensemble de portes est amplifiée dans l'amplificateur 141, et intégrée et mesurée dans le réseau de comparaison 142 pour déterminer l'angle de commutation correct. Le choix de l'étage d'enroulements non excité approprié par l'ensemble de portes d'entrée 140 est synchronisé avec le choix des deux autres des trois étages d'enroulements par la logique de commande 145 pour l'excitation.

L'ensemble de portes d'entrée 140 est couplé par les broches P2-P5 à la matrice de diviseurs de tension dans la carte de circuit imprimé reliée aux bornes non neutres de chacun des trois étages d'enroulements du stator du moteur

(A, B, C) et à la borne neutre pour le choix de l'information de synchronisation appropriée. Le compteur modulo 6 commande l'ensemble de portes d'entrée 140 en identifiant et choisissant les étages d'enroulements du stator qui sont non excités, en fournissant les six ondes de sortie du compteur (CS0, CS1, etc) aux entrées de validation de l'ensemble de portes, qui sont dans un état actif bas lorsque l'ensemble de portes doit être validé. La sortie de l'ensemble de portes d'entrée est reliée à l'entrée de l'amplificateur d'intégration à transconductance 141, qui a deux entrées différentiellement reliées. L'ensemble de portes d'entrée choisit un unique étage d'enroulements non excité identifié prenant une entrée (par exemple BA) de la borne non neutre de l'étage d'enroulements et une entrée (VN) d'un noeud d'enroulements neutre 126. Les étages du compteur (CS0, CS1, etc.,) ont pour attribution de provoquer l'alternance du sens des connexions entre les bornes non neutres des étages d'enroulements et les entrées de l'amplificateur pour des comptes successifs. L'alternance du sens de connexion entre la borne neutre commune et les entrées de l'amplificateur s'obtient au moyen du chiffre binaire le moins significatif (B0) dérivé de la mémoire du compteur.

Cette alternance au moyen de l'ensemble de portes d'entrée 140 du sens de connexion entre les étages d'enroulements et l'amplificateur d'intégration 141 est nécessaire pour assurer que la polarité de la sortie de l'amplificateur soit toujours la même. L'onde de la force contre-électromotrice apparaissant sur un étage d'enroulements a une première pente (par exemple positive) tandis que l'onde de l'étage d'enroulements suivant pour la période suivante d'intégration a une pente opposée. Les inversions produites par l'ensemble de portes d'entrée maintient ainsi le même sens pour la sortie de l'amplificateur pour des périodes d'intégration successives.

L'ensemble de portes d'entrée 140 est par consé-

quent le moyen de commutation d'entrée du circuit intégré qui couple l'onde de force contre-électromotrice via la matrice 125 depuis l'étage d'enroulement. Cette onde, qui indique la vitesse angulaire instantanée du rotor est ensuite couplée aux blocs 141, 142, 143 pour intégration afin d'obtenir la translation angulaire du rotor. Ces blocs, et plus particulièrement le réseau de comparaison 142 (y compris C5), produit une impulsion de sortie, c'est-à-dire l'impulsion de Réinitialisation 1, à l'instant où on a atteint l'angle de rotor correct pour la commutation. L'impulsion de Réinitialisation 1 est utilisée pour synchroniser le compteur modulo 6, 144. L'onde de Réinitialisation 1 est également couplée pour mettre hors service l'ensemble de portes d'entrée pendant l'annulation de l'amplificateur 141 et pendant la réinitialisation du condensateur d'intégration C5, relié au réseau de comparaison 142.

L'amplificateur d'intégration à transconductance 141 est un amplificateur différentiel aux deux entrées duquel sont appliqués différentiellement, sous la forme d'une tension, le signal issu de l'étage d'enroulement choisi. L'amplificateur d'intégration en transconductance 141 convertit la tension d'entrée différentiellement appliquée en un courant de sortie qui est intégré dans le réseau de comparaison 142 en déterminant l'angle de commutation correct. Le courant de sortie issu de l'amplificateur est couplé à un condensateur d'intégration C5 couplé à la broche P1. Le condensateur C5, en stockant le courant de sortie de l'amplificateur, développe une tension dérivée d'un étage d'enroulements non excité choisi, ce qui est un moyen approprié de déterminer l'angle instantané du rotor. L'intégrale de la tension est une mesure de la position angulaire du rotor qui est grandement indépendante de la vitesse de rotation du rotor sur une gamme 10/1 de vitesses de rotation. La tension apparaissant sur le condensateur C5 par suite de l'intégration du courant de sortie de l'amplificateur fournit une

duplication précise de l'intégrale de tension dans la mesure où le courant de sortie de l'amplificateur est proportionnel à la tension d'entrée différentielle et dans la mesure où l'intégrale en fonction du temps du courant de sortie de l'amplificateur est égale à l'intégrale en fonction du temps de la tension d'entrée. La tension intégrée par le condensateur C5 est ensuite comparée à une tension standard (V_{ref} 3) correspondant à un angle de commutation optimum du rotor connu pour déterminer l'instant où aura lieu la commutation.

La précision de ce procédé de détermination de l'angle du rotor dépend de la stabilité de la transconductance de l'amplificateur d'intégration à transconductance, et, comme l'amplificateur est un amplificateur de différence couplée directement susceptible de déséquilibre, elle dépend également de la précision avec laquelle on peut compenser tout déséquilibre.

La sortie de l'amplificateur 141 est couplée à un réseau de comparaison 142, qui détecte quand la tension stockée dans le condensateur C5 par suite d'une intégration du courant a égalé la tension standard correspondant à la position angulaire correcte du rotor pour la commutation. Lorsque l'égalité est détectée, le réseau de comparaison renvoie un signal (REINITIALISATION 1) de l'instant de commutation au compteur modulo 6, 144. Lors de l'apparition de ce signal, le compteur avance au compte suivant, et l'ensemble de portes d'entrée 140 et les dispositifs pilotes de sortie 146 sont avancés pour effectuer la commutation et commencer l'excitation, la desexcitation et la détection de tension pour les trois étages d'enroulements appropriés au compte suivant.

Le troisième bloc actif dans la synchronisation de la commutation est le circuit d'auto-annulation 143, qui fournit un décalage pour corriger tout déséquilibre du courant de sortie de l'amplificateur d'intégration. "L'annulation" de l'amplificateur d'intégration a lieu à chaque com-

mutation. Comme illustré à la figure 8, l'annulation a lieu après la fin de chaque période d'intégration du condensateur, signalée par l'impulsion Réinitialisation 1, mais avant la réinitialisation du condensateur de synchronisation (C5) (au cours de la Réinitialisation 2) préparatoire à la période d'intégration suivante du condensateur. L'amplificateur 141 est placé dans un état pour être annulé, et alors provoque la réinitialisation du condensateur d'intégration par l'application des ondes de Réinitialisation 1 et Réinitialisation 2, respectivement. L'onde de Réinitialisation 1 court-circuite l'entrée différentielle de l'amplificateur, et ainsi fournit un signal d'entrée différentiel zéro essentiel à l'annulation. L'onde de Réinitialisation 2 est active après l'annulation, et règle la sortie de l'amplificateur à un état dans lequel le condensateur d'intégration (C5) est rapidement rechargé vers Vdd. En outre, durant l'annulation, certaines commandes sont appliquées aux résistances R3A-D et R4A-D, qui dans certains cas, forment une partie de l'amplificateur. Ceci sera discuté en liaison avec le circuit d'auto-annulation.

L'annulation de l'amplificateur 141 produit une correction de courant périodiquement vérifiée qui est appliquée à un canal de l'amplificateur pour annuler le courant de sortie de l'amplificateur pour un signal d'entrée zéro. Le circuit d'auto-annulation 143 produit ce courant de correction par petits incréments ($3/4$ microampères) qui sont appliqués à un premier canal de correction de courant de l'amplificateur. Les incréments sont conçus pour élever ou abaisser le rapport de transfert de courant d'un miroir dans le premier canal de l'amplificateur pour amener le courant de sortie de ce canal en équilibre avec le courant de sortie de l'autre canal. L'annulation prend un court instant, typiquement, moins d'une milliseconde, mais ne dépassant pas un maximum de 1,4 milliseconde. Après annulation, le condensateur de synchronisation C5 est réinitialisé (au cours de la

Réinitialisation 2), ce qui dure 3 à 5 millisecondes, afin de préparer la période d'intégration suivante du condensateur pour synchroniser la commutation suivante. Il est également nécessaire de fournir ce délai après commutation pour
5 assurer que toute l'énergie stockée dans l'enroulement maintenant non excité (qui était excité avant la commutation) a le temps de se dissiper. Ceci est nécessaire pour assurer que l'énergie stockée ne soit pas incorrectement
10 interprétée comme une force contre-électromotrice provoquant une grande erreur dans l'instant de commutation. Le circuit d'auto-annulation 143 et sa relation avec les autres blocs fonctionnels seront décrits en détail ci-dessus.

Les blocs restant du circuit intégré de commande concernent principalement la mise en oeuvre des fonctions de
15 commande manuelles. Lorsque l'appareil de plafond est allumé, et que du courant est appliqué au moteur du ventilateur, la "Réinitialisation-Marche" (POR) est active.

Le POR 150 est un circuit de protection pour d'autres parties du circuit de commande du MCE qui devient actif
20 lorsque le courant est appliqué ou coupé. Il assure que le circuit protégé est maintenu dans un état inactif sûr voulu lorsque la tension de la source sur le circuit protégé est en-dessous d'une première valeur lorsque le courant est appliqué, ou en-dessous d'une seconde valeur (habituellement
25 légèrement plus faible) lorsque le courant est coupé. Lorsque le courant est appliqué, il libère le circuit protégé dans un état initial voulu. L'interaction du POR avec d'autres divisions fonctionnelles de la carte de circuit imprimé de commande du moteur est en partie illustrée par les ondes
30 de la figure 3 et de la figure 12B.

En conséquence de l'apparition de la sortie active du POR lorsque du courant est appliqué, l'amplificateur 141 est débranché du condensateur C5, et le réseau de comparaison 142 et le circuit d'auto-annulation 143 sont pré-réglés.
35 Ceci produit un état initial, apparenté à l'apparition de

l'instant de commutation en préparation de l'annulation de l'amplificateur. Le POR pré-règle la mémoire à trois chiffres binaires du compteur de commutation 144 dans un état initial (000). Il pré-règle les logiques Directe/Inverse à l'état commandé par le commutateur S1 sur la carte de circuit imprimé. Le pré-réglage apparaît immédiatement après l'application du courant au POR et dure jusqu'à ce que Vdd soit suffisamment élevé (par exemple 7,0 volts) pour assurer que le circuit analogique et logique est valide.

Lorsque la sortie active de POR s'achève, le circuit d'auto-annulation est libéré pour l'annulation, assurant que l'amplificateur est annulé avant d'être utilisé pour la synchronisation de l'intégration. Après cela, le POR 150, maintenant actif au moyen de l'onde IST couplée au circuit d'auto-annulation, influence le démarrage pour cinq comptes artificiels du compteur de commutation 144 en introduisant un courant de correction dans le réseau de résistances de l'amplificateur 141, ce qui facilite la décharge du condensateur d'intégration C5 à la tension réglée pour marquer l'instant de commutation et l'annulation. Pour la même période de cinq comptes, le POR, agissant au moyen de l'onde de démarrage I, coupe les commutateurs "inférieurs" des dispositifs pilotes de sortie, empêchant le couplage d'énergie aux étages d'enroulements du moteur jusqu'à ce que l'amplificateur 141, le réseau de comparaison 142 et le circuit d'auto-annulation 143 se soient stabilisés.

La logique Directe/Inverse 149 est sensible au réglage du commutateur S1 couplé à la broche Pl6 sur le circuit intégré. Elle est également sensible à une diminution commandée dans la source B+ effectuée par le fonctionnement de la commande murale pour réduire la tension B+ en-dessous du seuil voulu. En outre, lorsque du courant est réappliqué, après avoir été coupé, le circuit POR 150 pré-règle la logique Directe/Inverse à l'état qui correspond au réglage du commutateur S1. Une variation dans la sortie 249

qui oblige l'onde Directe à aller vers un niveau actif haut à partir d'un niveau antérieur bas, et l'onde Inverse à aller vers un niveau inactif bas à partir d'un niveau antérieur haut, vice et versa, produit une inversion du sens de rotation du moteur. Ces ondes, qui sont représentées à la figure 3, sont les moyens par lesquels on obtient une inversion de la rotation du moteur. L'onde Directe est couplée au compteur de commutation 144 pour effectuer à la fois un compte ascendant et un compte à rebours descendant. Les ondes Directe et Inverse sont couplées à la logique de commande pour valider les portes Directes (U42-U47) ou les portes Inverses (U36-U41). L'onde Directe ou Inverse est également couplée au POR pour le décodage de l'intervalle de cinq comptes pour la commutation simulée. Lorsque la logique Directe/Inverse est dans un état Direct, le POR est validé pour compter dans le sens ascendant vers l'état $\overline{CS5}$, et lorsque la logique Directe/Inverse est dans un état Inverse, le POR est validé pour compter "à rebours" vers l'état $\overline{CS0}$, qui tous deux fournissent le délai requis.

La commande de l'état Direct ou Inverse de la logique 149 est obtenue au moyen de la commande murale 105. Si l'on souhaite l'inversion, la commande de vitesse du moteur est déplacée dans la direction de réduction de la vitesse au-delà duquel le moteur calera. L'effet du déplacement de cette commande est de réduire B+ en-dessous d'un seuil. Ceci à son tour est détecté sur la broche régulée (P14) via l'action du transistor Q81, élevant ainsi la tension régulée au-dessus de la tension de crête en dents de scie. Ceci est détecté dans la logique et utilisé pour provoquer une inversion dans l'état du réglage Direct/Inverse. La détection est obtenue en comparant le circuit utilisant B+ sur la carte de circuit imprimé incluant Q81, R25, R26, R27, R29 et R30, avec une tension de référence stabilisée par diode Zener, également sur la carte de circuit imprimé, mais utilisé sur le circuit imprimé de commande du moteur

21. La logique comporte un comparateur qui compare une tension proportionnelle à la tension B+ avec une tension proportionnelle à la tension Zener, et comporte un circuit sur le circuit imprimé pour introduire une hystérésis dans le
5 seuil pour rendre l'action de commutation positive.

Finalement, la logique Directe/Inverse est pourvue d'un retard basé sur l'utilisation d'une impulsion de 20 kHz pour l'oscillateur 147 dans la modification réelle du fonctionnement de direct en inverse. L'onde de synchronisation
10 CYNCR est couplée à la logique Directe/Inverse pour effectuer ce retard.

L'oscillateur 147 et le modulateur de largeur d'impulsion 148 agissent sur la régulation de la vitesse. le moteur est conçu pour fonctionner à une vitesse établie par
15 la quantité de courant électrique fourni au moteur et la quantité de puissance mécanique nécessaire pour faire tourner le ventilateur et entraîner l'air frappant sur ses pales. Lorsque plus de courant est fourni, la vitesse de rotation s'accroît, et lorsque moins de courant est fourni, la
20 vitesse de rotation diminue. La vitesse est ainsi commandée par la quantité de courant fourni, et ce courant est soumis à une commande continue. La commutation est conçue pour s'effectuer à l'angle correct quelle que soit la vitesse de rotation et n'est pas intentionnellement variée avec le
25 réglage de la vitesse.

L'oscillateur 147 et le modulateur de largeur d'impulsion 148 fournissent les moyens pour régler le courant fourni au moteur sur une gamme allant de l'arrêt complet à la marche complète. En pratique, l'agencement permet
30 au moteur de fonctionner sur une gamme de vitesses de 20 à 1. Comme expliqué précédemment, le moteur est alimenté par l'excitation simultanée de deux étages d'enroulements reliés en série. Si un seul étage d'enroulements est excité comme lorsque l'onde de démarrage I est appliquée, le moteur ne
35 reçoit pas d'énergie électrique.

La commande de la vitesse du moteur est exercée par la modulation en largeur d'impulsion d'un des deux commutateurs qui sont validés à chaque compte du compteur. Ceci se voit mieux en examinant la figure 3. Les ondes dérivées des dispositifs pilotes de sortie (AT, AB, etc.,) et couplées à la sortie des broches P7-P12 illustrent ces propriétés. Chaque onde (AT, AB, etc.,) a un état actif haut d'une durée de deux comptes avec ces deux mêmes états hauts présents simultanément pour seulement un seul compte. Outre les deux états hauts présents, l'un est toujours représenté avec les traits verticaux indicatifs de la modulation en largeur d'impulsion. Ainsi, en modulant en largeur d'impulsion l'un des deux commutateurs actifs, la modulation en largeur d'impulsion a lieu à tout instant. En outre, dû à la nature classique de la modulation en largeur d'impulsion, le temps actif de l'onde modulée en largeur d'impulsion peut varier de 0 à 100% ce qui fournit donc une gamme complète de commande de courant.

L'oscillateur 147 est un oscillateur à relaxation dont le circuit principal se trouve sur le circuit intégré mais qui possède un condensateur externe C6 et une résistance externe R24 montés sur la carte de circuit imprimé et reliés à ce circuit imprimé à la broche 15. L'onde de l'oscillateur interne est une impulsion unidirectionnelle ayant une fréquence de répétition d'environ 20 kHz avec un temps de présence de 300 nanosecondes pour la partie la plus étroite de l'impulsion. Le signal de sortie SYNC et l'oscillateur dérivé d'une bascule (U94-U91) est couplé à la logique Directe/Inverse 149, comme indiqué précédemment, pour effectuer un retard lorsque le sens de rotation du moteur est modifié et est égal à au moins un intervalle de largeur d'impulsion. L'inverse de l'onde de l'oscillateur SYNC est couplé au circuit d'auto-annulation 143 où elle commande la vitesse d'incrémentation dans le procédé d'annulation.

La sortie de l'oscillateur 147 est modulée par le

modulateur de largeur d'impulsion 148. Les composants du modulateur de largeur d'impulsion se trouvent en partie sur le circuit intégré et en partie sur la carte de circuit intégré en étant reliés au moyen de la broche P14 (REG). Les
5 composants externes sont grandement partagés avec la logique Directe/Inverse. Ils comprennent le potentiomètre R40, les résistances R25, R26, R27, R29, R30, et le condensateur C4.

Le modulateur de largeur d'impulsion est un modulateur classique qui fournit un signal de sortie qui dans
10 les cas limites est actif tout le temps ou inactif tout le temps, et dans les cas intermédiaires est en partie du temps actif et en partie du temps inactif, comme illustré à la figure 10B. Le signal de sortie du modulateur de largeur d'impulsion (sortie MLI) est couplé à la logique de commande
15 145 au moyen de laquelle il introduit une modulation de largeur d'impulsion dans les ondes de commutation soit dans le banc direct (U42/U47) ou le banc inverse (U36-U41) de portes.

Le circuit d'auto-annulation 143 annule l'amplificateur d'intégration à transconductance pour supprimer toute
20 erreur de synchronisation de l'instant de commutation attribuable au décalage d'entrée de l'amplificateur et pour améliorer la performance du moteur au démarrage. Le circuit d'auto-annulation est entièrement situé sur le circuit intégré et ne nécessite pas de broches pour la connexion externe.
25

Le circuit d'auto-annulation comprend deux éléments résistifs numériquement subdivisés R3A-D et R4A-D, qui sont les éléments résistifs dans un miroir de courant dans un des deux canaux de l'amplificateur 141 suivant l'étage
30 d'entrée différentielle. Le miroir de courant est modifié par l'incorporation de moyens pour introduire un courant de correction qui peut être numériquement modifié pas à pas par incréments de 3 à 4 microampères soit sur le côté entrée soit sur le côté sortie du miroir de courant, et qui en fait
35 amène un canal de l'amplificateur en équilibre avec l'autre.

L'incrémentation a lieu sous la commande d'un compteur à 5 chiffres binaires, qui compte à la cadence de 20 kHz de l'oscillateur 147 (SYNC). Dans le procédé d'annulation, le compteur à 5 chiffres binaires est préréglé à une condition
5 de courant de correction maximum et est ensuite diminué par incrément à la fréquence de synchronisation jusqu'à ce qu'un équilibre soit détecté. Lorsque l'équilibre est détecté, le compteur s'arrête et le courant de correction est maintenu jusqu'à ce que l'annulation soit à nouveau instituée.

10 Le circuit d'auto-annulation fonctionne une fois pour chaque commutation. Les ondes comprises dans l'annulation pour le fonctionnement normal sont illustrées à la figure 12A. La période d'annulation débute après que le réseau de comparaison 142 (COM 2, U80, D16 Q) a signalé
15 l'instant de commutation (voir figure 9) obligeant l'onde de Réinitialisation 1 à devenir haute (D16 Q). Lorsque l'onde de Réinitialisation 1 devient haute, l'entrée de l'amplificateur d'intégration 141 est référencée à une tension de référence ($V_{ref} 1$) convenable pour l'annulation et les
20 entrées de l'amplificateur différentiel sont court-circuitées ensembles. Au même moment le réseau de comparaison 142 (D17 Q) engendre l'onde de synchronisation d'annulation. Cette onde est couplée à un compteur à 5 chiffres binaires dans le circuit d'auto-annulation (D8, D12) ce qui force le
25 circuit d'auto-annulation dans une condition de Préréglage dans laquelle le courant de correction maximum, mentionné précédemment, est injecté dans l'amplificateur 141. Pratiquement au même moment, le circuit d'auto-annulation engendre l'onde de Sortie d'Annulation (D7, Q) qui est couplée à
30 une porte de transmission U85 à l'entrée du réseau de comparaison 142. Ceci débranche l'amplificateur du condensateur d'intégration externe (C5), laissant la sortie de l'amplificateur reliée seulement au troisième comparateur (COM 3) dans le réseau de comparaison. Les conditions d'entrée
35 obligent la tension de sortie de l'amplificateur à grimper

au-delà du seuil Vref 2 du troisième comparateur (COM 3) obligeant l'onde de Réglage d'Annulation prenant naissance à COM 3 U 81 à devenir basse. Cette onde, lorsqu'elle est à nouveau couplée au circuit d'auto-annulation, libère les

5 Préréglages sur le compteur, et permet au compteur de diminuer par incrément à la cadence de synchronisation. La diminution par incrément s'accompagne d'une réduction pas à pas du courant de correction appliqué à l'amplificateur d'intégration. Lorsque le comparateur COM 3 détecte la

10 tension à la sortie de l'amplificateur, qui avait été proche de Vdd change de sens, signalant l'annulation, l'onde de Réglage d'Annulation devient haute. Lors de l'impulsion de synchronisation suivante, l'onde de la Sortie d'Annulation (D7 $\bar{Q}$) devient basse. L'onde de la Sortie d'Annulation (D7

15 $\bar{Q}$) est couplée au réseau de comparaison qui engendre l'onde de Réinitialisation 2, qui convertit l'amplificateur 141 en un état de source de courant maximum. Au même moment, l'onde de Sortie d'Annulation fait fonctionner la porte de transmission U85 pour rebrancher l'amplificateur d'intégration au

20 condensateur d'intégration C5. Lorsque la tension de référence supérieure (Vref 4) est traversée, à la fois la Réinitialisation 1 et la Réinitialisation 2 se terminent et la période d'intégration suivante du condensateur commence.

Durant les conditions de démarrage, la séquence

25 d'auto-annulation est affectée par la Réinitialisation en Marche 150. La séquence Marche est illustrée par les ondes de la figure 12B. Lorsqu'on applique pour la première fois du courant, l'onde $\overline{POR}$ est à un état actif bas ce qui oblige l'onde de synchronisation d'Annulation (D17 Q) à devenir

30 haute. Ceci oblige le compteur d'auto-annulation à être pré-réglé dans un état de courant de correction élevé. Lorsque l'onde POR ensuite passe à un état inactif haut, l'onde de synchronisation d'Annulation chute, permettant au compteur dans le circuit d'auto-annulation de diminuer par

35 incrément. L'auto-annulation est en outre affectée par

l'application d'un courant de correction IST qui est interrompu pendant l'annulation, mais est actif durant la réinitialisation et l'intégration du condensateur. Le courant de correction IST s'ajoute au courant de décharge de l'amplificateur d'intégration et oblige le condensateur d'intégration à se décharger plus rapidement et plus positivement vers le seuil du comparateur COM 2. Sous l'influence de la logique contenu dans le bloc POR, le courant IST se poursuit jusqu'à ce que 5 séquences d'auto-annulation se soit achevées.

5 Pendant cette même séquence de 5 comptes, les dispositifs pilotes inférieurs BOBA-C sont également invalidés de sorte qu'aucun courant n'est appliqué aux enroulements du moteur. Lors du sixième compte, les courants IST et de démarrage I, élevés, sont terminés, les enroulements du moteur sont

10 excités et l'auto-annulation se poursuit de la manière normale.

15

ENSEMBLE DE PORTES D'ENTREES 140.

L'ensemble de portes d'entrées 140 est le moyen de commutation d'entrée du circuit intégré de commande 121 qui

20 choisit l'étage d'enroulements du moteur non excité correct pour la détermination de l'instant suivant de commutation. L'ensemble de portes d'entrée 140 est couplé aux broches P5, P4, P4 et P2, respectivement conçues pour la connexion via le diviseur de tension à quatre sections 125 aux bornes des

25 enroulements du moteur VA, VB, VC et VN identifiés précédemment. Le diviseur de tension 125 est le moyen immédiatement relié aux étages d'enroulements pour dériver des tensions proportionnelles (1/41) aux tensions induites dans les étages d'enroulements réduites à des valeurs convenables

30 pour l'application au circuit intégré. L'ensemble de portes d'entrée 140 couple la tension de sortie de l'étage d'enroulements choisi aux bornes d'entrée 150, 151 de l'amplificateur d'intégration à transconductance 141 dans le sens correct pour conserver la polarité de sortie correcte de

35 l'amplificateur pendant des périodes de commutation succes-

sives. L'ensemble de portes d'entrée se compose de huit portes de transmission bidirectionnelles U58, U60, U64, U66, U68, U70 et U72, chacune associée à un inverseur U57, U59, U61, U63, U65, U67, U69 et U71, respectivement, trois portes
5 U54, U55 et U56 utilisées pour commander la détection du choix du neutre (N), et six portes U73-U78 utilisées pour commander la détection du choix des trois bornes de l'étage d'enroulements non neutre (A, B, C),. La tension de sortie de l'enroulement choisi est couplée entre les bornes d'en-
10 trée 150, 151 de l'amplificateur d'intégration à transconductance 141. Les signaux de commande pour le fonctionnement des portes d'entrée sont dérivés du réseau de comparaison (Réinitialisation 1) et du compteur Modulo 6, 144 (B0, CS0-5).

15 L'ensemble de portes d'entrée 140 est relié de la manière suivante. Les portes de transmission sont des dispositifs conducteurs bi-directionnels, se composant chacun de deux transistors à effet de champ complémentaires reliés en parallèle entre la borne d'entrée de signal et la borne de
20 sortie de signal. Chaque porte de transmission a deux bornes de commande nécessitant des tensions de commande de sens opposés. Dans les configurations illustrées, un signal est directement couplé à une borne de commande, et par un inverseur à l'autre borne de commande, de sorte qu'il y a en fait
25 une seule connexion de commande assignée à chaque porte. Les portes de transmission sont validées avec un signal de commande haut, et sont invalidées avec un signal de commande bas. Les bornes d'entrée de signal des portes U58 et U60 sont couplées à la broche P12 pour l'application de la
30 tension VN. La borne de sortie de la porte U60 est reliée à la borne d'entrée 150 de l'amplificateur d'intégration à transconductance, tandis que la borne de sortie de signal de la porte U58 est reliée à la borne d'entrée 151 de l'amplificateur d'intégration à transconductance. De même, les
35 bornes d'entrée de signal des portes U62 et U64 sont reliées

à la broche P5 pour l'application de la tension VA. La borne de sortie de signal de la porte U64 est reliée à la borne d'entrée 150 de l'amplificateur, tandis que la sortie de signal de la porte U62 est reliée à la borne d'entrée 151 de l'amplificateur. Les bornes d'entrée de signal des portes U66 et U68 sont reliées à la broche P4 pour l'application de la tension VB. La borne de sortie de signal de la porte U68 est reliée à la borne d'entrée 150 de l'amplificateur. La borne de sortie de signal de la porte U66 est reliée à la borne d'entrée 151 de l'amplificateur. Les bornes d'entrée de signal des portes U70 et U72 sont reliées à la broche P3 pour l'application de la tension VC. La borne de sortie de signal de la porte U72 est reliée à la borne d'entrée 150 de l'amplificateur. La borne de sortie de signal de la porte U70 est reliée à la borne d'entrée 151 de l'amplificateur.

Comme déjà indiqué, chaque porte de transmission comporte un inverseur associé, qui inverse le signal de commande applicable. Le signal de commande non inversé pour chaque porte de transmission est directement couplé via l'inverseur associé à l'autre borne de commande de cette porte de transmission. L'inverseur U54 et deux portes d'entrée NON/OU U55 et U56 sont reliées aux entrées de commande des portes de transmission U60 et U58. Les signaux de commande pour ces portes sont l'onde de Réinitialisation 1 dérivée de D16 Q du réseau de comparaison 142, et le chiffre binaire le moins significatif (B0), de la bascule S1 Q du compteur Modulo 6, 144. L'impulsion de Réinitialisation 1 est couplée à une entrée de la porte NON/OU U55 et à une entrée de la porte NON/OU U56. Le chiffre binaire le moins significatif (B0) du compteur Modulo 6 est directement couplé à une entrée de la porte NON/OU U56, et indirectement couplée via l'inverseur U54 (dont l'entrée est reliée à D1 Q) à l'autre entrée de la porte NON/OU U55. Les entrées à deux portes NON/OU U73 à U78 ont chacune une entrée couplée à D16 Q pour l'application de l'impulsion Réinitialisation

1, et une entrée couplée respectivement au compteur 144 pour l'application des ondes $\overline{CS5-CS0}$. Les sorties des portes NON/OU U55, U56 et U78 à U73 sont reliées aux entrées de commande des portes de transmission U58, U60, U62, U64, U66, U68, U70, et U72, respectivement.

L'ensemble de portes d'entrée 140 est conçu pour détecter la tension de l'enroulement choisi pendant la période d'intégration du condensateur, lorsque l'onde de Réinitialisation 1 est basse (voir figure 8). Ainsi chaque porte NON/OU (U55, U56, U73-U78), qui a une entrée couplée à D16 Q pour l'application de l'onde de Réinitialisation 1, inhibe l'ensemble des huit portes de transmission (U58, U60, U62, U64, 66, U68, U70, et U72) lorsque l'onde de Réinitialisation 1 est haute. Lorsque l'onde de Réinitialisation 1 est basse, cependant, correspondant à la période d'intégration du condensateur, les portes NON/OU peuvent être sélectivement excitées selon l'état du compteur Modulo 6.

Les portes de transmission de l'ensemble de portes d'entrée sont agencées pour inverser successivement la polarité du signal couplé à l'étage d'enroulements de moteur aux bornes d'entrée 150, 151 de l'amplificateur d'intégration 141. En supposant que le compteur est dans l'état $\overline{CS0}$ (et que l'onde de Réinitialisation 1 est basse), $\overline{CS0}$ est bas, la sortie de la porte U78 est haute, validant la porte de transmission U62, qui couple VA de la broche P5 à la borne 151. A l'état $\overline{CS0}$, le chiffre binaire le moins significatif est également bas. La porte NON/OU U56, avec deux états bas à l'entrée, a un état haut à la sortie, validant la porte de transmission U60 pour coupler VN de la broche P2 à la borne 150. Au compte suivant, l'état $\overline{CS1}$, la sortie de U75 est haute, validant U68, et couplant VB de la broche P4 à la borne 150. Le chiffre binaire le moins significatif est maintenant haut, et la porte NON/OU U55, avec deux entrées basses, a une sortie haute, validant la porte de transmission U58 pour coupler VN de la broche P2 à la

borne 151. De même, au compte suivant, l'état $\overline{CS2}$, la sortie de U74 est haute, validant U70, et couplant VC de la broche P3 à la borne 151. Le chiffre binaire le moins significatif est maintenant bas, et la sortie de U56 est haute, validant
5 U60, et couplant VN de la broche P2 à la borne 150. Chaque compte successif pour les états ($\overline{CS3}$, $\overline{CS4}$, $\overline{CS5}$, $\overline{CS0}$, etc) qui suit, branche un enroulement non excité à l'entrée de l'amplificateur d'intégration, et le fait suivant une polarité qui est opposée à celle de la connexion précédente,
10 (c'est-à-dire avec la connexion neutre à la borne 150 pour les comptes paires et à la borne 151, pour les comptes impaires).

La figure 3 illustre la sélection de l'étage d'enroulements qui est faite par l'ensemble de portes d'en-
15 trée en fonction des états du compteur. Durant $\overline{CS0}$, les deux étages d'enroulements B et C sont excités ; par conséquent l'étage d'enroulements A, qui est non excité est détecté par la porte U62. Durant $\overline{CS1}$, les deux étages d'enroulements A et C sont excités ; par conséquent l'étage d'enroulements B
20 est détecté par la porte U68. Durant $\overline{CS2}$, les deux étages d'enroulements A et B sont excités ; par conséquent l'étage d'enroulements C est détecté par la porte U70. Durant $\overline{CS3}$, les étages d'enroulements B et C sont excités ; par conséquent l'étage d'enroulements A est détecté par la porte de
25 transmission U64. Durant $\overline{CS5}$, les étages d'enroulements A et B sont excités ; par conséquent l'étage d'enroulement C est détecté par la porte U72.

AMPLIFICATEUR D'INTEGRATION A TRANSCONDUCTANCE 141.

L'amplificateur d'intégration à transconductance
30 est illustré aux figures 5A, 5B, 5C et 5D. La figure 5A illustre tous les éléments de circuit actifs de l'amplificateur moins les résistances dans le puits de courant de l'amplificateur dans lequel des courants de correction sont introduits pour rendre sans effet (annuler) l'amplificateur.
35 Les figures 5B, 5C et 5D sont fournies pour expliquer le

fonctionnement de l'amplificateur à transconductance, en mettant l'accent sur les mesures pour stabiliser la transconductance de l'amplificateur. Des résistances du puits de courant (R3, R4) sont représentées comme faisant partie de la figure 5B sans les moyens de correction utilisés pour rendre sans effet l'amplificateur. En outre, pour achever l'amplificateur à transconductance, les connexions V1 et VN à une étage d'enroulements de champs du moteur représentatif (A), sont représentées couplées via deux paires appropriées de résistances de division de tension, et via deux portes de transmission aux entrées 150, 151, de l'amplificateur à transconductance. Le circuit de masse au réseau de division incluant des diodes CR2, CR3 et le condensateur C3 est également représenté à la figure 5B.

Comme le montre principalement la figure 5A, l'amplificateur d'intégration à transconductance se compose des transistors Q1 à Q11 ; Q16, Q17 ; Q18 et Q23 à Q29 et des résistances R1 à R8. L'amplificateur consiste essentiellement en un étage d'entrée différentiel (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6) un premier miroir de courant (Q10, Q11) couplé à une première sortie (Q5) de l'étage d'entrée différentielle ; un second miroir de courant (Q16, Q17) couplé à l'autre sortie (Q6) de l'étage d'entrée différentiel ; un tampon de porte commun Q24 couplant la sortie du premier miroir de courant à un miroir de courant d'inversion d'impédance de sortie élevée Q26-Q29 ; un tampon de porte commun Q25 couplé à la sortie du second miroir de courant. Le signal d'entrée est couplé aux bornes d'entrée positive (150) et négative (151) de l'étage d'entrée différentiel (Q5, Q6), ou l'entrée positive est définie comme celle qui pilote le dispositif de sortie supérieur (Q27) et l'entrée négative pilote le dispositif de sortie inférieur (Q25). La sortie du miroir de courant d'inversion (Q26-Q29) apparaît au drain du transistor Q27 et la sortie du tampon Q25 apparaît au drain de Q25. Les drains des transistors reliés symétriquement, Q27, Q25

forment la borne de sortie 152 de l'amplificateur d'intégration à transconductance.

Les cinq transistors Q7, Q8, Q9, Q18 et Q23 commandent l'amplificateur d'intégration pendant l'annulation et la réinitialisation du condensateur. Les transistors Q7 et Q8 fournissent un moyen pour court-circuiter l'entrée différentielle de l'amplificateur d'intégration pendant l'annulation et la réinitialisation du condensateur C5. Ils deviennent actifs durant l'impulsion de Réinitialisation 1. Les transistors Q9, Q18 et Q23 sont les moyens pour provoquer la réinitialisation rapide du condensateur C5 après l'achèvement de l'annulation. Durant l'impulsion de Réinitialisation 2, le transistor Q9 invalide le puits de courant Q10, Q11 ; Q18 invalide le puits de courant Q16, Q17 ; cependant que Q23 valide le miroir de courant supérieur Q26-Q29 pour fournir le courant de charge voulu via Q27.

L'étage d'entrée de l'amplificateur différentiel de l'amplificateur à transconductance se compose des transistors à canal P reliés différentiellement Q5 et Q6. Le signal d'entrée à la borne positive 150 est couplé à la grille de Q5, et à la borne d'entrée négative 151 est couplé à la grille de Q6. La source de Q5 est reliée via une résistance de dégénération de 2000 ohms R1 au drain du transistor à canal P Q4 pour la fourniture de courant à Q5. La source de Q6 est reliée via une résistance de dégénération de 2000 ohms R2 au drain de Q4 pour la fourniture de courant à Q6. Les résistances R1 et R2 fournissent une réaction en courant en série comme symbolisé à la figure 5D pour stabiliser la transconductance de l'amplificateur.

Les transistors Q1, Q2, Q3, Q4 fournissent un courant fixe (typiquement 250 microampères) aux sources des transistors Q5 et Q6. Le transistor à canal N Q1 et le transistor à canal P Q2 reliés en série sont des références de courant établissant le courant de sortie de la source de courant. Le transistor Q2 a sa source reliée à Vdd, et son

drain relié au drain du transistor Q1. Le drain et la grille de Q2 sont reliés ensemble. La source de Q1 est reliée à la masse du circuit intégré et la grille de Q1 est reliée à Vdd pour établir la conduction dans la paire de transistors Q1, Q2 reliés en série. Le choix géométrique 200/4 de la grille (largeur de grille à longueur de grille) pour Q2 et 4/4 pour Q1 établit un courant de typiquement 250 microampères dans Q1 et Q2. Le transistor de sortie à canal P Q3 du miroir de courant, qui a sa source reliée à Vdd, a sa grille reliée à la grille de Q2. Le transistor Q3 qui a une géométrie semblable (200/4) à Q2 est maintenu à une tension grille/source égale à celle de Q2, et tend à "réfléchir" un courant de sortie égal au courant dans la référence à son drain. Le drain de Q3 est couplé à la source du transistor à canal P servant de tampon pour la source de courant Q4. Le transistor Q4 est de conception grande (500/4) pour obtenir une faible tension de saturation drain/source, et a sa grille couplée à une référence de 5,8 volts (formée d'un ensemble de transistors reliés en série) réglé pour établir la conduction dans Q4. La sortie de courant de la source de courant (Q1-Q4) apparaît au drain du transistor tampon Q4, qui est couplé, comme déjà noté, pour fournir du courant (250 microampères) aux transistors Q5 et Q6 de l'étage d'entrée différentiel.

La tension de signal couplée entre les grilles de Q5 et Q6 produit deux courants de signal de sortie aux drains de Q5 et Q6, respectivement. Comme définit précédemment, la grille de Q5 peut être regardée comme l'entrée du "canal" positif de l'amplificateur à transconductance car elle régle la conduction du transistor de sortie Q27. La conduction de Q27, qui est l'élément supérieur de la paire de sortie symétrique, "fournie" du courant de la source positive (Vdd) à la charge. Pour des raisons semblables, la grille de Q6 peut être regardée comme l'entrée au canal négatif de l'amplificateur, car elle commande la conduction

de Q25 , qui "soutire" du courant de la charge vers (Vss) à la masse du circuit intégré.

Le courant de signal apparaissant au drain de Q5 est couplé au drain du transistor à canal N Q10, la référence de courant d'entrée du premier miroir de courant (Q10, Q11) dans le canal positif. La source de Q10 est reliée par une résistance à prise de 2000 ohms (mieux représentée sur la figure 7) à la masse du circuit intégré. La grille de Q10 est couplée au drain du transistor Q10. La configuration tend à établir une polarisation de courant série d'environ 120 microampères dans Q10 (la moitié du courant de sortie de Q) et dans Q5. La grille de Q10 est couplée à la grille du transistor à canal N de sortie Q11 du miroir, dont la source est reliée par une résistance à prise de 2000 ohms R4 (mieux représentée à la figure 7) à la masse du circuit intégré. L'aspect d'un courant de signal dans Q10 produit un courant de sortie de signal réfléchi pratiquement égal dans le transistor de sortie Q11 du miroir. La précision du transfert du courant du miroir est en partie due à la grandeur des résistances de dégénération R3 et R4.

Le courant de signal apparaissant au drain de Q6 est couplé au drain du transistor à canal N Q16, la référence de courant d'entrée du second miroir de courant dans le canal négatif. La source de Q16 est reliée par une résistance de 2000 ohms R5 à la masse de circuit intégré. La grille de Q16 est reliée au drain de Q16. La configuration tend à établir une polarisation de courant série d'environ 125 microampères dans Q16 (la moitié du courant de Q4) et dans Q6. La grille de Q16 est couplée à la grille du transistor à canal N de sortie Q17 du miroir, dont la source est reliée par une résistance de 2000 ohms R5 à la masse du circuit intégré. L'aspect d'un courant de signal dans Q16 produit un courant de sortie de signal réfléchi pratiquement égal dans le transistor de sortie Q17 du miroir. La précision de transfert du courant du miroir est en partie due à la gran-

deur des résistances de dégénération R5 et R6.

Le courant de sortie apparaissant au drain du transistor Q11 dans le premier miroir de courant dans le canal positif est relié à la source du transistor tampon à canal N Q24 de grande géométrie (500/4). La grille de Q 24 est renvoyée à une source de tension de référence de 3,2 volts. Le courant de sortie du transistor tampon Q24 est couplé depuis le drain de Q24 à l'entrée du miroir de courant d'inversion de polarité Q26-Q29 à partir duquel une partie de la sortie de l'amplificateur est dérivée. La configuration à grille commune de Q24 préserve précisément un rapport unité de transfert de courant entre la source de Q24, qui est maintenue à l'égalité avec le courant de sortie du premier miroir de courant Q11, et le courant au drain de Q24 dans lequel le courant provenant du miroir de courant d'inversion de polarité est soutiré.

Le courant de sortie apparaissant au drain du transistor Q17 dans le second miroir de courant dans le canal négatif est relié à la source du transistor tampon de sortie à canal N de grande géométrie (500/4) Q25. La grille de Q25 est renvoyée à la source de tension de référence de 3,2 volts partagée avec la grille de Q24. Le courant de sortie du transistor tampon Q25 pénètre dans le drain de Q25 à partir de la borne de sortie 152 de l'amplificateur d'intégration. La configuration à grille commune de Q25 préserve de façon précise un rapport unité de transfert de courant entre la source de Q25, qui est maintenue à l'égalité avec le courant de sortie du second miroir de courant Q17, et le courant au drain de Q25, relié à la borne de sortie 152 de l'amplificateur d'intégration.

Le courant de sortie apparaissant au drain du transistor tampon Q24 dans le canal positif est couplé à l'entrée d'un miroir de courant de Wilson modifié utilisant des transistors Q26 à Q29. Ces transistors sont tous des dispositifs à canal P de géométrie 200/4. Le miroir, qui a

un rapport de transfert de courant très proche de l'unité, inverse le sens du courant du signal, et présente une impédance de sortie élevée. Le drain de Q24 est relié à la grille du transistor à canal P Q27 dont le drain est relié à la borne de sortie 152 de l'amplificateur. Le drain de Q24
5 est également relié à la grille du transistor à canal P Q26, dont la grille et le drain sont réunis. Le transistor Q27 est relié en série avec le transistor à canal P Q 29. La source de Q 27 est reliée au drain de Q29, avec la source de
10 Q29 reliée via la résistance de 3000 ohms R8 à la source de Vdd, et la grille et le drain de Q29 sont réunis. Par ces connexions le courant dans Q29 est forcé à l'égalité avec le courant dans Q27. En poursuivant, le transistor à canal P Q28 a sa grille reliée à la grille de Q29, et sa source
15 reliée via la résistance de 3000 ohms R7 à la source de Vdd. Par ces connexions Q28 tend à réfléchir le courant dans Q29. Le miroir est achevé par la connexion du drain de Q28 à la source de Q26. La connexion série de Q24, Q26 et Q28 force le courant dans les trois transistors à l'égalité avec le
20 courant de signal du canal positif dans Q24. Le résultat de la configuration précédente à quatre transistors est de transférer le courant de signal de canal positif du drain de Q24 avec une polarité inverse au transistor Q27, où il a une polarité convenant pour fournir du courant de Vdd à la borne
25 de sortie 152.

On peut également regarder l'étage de sortie de l'amplificateur à transconductance comme deux sources de courant (Q26-Q29 ; et Q16, Q17, Q25) symétriques avec le transistor de sortie Q27 tendant à fournir du courant à la
30 borne de sortie depuis une source au potentiel Vdd, et le transistor de sortie Q25 tendant à soutirer du courant depuis la borne de sortie de la masse du circuit intégré. La conséquence de cette connexion série de deux sources de courant est que la tension de sortie n'est pas définie tant
35 qu'une charge d'échange de courant n'a pas été reliée à la

borne de sortie de l'amplificateur. Dans le cas où la charge de sortie est la grille d'un transistor à effet de champ, qui soutire un courant négligeable, toute légère asymétrie dans le gain en courant ou déséquilibre en courant continu

5 entre les canaux positif et négatif forcera la tension de sortie vers soit les limites déterminées V_{dd} ou V_{ss} . Si la charge est d'impédance relativement faible par rapport à l'impédance de sortie de l'amplificateur, tel qu'un condensateur relativement "grand" fonctionnant avec une constante

10 de temps relativement "courte", et en supposant en outre que l'impédance d'entrée de l'amplificateur est grande par rapport à l'impédance de la source, (ce qui est vrai pour des transistors à effet de champs), alors l'amplificateur à transconductance fonctionnera dans le mode naturel, et le

15 courant de sortie égalera étroitement la tension d'entrée multipliée par la transconductance de conception de l'amplificateur. En outre, on peut supposer que l'étage d'entrée différentiel, et les trois miroirs de courant ont une dépendance élevée par rapport aux résistances traitées plutôt que

20 par rapport à des paramètres dépendant de la géométrie seule pour définir le G_m de l'étage initial et pour maintenir l'égalité dans les rapports de courant et miroirs de courant ultérieurs. L'incertitude dans le G_m de l'amplificateur peut être réduit d'un facteur supérieur à 2 en utilisant les

25 paramètres indiqués. Ces mesures sur le circuit intégré ont fourni un G_m précis de l'amplificateur, évitant le besoin de compensation externe du circuit intégré.

On met en oeuvre des paires adaptées de résistances utilisées dans les miroirs de l'amplificateur en utilisant

30 des tunnels de polysilicium interdigités qui sont aisément disponibles sur le réseau de grille classique. Ces tunnels sont situés dans une colonne entre des cellules d'entrée et sortie et le corps du réseau. Dans une conception classique de circuit intégré, ces résistances seraient

35 produites en utilisant du polysilicium suivant une configu-

ration interdigitée. Ce procédé améliore le rapport d'adaptation de chaque résistance et améliore la précision du miroir de courant.

On prévoit également des moyens sur le circuit
5 intégré pour corriger tout déséquilibre entre des canaux positif et négatif de l'amplificateur à transconductance (c'est-à-dire le circuit d'auto-annulation 143).

Les cinq transistors Q7, Q8, Q9, Q18 et Q23 mentionnés précédemment commandent l'amplificateur d'intégration pendant l'annulation et la réinitialisation du condensateur C5. Les transistors Q7 et Q8 sont deux dispositifs à canal N de géométrie 100/4 ayant leurs drains reliés, respectivement, aux bornes d'entrée 151 et 150 de l'amplificateur, et leurs sources reliées ensemble à une référence de
10 tension de 3 volts ($V_{ref} 1$). Les grilles de Q7 et Q8 sont reliées ensemble pour l'application de l'onde de Réinitialisation 1 disponible auprès du réseau de comparaison (D16 Q). Elles court-circuitent l'entrée différentielle, et maintiennent les deux canaux à un niveau normal de conduction lorsque l'impulsion de Réinitialisation 1 est élevée pour rendre
15 sans effet l'amplificateur, et pour faciliter la réinitialisation du condensateur C5.

Les transistors Q9, Q18 et Q23 sont conçus pour créer un courant de sortie élevé durant la réinitialisation
25 du condensateur C5, sous la commande de l'onde de Réinitialisation 2. Les transistors Q9 et Q18 sont deux dispositifs à canal N de géométrie 200/4. Le transistor Q9 a son drain relié aux grilles des transistors Q10, Q11 dans le premier miroir de courant et sa source reliée à la masse du circuit intégré. Le transistor Q18 a son drain relié aux grilles des transistors Q16 et Q17 dans le second miroir de courant et sa source reliée à la masse du circuit intégré. Le transistor Q23 est un dispositif à canal N de géométrie 4/10 ayant son drain relié aux grilles des transistors Q26 et Q27 du
30 miroir du courant d'inversion, et sa source reliée à la

masse du circuit intégré. Les grilles des transistors Q9, Q18, et Q23 sont reliées ensemble pour l'application de l'onde de Réinitialisation 2 disponible sur le réseau de comparaison. Lorsque les transistors Q9 et Q18 sont conducteurs,; comme par l'application de l'onde de Réinitialisation 2, les grilles des miroirs de courant Q10, Q11 et Q16, Q17 sont maintenues pratiquement au potentiel de masse du circuit intégré, et les courants du puits de sortie sont coupés. Lorsque le transistor Q23 est conducteur, comme par l'application de l'onde de Réinitialisation 2, le miroir de courant supérieur est mis en marche, et un grand courant devient disponible via le transistor Q27 pour réinitialiser le condensateur C5.

RESEAU DE COMPARAISON 142

Le réseau de comparaison 142 accepte le courant de sortie de l'amplificateur d'intégration à transconductance 141, "intègre" ce courant dans le condensateur d'intégration C5, et en mesurant la variation de tension sur le condensateur par comparaison à des références de tension interne détermine l'instant de commutation. Comme noté précédemment, le courant de sortie de l'amplificateur est proportionnel à la force électromotrice inverse (ou tension) induite dans l'enroulement non excité. Si cette tension est intégrée depuis la position de référence du rotor, ou la tension change de sens, ou zéro, on peut obtenir une mesure précise de la position réelle du rotor par rapport à la position de référence. Comme l'amplificateur produit un courant de sortie proportionnel à la tension d'entrée, une intégration du courant de sortie de l'amplificateur égale une intégration de la tension (en supposant des limites appropriées d'intégration). Le réseau de comparaison 142 produit une impulsion de sortie (Réinitialisation 1) lorsque la variation de tension mesurée a atteint la valeur correcte et provoque la commutation. En outre, le réseau de comparaison, en coopération avec le circuit d'auto-annulation 143, est

utilisé pour détecter la correction de déséquilibre dans l'amplificateur d'intégration. En rendant sans effet l'amplificateur d'intégration, ce qui a lieu une fois pour chaque commutation dans le présent agencement, un courant de
5 correction est incrémenté jusqu'à ce que le courant de sortie de l'amplificateur à transconductance change de sens (passe par zéro). Lorsque ceci a lieu, le réseau de comparaison, produit une impulsion de sortie (Réinitialisation 2) terminant ce procédé d'annulation, provoquant "la réinitialisation"
10 lisation" du condensateur d'intégration C5 et réinstituant la synchronisation pour l'événement de commutation suivant.

Le réseau de comparaison 142, qui assure les fonctions précédentes de synchronisation de la commutation et d'annulation de l'amplificateur, se compose d'une porte
15 de transmission U85 et d'un inverseur correspondant U84, trois comparateurs (COM 1-3), chacun suivi par une porte à hystérésis U79-U81, respectivement, deux bascules D16-D17 ; et une porte NON/OU U83.

Le réseau de comparaison 142 est relié de la
20 manière suivante. La borne de sortie 152 de l'amplificateur d'intégration est couplée à la borne d'entrée de signal de la porte de transmission U85, et à l'entrée négative du comparateur COM 3. La porte de transmission est un dispositif bidirectionnel se composant de deux transistors à effet
25 de champ complémentaires, reliés en parallèle, et exigeant des tensions de commande de sens opposés aux bornes de commande. La tension de commande pour U85 est dérivée du circuit d'auto-annulation (D7 $\bar{Q}$) et est couplée à une borne de commande non inversée et à l'autre borne de commande
30 inversée au moyen de l'inverseur U84. La sortie de signal de la porte de transmission U85 est reliée à la broche P1 pour connexion au condensateur d'intégration C5, à la borne d'entrée positive du comparateur COM 1, et à la borne d'entrée négative du comparateur COM 2.

35 Les comparateurs, qui pilotent la tension sur le

condensateur C5 et/ou la sortie de l'amplificateur, sont respectivement COM 1, le comparateur de réinitialisation, qui achève la réinitialisation du condensateur, COM 2, le moyen de comparaison pour synchroniser l'instant de commutation ; et COM 3 Le comparateur d'annulation.

Les entrées des trois comparateurs COM 1-3 sont reliées de la manière suivante. L'entrée positive de COM 1 est reliée à la sortie de signal de la porte de transmission U85 et via la broche P1 au condensateur d'intégration C5.

L'entrée négative de COM 2 est également reliée à la sortie de signal de la porte de transmission U85 et au condensateur d'intégration C5. L'entrée négative de COM 1 est reliée à la référence de tension élevée (par exemple 6,5 volts) Vref 4. L'entrée positive de COM 2 est reliée à la référence de tension basse (par exemple 3,0 volts) Vref 3. Ces références de tension (Vref 4 et Vref 3) règlent la différence de tension à laquelle est déchargée le condensateur C5 pour temporiser les degrés de commutation de la tension d'enroulement zéro. La sortie de l'amplificateur 52 est reliée à l'entrée négative du comparateur COM 3. L'entrée positive de COM 3 est couplée à une référence de tension intermédiaire (par exemple 5,5 volts) Vref 2. Le comparateur COM 3 détecte la tension de sortie de l'amplificateur d'intégration pendant l'annulation (lorsque l'amplificateur d'intégration est débranché du condensateur d'intégration), et détecte quand la tension de sortie de l'amplificateur d'intégration tombe depuis la saturation Vdd vers Vss pour achever l'intégration.

Les sorties des comparateurs COM 1-3 sont couplées aux portes d'hystérésis U79-U81, aux bascules D16 et D17, et à la porte NON/OU U83 du réseau de comparaison de la manière suivante. La sortie du comparateur COM 1 est couplé via la porte d'hystérésis d'inversion U79 à la borne de réinitialisation (R) de la bascule D16. La sortie du comparateur COM2 est couplée via la porte d'hystérésis d'inversion U80 aux

bornes de synchronisation C de D16 et D17. A la fois D16 et D17 sont conçus pour se déclencher avec le bord de sens négatif d'une onde de synchronisation. La sortie du comparateur COM 3 est couplée par la porte d'hystérésis de non inversion U81 à la borne de réinitialisation (R) de D17 et au circuit d'auto-annulation 143 (D7 ; entrée D). La sortie de U81 est dénommée l'onde "Etablissement d'Annulation". On l'utilise pour signaler que la sortie de l'amplificateur, initialement à la correction maximum par le circuit d'auto-annulation, s'est accrue de Vref 2 à l'entrée de COM 3, et est maintenant prête à diminuer par incrément le décalage initial, vers toute valeur moindre requise pour obtenir une annulation. Les entrées de données (D) de D16 et D17 sont toutes deux couplées à Vdd. Les bornes de mise à un (S) de D16 et D17 sont couplées à POR 150 (sortie $\overline{\text{POR}}$ de U120). La sortie Q de la bascule D16, est nommée "Réinitialisation 1", est une onde couplée au compteur Modulo 6, 144 (entrées C D1-D3) ; à l'ensemble de portes d'entrée 140 (U55, U56, U73,-U78) ; à l'amplificateur d'intégration à transconductance 141 (Q7, Q7) ; et à la logique de commande 145 (U13). La sortie $\overline{Q}$ de D16 est reliée à une entrée de la porte NON/OU U83. La porte NON/OU U83 traite le signal "de Sortie d'Annulation" du circuit d'auto-annulation 143 (D7; $\overline{Q}$) avec (D16; $\overline{Q}$) pour produire l'onde de "Réinitialisation 2" qui est couplée à l'amplificateur d'intégration 141 (Q9, Q18, Q23). La sortie D17 ; Q, dénommée l'onde de "Synchronisation d'Annulation" est couplée au circuit d'auto-annulation 143 à l'entrée de l'inverseur U92. La sortie de U92 (Synchronisation d'Annulation Inversée) est couplée à l'entrée C de D6 et aux entrées R de D7-D12. L'onde de synchronisation d'annulation réinitialise et maintient les bascules D7-D12 jusqu'à la fin de l'intervalle de synchronisation d'annulation qui se termine lorsque la sortie de l'amplificateur dépasse Vref 2, et est prêt pour diminuer par incrément vers une valeur nulle.

Le fonctionnement du réseau de comparaison est illustré à la figure 8. La période de commutation varie de 17 à 70 ms en fonction de la vitesse du moteur. La période d'intégration du condensateur débute lorsque la tension à la sortie de l'amplificateur d'intégration dépasse V_{ref4} (le seuil de COM 1), et la réinitialisation du condensateur C5 est achevée. La porte de transmission U85 devient conductrice 3 à 5 ms plus tôt, permettant à la Réinitialisation 2 de commencer. Lorsque U85 est conductrice, la sortie de l'amplificateur d'intégration 141 est reliée au condensateur d'intégration C5, aux entrées positives et négatives respectivement des comparateurs COM1 et COM2.

La porte de transmission U85 est mise en marche lorsque la réinitialisation du condensateur C5 apparaît à la fin de l'annulation. La porte de transmission U85 reste conductrice pendant la période où l'intégration du condensateur a lieu, et est non conductrice pendant l'annulation de l'amplificateur (onde de Sortie d'Annulation : $D7;\overline{Q}$ haute). La porte U85 devient non conductrice lorsque le comparateur COM2 signale que la tension sur le condensateur C5 est tombée en-dessous de V_{ref3} , provoquant la production de l'impulsion de Réinitialisation 1 et le début de l'annulation de l'amplificateur.

Pendant l'annulation de l'amplificateur (Sortie d'Annulation $D7;\overline{Q}$ haute), la sortie de l'amplificateur d'intégration 141 est débranchée par la porte de transmission U85 du condensateur d'intégration C5, et des entrées positives et négatives respectivement des comparateurs COM1 et COM2, mais la sortie de l'amplificateur reste reliée au comparateur COM3. Pendant l'annulation (comme on l'expliquera) l'amplificateur d'intégration est initialement commandé pour forcer la sortie à devenir haute. Le procédé d'équilibrage diminue par incrément la correction jusqu'au point où une inversion de courant a lieu à la sortie de l'amplificateur d'intégration, obligeant la tension de

sortie de l'amplificateur a tomber précipitamment vers Vss. La chute est interceptée à Vref2 par COM3 qui engendre une impulsion lorsque l'annulation est achevée, ce qui termine la séquence d'annulation lors de l'impulsion de synchronisation de 20kHz suivante. La porte de transmission U85 également rebranche le condensateur d'intégration à la même impulsion de synchronisation de 20kHz et la réinitialisation de la charge du condensateur C5 vers Vdd commence. La durée de la période d'annulation est une variable qui dépend du déséquilibre de l'amplificateur. Le compte maximum disponible dans la présente conception permet 32 comptes à une fréquence de synchronisation de 20 kHz ou environ 1,5 ms pour une durée maximum de l'annulation. En supposant un temps de réinitialisation d'environ 5000 ms, l'annulation est conçue pour s'accommoder d'un moteur de la conception indiquée tournant à 20-200 t/mn, permettant un intervalle de 17 à 170 ms entre des commutations.

L'onde de la figure 8 illustre à la fois l'échelle de synchronisation approximativement (pour une rotation rapide) et les valeurs approchées des tensions critiques dans la synchronisation de commutation et le procédé d'annulation. La tension de Vref4 est légèrement inférieure à la tension de source Vdd moins une chute de seuil plus "un Vds en marche" (c'est-à-dire Vds qui apparaît pour IDS = 0). La tension Vref 4 est réglée près mais en-dessous de la tension de saturation supérieure de l'amplificateur à transconductance. La tension de Vref4 doit être suffisamment petite pour assurer que la tension de saturation de l'amplificateur soit supérieure à cette valeur. La sortie de l'amplificateur sera forcée tout du long vers la saturation positive par le signal positif de force contre-électromotrice qui apparaît pendant ce temps. Une erreur dans les degrés de commutation peut apparaître si la force contre électromotrice ne sature pas l'amplificateur à transconductance avant le passage à zéro de la force contre électromotrice, et le condensateur

ne commence pas à se décharger à partir d'une charge totale. La valeur typique pour un Vdd de 9,0 volts est de 6,5 volts pour Vref4.

La tension de référence Vref3 est quelque peu arbitraire, et est choisie pour être grandement inférieure à Vdd/2. La tension de Vref3 doit rester au-dessus de la tension de saturation négative de l'amplificateur. La valeur typique pour VF3 est 3 volts.

La valeur de Vref2 est choisie en-dessous de Vref4, mais la valeur exacte n'est pas critique. Vref2 est choisie pour signaler la fin du procédé d'annulation. Comme l'amplificateur 141 est débranché du condensateur C5 pendant l'annulation, la charge sur l'amplificateur est très légère, et la tension de sortie de l'amplificateur tombe très rapidement après passage par zéro. L'intervalle d'annulation est synchronisé par des comptes d'horloge de 20kHz. Si l'on règle Vref2 trop bas, il peut apparaître des comptages supplémentaires après l'annulation qui amoindrissent la précision de l'annulation. Une valeur raisonnable de Vref2 est d'environ 5,5 volts.

Une compréhension plus complète du réseau de comparaison 142 nécessitent de recourir aux diagrammes de synchronisation de la figure 12A, en particulier, qui illustre les sorties des comparateurs COM1-3 déjà décrits, sur une échelle temporelle suffisamment grande pour montrer les impulsions d'horloge de 20kHz individuelles, et supposent une procédure d'annulation nécessitant seulement un petit nombre d'incréments. L'onde d'Etablissement d'Annulation est alternativement la sortie COM3. Le dessin montre également les impulsions de synchronisation de 20 kHz, le signal de Synchronisation (D17;Q), le signal de Sortie d'Annulation (D17;Q) qui est haut pendant l'annulation; l'onde de Réinitialisation 2 (sortie U83) qui est haute durant la réinitialisation du condensateur C5; et l'onde de Réinitialisation 1 (D16;Q) qui est haute pendant l'annulation et la réinitiali-

sation du condensateur C5.

En commençant l'étude de la figure 12A à partir de l'instant de commutation lorsque le comparateur COM2 devient haute (lorsque la tension sur C5 tombe en-dessous de 3 volts de Vref3), la sortie du comparateur COM2 devient haute, et la sortie de U80 devient basse. Avec les deux entrées D de D16 et D17 hautes par la connexion de Vdd, le bord de sens négatif de la sortie de U80 synchronise les sorties Q de D16, D17 à un état haut. La sortie Q de D16 fournit l'onde de Réinitialisation 1 au compteur modulo 6, 144, et à l'ensemble de porte d'entrée 140. La sortie Q de D17 (Synchronisation d'Annulation) est reliée via l'inverseur U92 à l'entrée C de D6 et aux entrées R de D7 et du compteur D8-D12. Lorsque l'onde de Synchronisation d'Annulation devient haute, Q1 à Q5 deviennent bas; et $\overline{Q1}$ à $\overline{Q5}$ deviennent hauts. Les bascules règlent S5 à S8 dans un état haut et règlent S1 à S4 dans un état bas, agissant via les portes U99-U106. Comme on l'expliquera, ceci force la sortie (152) de l'amplificateur d'intégration à osciller d'un état de démarrage bas depuis Vref3 (par exemple 3 volts) vers un état haut (6,5 volts) comme représenté à la figure 8.

L'onde de Synchronisation d'Annulation devenant haute réinitialise également la bascule (D7;Q bas), qui a son tour invalide la porte U85, débranchant l'amplificateur d'intégration 141 du condensateur d'intégration C5, permettant à la séquence d'auto-annulation de commencer.

Lorsque la tension à la sortie (152) de l'amplificateur d'intégration s'accroît en passant par Vref2 (5,5 volts), voir figure 8, la sortie de COM3 (U81) devient basse, réinitialisant (D17;Q bas), supprimant la réinitialisation forcée du circuit d'auto-annulation, et le procédé d'auto-annulation commence (ce qui sera traité ultérieurement). Lorsque la sortie de U92 devient haute, la bascule D6 est réglée par son bord de sens positif. Ceci valide U93, ce qui permet au signal de synchronisation d'atteindre le

compteur D8-D12.

Lorsque la diminution par incrément provoque une oscillation vers le bas dans la sortie de l'amplificateur, (voir figure 8) en dessous de V_{ref2} à l'entrée de COM3, un
5 équilibre a été détecté, et l'annulation est terminée. La sortie de COM3 (U81) et l'onde d'Etablissement d'Annulation deviennent hautes. Ceci oblige l'entrée D de D17 à devenir haute. L'entrée de synchronisation de D7 est couplée à la
10 sortie de U93, ce qui traite comme une porte NON-ET la synchronisation de 20 kHz (SYNC) avec la sortie de D6 (maintenant haute). Lorsque l'impulsion de 20kHz suivante apparaîtra après que D7 ; D soit devenu haut, U93 synchronise D7, et la Sortie d'Annulation ($D7\bar{Q}$) devient basse. L'effet immédiat de cette sortie basse ($D7\bar{Q}$) est de valider la porte
15 de transmission U85. Ceci branche l'amplificateur d'intégration à C5. Simultanément, avec à la fois D16, $\bar{Q}$ bas, et D 7, $\bar{Q}$ bas, la porte NON-OU 83 devient basse, initiant l'impulsion de Réinitialisation 2. Lorsque D7, Q devient bas, D6 est réinitialisé (Q bas). Ceci invalide U93 supprimant le signal
20 de synchronisation du compteur "gelant" le compte à sa valeur présente.

Lorsque l'onde de Réinitialisation 2 devient haute, l'amplificateur d'intégration via Q9, Q18 et Q23 commence à fournir du courant de charge pour réinitialiser
25 C5. Le condensateur continue à se charger jusqu'à ce qu'on ait dépassé V_{ref4} à l'entrée de C1 (voir figure 8). Lorsque COM1 devient haut (en 4 m 5 environ), D16 $\bar{Q}$ devient haut, et l'onde de Réinitialisation 2 est également terminée, arrêtant la réinitialisation de C5, et permettant à la période
30 d'intégration du condensateur de commencer.

Dans le cas d'un déséquilibre important "hors" le circuit intégré, par exemple dû à des erreurs dans de rapports de résistances du réseau de division à résistances
125, il faut prévoir un moyen de décharge pour C5 pour
35 empêcher que ce déséquilibre arrête l'application des commu-

tations de démarrage successives au moteur et empêche le démarrage. Le transistor NPN Q92, dont le collecteur est relié à la broche P1, l'émetteur renvoyé à la masse par la résistance de 240kohms R41, et la base est couplée au noeud 5 129 pour fournir une polarisation directe, est le moyen de décharge recommandé. On pourrait utiliser une résistance (approximativement 2Mohms) mais cela a le désavantage de présenter un courant relativement petit près du seuil inférieur de Vref3 (2-1/2 3 volts). L'erreur de courant produite 10 dans le réseau de résistances en un unique ensemble en ligne "SIP" 125 peut être aussi haut que 2 μ A, ce qui est suffisant pour empêcher le démarrage fiable du circuit.

La source de courant à transistor prévue ici a le même courant moyen que le courant qui est engendré lorsque 15 la tension de déclenchement est atteint et doit toujours être capable de (1) remédier à l'erreur dans le réseau de résistance en un ensemble unique en ligne(SIP), et (2) fournir une période de commutation supérieure à 0,2 s pour une bonne performance de démarrage. Le courant est réglé a 20 au moins 2,5 μ A ce qui fournit une période de commutation de 0,3+ s avec le condensateur C5 indiqué de 0,15 microfarad et fournit une marge supérieure à l'erreur de 2 microampères du SIP.

La limite supérieure de drain de courant est 25 d'environ 3,5 microampères car ceci fournira une période de démarrage de 0,2 s, la plus petite permise pour garantir une performance régulière de démarrage. La limite inférieure pour le drain de courant est d'environ 2 microampères, qui est établie par l'erreur de courant due à la tolérance des 30 résistances du SIP.

L'erreur de correction dans la synchronisation de commutation provoquée par la source de courant Q92 devient négligeable aux vitesses de rotation moyennes et hautes.

Circuit d'auto-annulation 143.

35 Le circuit d'auto-annulation "annule" l'amplifica-

teur d'intégration à transconductance 141 pour supprimer tout erreur de synchronisation de l'instant de commutation attribuable à l'erreur d'entrée de l'amplificateur et pour améliorer les performances de démarrage du moteur. Comme le
5 montre la figure 8, le circuit d'auto-annulation est actif après l'instant de commutation.

L'instant de commutation apparaît lorsque la tension sur le condensateur C5 tombe en-dessous de V_{ref3} appliqué à COM2, ce qui oblige D16Q, auquel l'onde de Réini-
10 tialisation 1 est dérivée, à devenir haut, et l'onde de Synchronisation d'Annulation dérivée à D17Q à devenir haute.

Lorsque l'onde de Réinitialisation 1 devient haute, les commutateurs Q7 et Q8 à l'entrée de l'amplifica-
teur d'intégration sont mis en marche, court-circuitant
15 toute tension d'entrée différentielle à la grille des transistors Q5 et Q6. Au même moment, les grilles de Q5 et Q6 sont renvoyées à une référence de 3 volts (V_{ref1}), choisie pour être égale à une valeur moyenne de la tension en mode commun de l'amplificateur dans le domaine normal de fonc-
20 tionnement.

L'onde de Synchronisation d'Annulation issue de D17Q est couplée au circuit d'auto-annulation. Il oblige D7Q̄ à produire l'onde de Sortie d'Annulation qui est couplée à nouveau à l'entrée de la porte de transmission U85, invali-
25 dant la porte et débranchant la sortie de l'amplificateur d'intégration du condensateur C5 et des comparateurs COM1 et COM2.

L'onde de Synchronisation d'Annulation issue de D17Q réinitialise également et maintient le circuit d'au-
30 to-annulation à un état initial préassigné dans lequel une correction maximum ($+12\mu A$) est appliquée à l'amplificateur d'intégration polarisé pour produire une fourniture de courant assurée à la sortie de l'amplificateur.

Grâce à ces 3 événements, la tension de sortie de
35 l'amplificateur précédemment à 3 volts, commence à grimper,

et lorsqu'elle dépasse 5,5 volts à Vref2, COM3 produit un état bas dans l'onde d'Etablissement d'Annulation. L'état bas dans l'onde d'Etablissement d'Annulation s'accompagne par un état bas dans l'onde de Synchronisation d'Annulation à D17Q. Ceci libère le circuit d'auto-annulation de son état initial et permet la diminution par incrément de la correction à l'entrée de l'amplificateur. La diminution par incrément a lieu à la cadence de synchronisation de 20kHz couplée à l'entrée de la porte U93 lorsque la tension de sortie de l'amplificateur tombe en-dessous de Vref2, l'équilibre est obtenu.

A l'impulsion de synchronisation suivante, l'onde de Sortie d'Annulation (D7Q) devient basse, validant la porte de transmission U85, et provoquant la production de l'impulsion de Réinitialisation 1 qui, comme indiqué précédemment, amène l'amplificateur d'intégration dans un mode de fourniture de courant maximum (150 microampères) pour charger le condensateur C5. Lorsque la référence de tension supérieure Vref2 6,5 volts est traversée, à la fois la Réinitialisation 1 et la Réinitialisation 2 se terminent, et la période d'intégration suivante du condensateur commence.

Le circuit d'auto-annulation 143 est décrit à la figure 7, et il comprend les éléments résistifs (R3, R4) d'un miroir de courant modifié (Q10, Q11), qui est un canal de l'amplificateur d'intégration à tranconductance à entrée différentielle à deux canaux 141. Le miroir de courant est modifié par l'inclusion de moyens pour introduire un courant de correction réglé numériquement (S1-S8, 65-68), un compteur (D8-12) pour obtenir un grand courant initial de correction suivi par une diminution par incrément ordonnée du courant de correction à la valeur finale voulue, le compteur stockant également l'état après diminution par incrément final, un décodeur (U99-U106) pour traduire l'état du compteur à des réglages de courant de correction appropriés, et une logique de commande servant d'interface avec le reste

du circuit intégré de commande pour initier le processus d'annulation et pour achever le processus lorsque l'annulation a été produite à la sortie de l'amplificateur.

Le miroir de courant commandé numériquement se compose d'un premier jeu de quatre résistances étalonnées numériquement R3A, R3B, R3C et R3D, et un second jeu de quatre résistances étalonnées numériquement R4A, R4B, R4C et R4D; un premier jeu de quatre commutateurs à transistors à canal N S8-S5 associés au premier jeu de résistances R3A-B, un second jeu de quatre commutateurs à canal N S4-S1 associés avec le second jeu de résistances, un jeu de quatre transistors de source de courant à canal P Q68-Q65, associés chacun avec la source de courant à un commutateur dans chaque jeu de commutateurs; et une référence de courant réalisée au moyen des transistors Q59-Q64 pour les sources de courant Q65-Q68.

Les éléments du puits de diminution par incrément de courant sont interconnectés de la manière suivante. Les résistances R3A, R3B, R3C, R3D sont reliées en série dans l'ordre indiqué entre la source et le transistor de référence Q10 dans le miroir de courant Q10, Q11 et la masse du circuit intégré, tandis que les résistances R4A, R4B, R4C et R4D sont reliées en série dans l'ordre indiqué entre la source du transistor de sortie Q11 dans le miroir de courant et la masse du circuit intégré. Les résistances "A" sont d'un ordre de grandeur du millier, par exemple, 1000 ohms; les résistances "B" sont d'un ordre de grandeur de l'ordre de plusieurs centaines, par exemple 500 ohms; et les résistances "C" et "D" sont d'un ordre de grandeur de quelques centaines, par exemple de 250 ohms.

On prévoit une source de courant pour fournir du courant via un premier commutateur à transistor à chaque prise sur R3 via un second commutateur à transistor à une prise correspondante sur R4. en partant des prises au-dessus de RD3 et RD4, la source de courant Q65 a sa source reliée à

Vdd, et son drain relié conjointement au drain du commutateur à transistor S5, dont la source est reliée à la résistance série R3 au-dessus de R3D, et au drain du commutateur à transistor S1 dont la source est reliée à sa résistance série R4, au-dessus de R4D. La source de courant Q66 a sa source reliée à Vdd, et son drain relié conjointement au drain du commutateur à transistor S6 dont la source est reliée à la résistance série R3 au-dessus de R3C, et au drain du commutateur à transistor S2 dont la source est reliée à la résistance série R4, au-dessus de R4C. La source de courant Q67 a sa source reliée à Vdd, et son drain relié conjointement au drain du commutateur à transistor S7, dont la source est reliée à la résistance série R3 au-dessus de R3B, et au drain du commutateur à transistor S3 dont la source est reliée à la résistance série R4 au-dessus de R4B. La source de courant Q68 a sa source reliée à Vdd, et son drain conjointement relié au drain du commutateur à transistor S8, dont la source est reliée à la résistance série R3 au-dessus de R3A, et au drain du commutateur à transistor S4 dont la source est reliée à la résistance série R4, au-dessus de R4A.

Les sources de courant Q65-Q68 sont de géométrie 45/12 et ont quatre grilles liées à une référence de courant commune comprenant les transistors Q69-Q64. Les transistors de référence de courant sont reliés en deux trajets séries. Le transistor à canal P Q59 a sa source reliée à Vdd et son drain relié au drain et à la grille du transistor à canal N Q61. La source de Q61 est reliée au drain et à la grille du transistor à canal N Q62. La source de Q62 est reliée au drain et à la grille du transistor à canal N Q63, dont la source est reliée à la masse du circuit intégré. Le transistor Q59 est de géométrie 4/40, tandis que les transistors Q61-Q63 sont de géométrie 25/4. Le second trajet série dans la référence comprend un transistor à canal P Q64 ayant sa source reliée à Vdd et sa grille et son drain liés ensemble

au drain du transistor à canal N Q60. La source de Q60 est reliée à la masse du circuit intégré et la grille est reliée à l'interconnexion entre Q59 et Q61. L'agencement établit un courant d'environ 18 microampères dans la référence et à cause du rapport géométrique, des courants d'environ 6 microampères dans chacune des sources de courant Q68-Q65.

Une correction de courant entre le courant d'entrée et de sortie dans le miroir de courant Q10, Q11 de l'amplificateur d'intégration est obtenue par le réglage des commutateurs respectifs S1 à S8. La tension grille-masse du transistor Q11 est maintenue à l'égalité avec la tension grille-masse de Q10. Si tous les commutateurs S1-S8 étaient ouverts, et en supposant que les résistances R3 et R4 sont égales, alors le courant dans Q11 sera le miroir exact du courant dans Q10. Si, cependant, un courant de 6 microampères est injecté dans une partie de R3 (par exemple, R3D par conduction du commutateur S5,) une petite augmentation de la tension grille-masse apparaîtra dans Q10 ; et l'augmentation de courant provoquera une chute IR dans R4. Comme 3D est 1/8ème de la résistance totale de R3, qui égal R4, le courant de 6 microampères injecté par Q65 dans R3D produit une correction positive d'environ 6/8 microampères dans le courant de sortie du miroir. Si tous les commutateurs S5 à S8 sont conducteurs, une correction positive d'environ 12 microampères dans le courant de sortie dans Q11 peut être attendue par rapport au courant d'entrée dans Q10.

Si les commutateurs S4 à S1 sont actionnés, en supposant que les commutateurs S8 à S5 sont ouverts, alors le courant de sortie est diminué en relation avec le courant d'entrée par des décréments comparables : 6/9 microampères lorsque S1 est conducteur, et une correction négative d'environ 12 microampères lorsque S1-S4 sont tous conducteurs. Le résultat est de donner une gamme de commande d'environ 24 microampères pour annuler l'amplificateur.

La commande immédiate des états des commutateurs

S1-S8, qui commandent le courant de correction dans le miroir de courant est fourni par le compteur à cinq étages D8-D12, et le décodeur consistant en huit portes NON/OU U99-U106 interconnectant les étages de sortie du compteur
5 aux grilles des commutateurs individuels. Le compteur est à son tour commandé par la logique de commande qui se compose des portes U92-U94 et des bascules D6 et D7. La diminution par incrément du compteur a lieu à la vitesse de synchronisation de 20 kHz de l'oscillateur 147.

10 Les commutateurs, le compteur, le décodeur et la logique de commande du circuit d'auto-annulation sont interconnectés et échangent des ondes de commande de la manière suivante. Les deux ondes de commande appliquées aux circuits d'auto-annulation sont l'onde de Synchronisation d'Annula-
15 tion dérivée de D17 Q et l'onde d'Etablissement d'Annulation dérivée du comparateur COM3 (c'est-à-dire, U81) tous deux dans le réseau de comparaison 142. L'onde de Synchronisation d'Annulation est reliée à l'entrée de l'inverseur U92, dont la sortie est couplée à l'entrée C de la bascule D6 et à
20 l'entrée R de la bascule D7 et aux entrées R du compteur D8-D12. L'entrée D de la bascule D6 est reliée à Vdd. La sortie Q de D6 et l'onde de synchronisation de 20 kHz SYNC de l'oscillateur 147 sont chacune couplées à une des deux entrées de la porte NON/ET U93. La sortie de la porte NON/ET
25 U93 est directement couplée à l'entrée C de D7, et après inversion par l'inverseur U94 est couplée à l'entrée C de D8, la première bascule dans le compteur à cinq étages.

L'onde d'Etablissement de l'Annulation est couplée à l'entrée D de la bascule D7. La sortie $\bar{Q}$ de D7 est couplée
30 à l'entrée R de D6. L'onde de Sortie d'Annulation du circuit d'auto-annulation, en réponse à la détection et à l'annulation par le COM3 dans le réseau de comparaison, est dérivée de D7 $\bar{Q}$.

Dans le compteur à cinq étages, le compte est
35 acheminé en reliant la sortie Q1 de D8 à l'entrée C de D9.

De même, la sortie Q2 de D9 est reliée à l'entrée C de D10 ; la sortie Q3 de D10 est reliée à l'entrée C de D11, et la sortie Q4 de D11 est reliée à l'entrée C de D12. Egalement sur le compteur, les bornes D et $\overline{Q1}$ de D8 sont réunies, 5 comme le sont les bornes D et $\overline{Q2}$ de D9. De même, les bornes D et $\overline{Q3}$ de D10 sont réunies, les bornes D et $\overline{Q4}$ de D11 sont réunies, et les bornes D et $\overline{Q5}$ de D12 sont réunies.

Les 8 portes NON/OU (U99-U106) forment le décodeur qui translate les états du compteur D8-D12 à des réglages 10 appropriés des commutateurs S1-S8 en réalisant le courant de correction voulu. Les 4 portes NON/OU U103 à U106 couplent les entrées Q1 à Q5 aux commutateurs S5-S8. Plus particulièrement, la porte NON/OU U103 a une entrée reliée à Q1 et une entrée reliée à Q5 et sa sortie reliée à la grille de 15 S5. La porte NON/OU U104 a une entrée reliée à Q2 et une entrée reliée à Q5 et la sortie de U104 est reliée à la grille de S6. De même, une entrée de la porte NON/OU U105 est reliée à Q3 et une entrée est reliée à Q5, et la sortie de U105 est reliée à la grille de S7. De même, une entrée de 20 la porte NON/OU U106 est reliée à Q4 et une entrée est reliée à Q5 et la sortie de U106 est reliée à la grille de S8. Si Q5 est bas, les portes NON/OU U103-U106 sont validées de sorte que un état bas sur l'une quelconque des bornes de compteur Q1-Q4 produira un état haut à la sortie de la porte 25 NON/OU appropriée et rendra conducteur le commutateur approprié S5-S8.

Les 4 portes NON/OU U99 à U102 couplent les sorties $\overline{Q1}$ à $\overline{Q5}$ du compteur aux commutateurs S1-S4. Plus particulièrement, la porte NON/OU U99 a une entrée reliée à $\overline{Q1}$ et 30 une entrée reliée à $\overline{Q5}$ et sa sortie reliée à la grille de S1. La porte NON/OU 100 a une entrée reliée à $\overline{Q2}$ et une entrée reliée à $\overline{Q5}$ et la sortie de U100 est reliée à la grille de S2. De même, une entrée de la porte NON/OU U101 est reliée à $\overline{Q3}$ et une entrée est reliée à $\overline{Q5}$ et la sortie 35 de U101 est reliée à la grille de S3. De même, une entrée de

la porte NON/OU U102 est reliée à $\overline{Q4}$ et une entrée est reliée à $\overline{Q5}$ et la sortie de U102 est reliée à la grille de S4. Si $\overline{Q5}$ est bas, les portes NON/OU U99-U102 sont validées de sorte qu'un état bas sur l'une quelconque des bornes de
5 compteur $\overline{Q1}-\overline{Q4}$ produira un état haut à la sortie de la porte NON/OU appropriée et fera commuter le commutateur approprié S1-S4.

La réinitialisation du compteur produit un courant de correction positif maximum (12 microampères) dans les
10 miroirs de courant en initialement rendant conducteurs les commutateurs S5 à S8 et non conducteurs les commutateurs S1 à S4. L'effet de "synchronisation" du courant depuis un état de réinitialisation du compteur est de diminuer par incrément le courant de correction positif maximum par incrément
15 de 3 à 4 microampères en passant par un courant de correction zéro jusqu'à ce que tous les commutateurs S5 à S8 soient rendus non conducteurs et ensuite produire des courants de correction progressivement plus négatifs jusqu'à ce qu'un courant de correction négatif maximum (12 microam-
20 pères) soit produit lorsque les commutateurs S5 à S8 sont non conducteurs et les commutateurs S1 à S4 sont conducteurs.

L'état des commutateurs et des courants de correction résultant de la réinitialisation du compteur et ensuite de la diminution par incrément peut être expliqué comme
25 suit. Le premier étage du compteur D8 est associé avec les commutateurs du rang le plus bas (premier) S1 et S5. Le second étage du compteur D9 est associé avec les commutateurs du second rang S2 et S4. Le troisième étage du compteur D9 est associé avec les commutateurs du troisième rang
30 S3 et S7. Le quatrième étage du compteur est associé avec les commutateurs du quatrième rang S4 et S8.

Si le compteur D8-D12 est réinitialisé, les sorties Q1-Q5 sont mises à zéro et les sorties $\overline{Q1}-\overline{Q5}$ sont hautes. Dans ces conditions, les commutateurs S1-S4 sont
35 ouverts et les commutateurs S5-S8 sont fermés. En conséquen-

ce, un courant de correction positif maximum (12 microampères) est appliqué au courant de sortie du miroir de courant Q10, Q11 (et la sortie de l'amplificateur d'intégration à transconductance devient haute). Si le compteur est maintenant périodiquement synchronisé depuis l'entrée C de D8, avec les étages Q1-Q4 initialement à zéro, la première impulsion de synchronisation (après transfert à Q1) obligera le premier étage du compteur à devenir haut, ce qui ouvre S5 et ce qui produit un décrétement de 6-8 microampères dans le courant de correction. L'état du compteur est 00001. L'impulsion de synchronisation suivante produira un état bas à Q1 et un état haut à Q2. Ceci remettra en marche le commutateur S5 et ouvrira S6, provoquant un décrétement du courant de 1,5 microampère. L'état du compteur est 00010. Ce processus se poursuivra pendant 16 comptes jusqu'à ce que tous les commutateurs S1-S5 soient ouverts et l'état du compteur soit 01111.

Le transfert à un courant de correction négatif a lieu à ce point dans le compte. Au compte suivant, Q5 devient haut, invalidant les portes U103 à U106 et l'état du compteur, comme on le voit aux sorties Q1 à Q5 est 10000. Au même compte 10000, $\overline{Q5}$ (complémentaire de Q5) devient bas, validant les portes U99 à U102 de sorte que des comptes supplémentaires ferment progressivement les commutateurs S1 à S4. Le même compte 01111, comme on le voit aux sorties $\overline{Q1}$ à $\overline{Q5}$, les commutateurs S5 à S8 sont ouverts. Au compte suivant, l'état du compteur sera 01110, comme on le voit aux sorties Q1 à Q5 et le commutateur S1 sera fermé. Le compte se poursuivra comme précédemment, jusqu'à ce que tous les commutateurs S1/S4 aient été fermés, produisant un courant de correction négatif maximum de 12 microampères, et l'état du compteur est 00000 comme on le voit aux sorties $\overline{Q1}$ à $\overline{Q5}$. En fonctionnement normal, le compte sera suspendu à un certain point dans la séquence de comptage par détection d'une annulation qui arrêtera le compte entre le courant de

correction positif maximum et le courant de correction négatif maximum.

En supposant que le comparateur COM2 soit devenu haut pour signaler l'instant de commutation, D16 Q, auquel
5 apparaît l'onde de Réinitialisation 1, devient haut. L'onde de réinitialisation 1 court-circuite l'entrée différentielle à l'entrée de l'amplificateur d'intégration à transconductance, la rendant prête à commencer le processus d'annulation. Synchronisé aussi par la sortie de COM2, D16 Q, à
10 laquelle apparaît l'onde de Synchronisation d'Annulation, devient haut. L'onde de Synchronisation d'Annulation est couplée via l'inverseur U91 à l'entrée de synchronisation de D6 pour les réinitialisations de D7 et des étages de compteur D8 à D12.

15 L'entrée D de D7, qui est couplée à la sortie de COM3 (c'est-à-dire , U81) a été haute car la sortie de l'amplificateur est tombée en-dessous de 5,5 volts. Ainsi, l'onde de Synchronisation d'Annulation à l'entrée de réinitialisation de D7 produit un état haut à la sortie D7 $\overline{Q}$ à
20 laquelle apparaît l'onde de Sortie d'Annulation. L'onde de Sortie d'Annulation est couplée à nouveau à une entrée de la porte NON/OU U83 et l'entrée de commande de la porte de transmission U85. Cependant qu'aucune modification n'apparaît à la porte NON/OU U83, la porte de transmission est
25 invalidée, et la sortie de l'amplificateur d'intégration est maintenant débranchée du condensateur d'intégration C5 et des entrées des comparateurs COM1 et COM2. La sortie de l'amplificateur est maintenant prête pour l'annulation.

Avec l'onde de Synchronisation d'Annulation haute,
30 le compteur est réinitialisé et maintenu dans un état de réinitialisation dans lequel un courant de correction positif maximum est produit. A ce point, l'entrée de l'amplificateur différentiel est court-circuitée, un courant de correction positif maximum est introduit à l'entrée, et la
35 sortie de l'amplificateur, débranchée du condensateur C5,

est couplée au comparateur COM 3, et le compteur (D8-D12) est réinitialisé, maintenant le courant de correction à sa valeur maximum. La tension de sortie de l'amplificateur qui était proche de 3 volts lors de la commutation, commence à s'accroître. Lorsque la tension de sortie de l'amplificateur dépasse 5,5 volts, COM 3 devient bas, réinitialisant D17 Q, (c'est-à-dire Q devient haut), et l'onde de Synchronisation d'Annulation apparaissant à D17 Q devient basse. L'onde de Synchronisation d'Annulation couplée via U92 et inversée à un état haut, libère D7, et libère le compteur D8 à D12, permettant au compteur d'incrémenter dans un sens réduisant le courant de correction, chaque fois que des impulsions de synchronisation de 20 kHz sont fournies.

Dans le même temps, les impulsions de synchronisation de 20 kHz issues de l'oscillateur 147 sont couplées à une entrée de la porte NON/ET U93, dont l'autre entrée est couplée à la sortie Q de D6. La sortie Q de D6 devenait haute lorsque D7 était réinitialisé, validant la porte NON/ET U93, et couplant les impulsions de synchronisation directement à l'entrée C de D7, et après inversion dans U94 couplant les impulsions de synchronisation inversées à l'entrée C des compteurs D8-D12. L'incrémentation peut maintenant avoir lieu.

Le compteur continue à diminuer par incrément le courant de correction à la cadence de synchronisation de 20 kHz, et le comparateur COM 3, auquel la sortie de l'amplificateur est reliée, détecte une chute dans la tension de sortie de l'amplificateur. Lorsque la tension tombe en-dessous de 5,5 volts ($V_{ref} 2$), l'onde d'Etablissement d'Annulation (sortie COM 3) devient haute, couplant un état haut à l'entrée D de D7. Lors du bord de sens positif suivant de l'impulsion de synchronisation de 20 kHz (SYNC), provenant de U93, couplé à l'entrée C de D7, D7 $\overline{Q}$, qui fournit l'onde de Sortie d'Annulation, devient bas. Lorsque D7 $\overline{Q}$ devient bas, il réinitialise D6. (D6 Q devient bas). Ceci empêche

U93 de coupler des impulsions de synchronisation à D7 et D8. La sortie de U93, qui est maintenant haute, est forcée à rester haute par l'application d'un état bas à une entrée. Ceci également force l'entrée de synchronisation de D8 à
5 rester basse, inhibant l'apparition d'un autre bord de sens positif et assurant que l'état du compteur est "gelé" à la valeur qui résultait de l'annulation juste détectée.

L'inversion dans U94 retarde la réponse de D8 d'environ 300 nanosecondes par rapport à la réponse de D7.
10 Cette inversion assure que le bord de sens positif de synchronisation de l'onde SYNC fourni à D7 apparaît environ 300 nanosecondes avant le bord de synchronisation positif de l'onde $\overline{\text{SYNC}}$ fourni à D8 (la différence est due à la largeur de la partie étroite des ondes SYNC. L'impulsion de synchro-
15 nisation a un rapport cyclique de moins de 1%).

L'onde de Sortie d'Annulation (D7, $\overline{Q}$) étant devenue basse, est couplée à la porte de transmission U85 et à la porte NON/OU U83. U85 est maintenant validée et rebranche la sortie de l'amplificateur d'intégration à C5, et aux
20 comparateurs COM 1 et COM 2. Simultanément, U83 avec deux états bas sur ses entrées (D17 Q bas et D 7 $\overline{Q}$ bas) devient haut, engendrant l'impulsion de Réinitialisation 2. L'impulsion de Réinitialisation 2 met en marche la partie supérieure de sortie (Q27) de l'amplificateur 141, avec la connexion
25 faite via U85 au condensateur, la réinitialisation du condensateur est entreprise comme représentée à la figure 8. Lorsque le comparateur COM 1 détecte que Vref 4 est dépassé, la période de commutation suivante du condensateur commence à nouveau.

30 COMPTEUR MODULO 6 144

Le compteur Modulo 6 est un compteur réversible, qui maintient un compte des événements de commutation du rotor et de la position de sorte que la séquence de détection d'enroulement et la séquence d'excitation d'enroulement
35 gardent la cadence. Le compteur Modulo 6, en conformité avec

une succession de six états d'excitation, compte de façon répétitive à jusqu'à 6, et chaque état du compteur correspond à un des six états d'excitation illustrés à la figure 3. Comme noté précédemment, la séquence directe et la sé-
5 quence inverse sont toutes deux illustrées. L'événement qui met en route le compteur est la production de l'impulsion de Réinitialisation 1 de D16 Q, à l'instant de commutation. Une sortie du compteur (les signaux de sélection de l'enroulement non excité), sous la forme d'un état unique à une de 6
10 positions séquentielles, est couplée via une connexion à 6 conducteurs aux portes de validation U73-U78 de l'ensemble de portes d'entrée 140. L'autre sortie du compteur concerne deux combinaisons d'états appropriées lorsqu'appliquées à la logique de commande 145 pour former les signaux de sélection
15 d'enroulements excités, pour conjointement exciter deux enroulements dans la séquence d'états illustrée à la figure 3. Une troisième sortie du compteur est le "chiffre binaire le moins significatif" (B0 ; D1Q) utilisé pour inverser le sens de la connexion d'enroulements neutre aux portes d'en-
20 trée (U55, U56) en synchronisme avec des ondes de commande appliquées à U73-U78. Les commandes appliquées au compteur Modulo 6 comprennent une onde Directe issue de la logique Directe/Inverse 149 (812) et une onde de Réinitialisation Mise en Route ($\overline{POR}$; U120).

25 Le compteur Modulo 6, 144 se compose des éléments logiques suivants : trois bascules D1, D2, D3 formant la mémoire du compteur ; trois portes NON/ET d'entrée U8, U9, U10, associées avec D2 pour le décodage à partir des étages de sortie du compteur de l'état suivant correct pour D2,
30 soit dans la séquence de comptage directe soit dans la séquence de comptage inverse, trois portes NON/ET à deux entrées, U20, U21, U22 associées à D3 pour décoder à partir des étages de sortie du compteur l'état suivant correct pour D3 soit dans la séquence de comptage directe soit dans une
35 séquence de comptage inverse ; un premier rang de trois

portes NON/ET d'entrée U24-U29, pour décoder les états de mémoire de D1-D3 pour obtenir un état unique (bas) qui suit la séquence de comptage ; et un second rang de décodage de 2 portes d'entrée NON/ET pour détecter deux combinaisons d'états pour l'application à la logique de commande 145. 5
Finalement, une paire d'inverseurs U12, U7 est prévue pour l'introduction de l'onde Directe au compteur.

Les éléments du compteur Modulo 6, 144 sont reliés de la manière suivante. Les entrées R des bascules D1-D3 10 sont reliées pour la Réinitialisation Mise en Route à POR 150 (U120 $\overline{\text{POR}}$). Au démarrage, $\overline{\text{POR}}$ est bas, maintenant D1, D2, D3 dans un état Q bas $\overline{\text{Q}}$ haut. Lorsque $\overline{\text{POR}}$ devient haut, le compte peut avoir lieu. La sortie D16, Q (Réinitialisation 1) est reliée aux entrées de synchronisation (C) de D1, 15 D2 et D3. La sortie $\overline{\text{Q}}$ de D1 est reliée à l'entrée D de D1. La sortie Q de D1 est couplée à une entrée des portes NON/ET U25, U27 et U29. La sortie $\overline{\text{Q}}$ de D1 est couplée à une entrée de U24, U26 et U28. La sortie $\overline{\text{Q}}$ de D2 est couplée à une entrée de U26 et U27. La sortie Q de D2 est reliée à une 20 entrée de U24, U25, U28 et U29. La sortie Q de D3 est reliée à une entrée de U28 et U29. La sortie $\overline{\text{Q}}$ de D3 est reliée à une entrée de U24, U25, U26 et U27.

Les trois portes NON/ET d'entrée U24-U29 dans le premier rang de décodeur de mémoire sont agencées au moyen 25 des connexions suivantes pour fournir une succession répétitive consécutive d'états uniques bas de U24, U25, U26, U27, U28, U29, U24, U25, U26, etc, lorsque la mémoire de D1, D2, D3 est incrémentée. A l'état initial de la mémoire, U24 est bas. L'état binaire zéro (000) peut être vérifié en notant 30 que U24 à ses trois entrées reliées à D1, $\overline{\text{Q}}$; D2, $\overline{\text{Q}}$ et D3, $\overline{\text{Q}}$. Lorsque les entrées sont hautes, la sortie de U24 est basse (et toutes les autres portes NON/ET sont hautes). Ceci est l'état " $\overline{\text{CS0}}$ ". En supposant qu'un compte a eu lieu, et D1 Q est maintenant haut, U25 qui a ses trois entrées reliées à 35 D1 Q, D2 $\overline{\text{Q}}$; et D3 $\overline{\text{Q}}$ (tous hauts), a sa sortie basse et les

autres portes NON/ET sont hautes. Ceci peut être appelé l'état binaire 001 ou l'état " $\overline{\text{CS}} 1$ ". Que ce décodage continu peut être vérifié à chaque état successif du compteur. A l'état binaire suivant (010 ou l'état " $\overline{\text{CS}} 2$ "): U26 est relié à D1 $\overline{Q}$ (haut) ; D2, Q (haut) ; et D3 $\overline{Q}$ (haut) devient (bas). A l'état binaire suivant (011, U27 devient bas, etc). L'état bas reste unique dans les sorties des portes NON/ET U24-U29, qui sont respectivement reliées via les portes NON/OU U73-U78 aux entrées des portes de transmission U62, U64, U66, U68, U70, U72, respectivement, de sorte que seulement une des portes de transmission ci-dessus soit validée à un instant, et elle est validée dans la succession répétitive consécutive voulue.

Les deux portes d'entrée NON/ET U30-U35 dans le second rang de décodeur de mémoire aide à transférer l'état de D1 à D2 à D3 dans le comptage direct et inverse et à commuter la séquence soit dans un compte direct soit dans un compte inverse. Ceci tout d'abord nécessite "une réunion logique" de deux états successifs dans le premier rang de portes NON/ET pour le couplage au second rang. Le second rang est également utilisé pour en outre le décodage requis pour la logique de commande et les dispositifs pilotes de sortie. En particulier, U30 effectuant une opération NON/ET sur les sorties de U24 et U25, est haut dans les deux premiers états, et devient bas dans le troisième état lorsque U24 et U25 sont tous deux hauts, et reste bas jusqu'à la fin du compte. U31 effectuant une opération NON/ET sur les sorties de U25, U26 ($\overline{\text{CS}} 1$, $\overline{\text{CS}} 2$) équivalent à une réunion logique des états actifs hauts (CS1, CS2), est bas dans le premier état, haut dans les deux états suivants et bas dans les trois derniers états. La porte NON/ET U32 effectue une opération NON/ET sur les sorties de U26, U27 ; la porte NON/ET U33 effectue une opération NON/ET sur les sorties de U27, U28 ; et la porte NON/ET U34 effectue une opération NON/ET sur les sorties de U28, U29 ; et la porte NON/ET U35 effec-

tue une opération NON/ET sur les sorties de U29, U24.

Seule l'onde Directe est appliquée au compteur Modulo 6, et à la fois des états bas et haut de cette onde sont utilisés pour commander le compteur pour un compte
5 direct ou inverse. L'onde Directe issue de U112 est appliquée à U12, U7. Elle est inversée dans U12 et réinversée dans U7. L'ensemble de portes U8, U9, U10 associées avec le compteur D2 règle l'état suivant de D2 selon que le compteur est dans un mode direct ou inverse. De même, l'ensemble de
10 portes U20, U21 et U22 associées au compteur D3 règle l'état suivant de D3 selon que le compteur est dans un mode direct ou inverse. Les portes U8 et U9 ont leurs sorties couplées à la porte NON/ET U10, dont la fonction est de "réunir logiquement" les entrées dans l'entrée D de D2. De même, les
15 portes U20 et U21 ont leurs sorties couplées à la porte NON/ET 22, dont la fonction est de "réunir logiquement" les entrées dans l'entrée D de D3. Lorsque le compteur est dans un mode direct, la porte U9 est commandée par U31, qui décode des états $\overline{CS1}$, $\overline{CS2}$ si un "état bas" est présent sur l'un
20 ou l'autre des états et produit un état haut à l'entrée de U10, qui est couplée via U10 à l'entrée D de D2. Au même moment la sortie de U12, qui est l'inverse de la sortie de U7, est couplée à U8 et à U20. Ce signal qui amène un état bas sur l'entrée de U8 et U20, empêche l'étage de sortie
25 décodé (si il est bas) d'être renvoyé aux entrées D de D1 et D3, respectivement. Le transfert des états entre des bascules D1-D3 et la formation de la succession répétitive consécutive voulue est effectuée de la manière suivante. Dans l'état direct, l'onde Directe est haute (voir figure 3), la
30 sortie de U12 est basse, U7 est haut, rendant U9 et U21 actifs pour le transfert du compte à D2 et D3. U9 effectue une opération logique NON/ET sur la sortie de U7 et la sortie de U31. U31 est haut à l'état 001 ($\overline{CS1}$ bas) et 010 ($\overline{CS2}$ bas). A l'état 001, U9 devient bas, et U10 devient haut,
35 quelle que soit l'entrée qui est couplée à l'entrée de D2. A

la commutation suivante, la Réinitialisation 1 synchronise un état haut dans la sortie Q de D2 et D1 s'incrémente à nouveau à 010 ($\overline{CS2}$ bas). A l'état 010 ($\overline{CS2}$ bas), U31 reste haut et U9 devient bas à nouveau, et U10, quelle que soit
 5 son autre entrée, devient haut à l'entrée D de D2. A la commutation suivante, la Réinitialisation 1 synchronise le second état haut dans D2, et D2 Q reste haut (011 ; $\overline{CS3}$ bas). Au compte suivant, U33 devient haut, U21 devient bas, et U22 devient haut. L'impulsion de Réinitialisation 1 suivante synchronise un état haut à la sortie de D3 Q, et un
 10 état bas à la sortie de D1 pour un (100 : $\overline{CS4}$ bas). A l'impulsion de Réinitialisation 1 suivante, U33 reste haut, et un état haut est resynchronisé dans D3 ; Q bas dans D2, Q ; est un état haut dans D1, Q (101 : $\overline{CS5}$ bas). A l'impulsion
 15 de Réinitialisation 1 suivante des états bas sont synchronisés dans D3 et D2 et D1 change d'état vers (000 : $\overline{CS0}$).

Dans l'état inverse, l'onde Directe est basse (voir figure 3) et U12 est haut, U7 est bas, rendant U8 et U20 actifs pour le transfert du compte à D2 et D3. La sé-
 20 quence est maintenant inversée avec U29 devenant bas en premier ($\overline{CS5}$ bas) ; U28 bas ensuite ($\overline{CS4}$ bas), etc, jusqu'à ce que U24 soit bas en dernier. En supposant que D1, D2 et D3 sont bas au démarrage du compte, U29 qui est lié aux sorties Q de D1, D2, D3, devient bas au premier compte cor-
 25 respondant à un état $\overline{CS5}$ bas. (Le compte à rebours se poursuivra de la même manière déjà expliquée).

Les portes NON/ET U30-U31 aident également au décodage des états $\overline{CS0}$ à $\overline{CS5}$ pour l'application à la logique de commande 145. Comme noté ci-dessus, U30, qui applique une opération
 30 logique NON/ET aux sorties de U24, U25, est dans un état actif haut durant $\overline{CS0}$ et $\overline{CS1}$; U31 est dans un état actif haut pendant $\overline{CS1}$ et $\overline{CS2}$; U32 est dans un état actif haut durant $\overline{CS2}$ et $\overline{CS3}$; U33 est dans un état actif haut durant $\overline{CS3}$ et $\overline{CS4}$; U34 est dans un état actif haut durant $\overline{CS4}$ et
 35 $\overline{CS5}$; et U35 est dans un état actif haut durant $\overline{CS5}$ et $\overline{CS0}$.

En bref, par un compte 6 on a créé 6 ondes de Synchronisation se recouvrant, ordonnées en correspondance aux durées élevées de CT, AB ; BT ; CB ; AT et PB (représentés sur la figure 3), respectivement. Ces ondes de Synchronisation peuvent être couplées à la logique de commande 145 pour synchroniser des signaux de sortie couplés au dispositif pilote de sortie 146.

Le compteur de commutation Modulo 6 (144) est virtuellement deux compteurs en un, un compteur ascendant et un compteur descendant partageant tous deux les bascules D1, D2, D3 et des parties de la logique de décodage (U10, U22 et U29-U35).

Le compteur ascendant ou descendant est validé-invalidé par le signal de commande directe. Lorsque les portes directes U9, U21 sont validées, elles décodent les sorties des bascules D1, D2, D3 du compteur et règlent les entrées de ces bascules aux valeurs requises pour l'état suivant. Au bord montant du signal de Réinitialisation 1, ces entrées sont transférées sur le côté de sortie des bascules déclenchées par bord de sens positif (D1, D2, D3). Puisque cette transition a lieu simultanément avec le bord du signal de Réinitialisation 1 arrivant, chaque bascule est synchronisée exactement au même moment. Ceci empêche les sorties de changer à des instants différents (c'est-à-dire en dehors de la synchronisation) et de provoquer l'apparition de pics de tension (glitches) aux sorties du compteur.

Lorsque les sorties des bascules changent d'état au bord montant de l'impulsion de réinitialisation 1, elles sont décodées en une variété de signaux d'état (CS0, CS1...CS5) par les portes U24 à U29. Des combinaisons de ces états sont également décodées par U30 à U35. Ce décodage a lieu, pratiquement simultanément avec le bord montant du signal de Réinitialisation 1. Tout léger retard dû au retard de propagation (par exemple, à 100 nanosecondes) dans les portes, est inférieur de plusieurs ordres de grandeur au

temps nécessaire (millisecondes) à l'apparition du bord montant suivant de l'onde de Réinitialisation 1. A cause de cela, ces signaux (qui sont renvoyés aux entrées de D1, D2 et D3 pour établir l'état suivant) atteindront une valeur stable à l'instant où apparaît le bord montant suivant de l'onde de Réinitialisation 1. Avoir cette entrée stable aux entrées des bascules assure un fonctionnement approprié "sans pics" ("Glitch-free") du compteur.

Le décodage de chaque état et la synchronisation des bascules oblige la longueur de chaque état à être fixe, et fonction de la longueur de l'onde de Réinitialisation 1 et non de l'état particulier dans lequel se trouve le compteur. Ceci est particulièrement important lorsque, dans le sens direct, le compte atteint 5 et doit alors retourner à zéro. Le compteur traite la transition de 5 à 0 juste comme une autre transition d'état plutôt que d'obliger le compteur à être réinitialisé lorsque le compteur atteint la fin de son compte. La simple Réinitialisation du compteur à la fin du compte résulterait en un raccourcissement non voulu du dernier état ("pics" ou "Glitches") lors de la réinitialisation. Les transitions d'état pour le cas direct sont 0 à 1, 1 à 2, 2 à 3, 3 à 4, 4 à 5, 5 à 0 ..., etc. Les sorties nécessaires pour l'état "suivant" sont disponibles aux portes U30-U35 et renvoyées via les portes U8, U9, U10, U20, U21, U22. Les portes U24-U35 servent une double fonction, à savoir fournir un état suivant au compteur de commutation ainsi que fournir une indication de l'état présent, ou combinaison d'états, aux autres circuits sur la puce.

Les portes inverses U8 et U20 fonctionnent de manière semblable lorsqu'elles sont validées par le signal direct. Dans le mode inverse toutefois, les transitions d'état sont 0 à 5, 5 à 4, 4 à 3, 3 à 2, 2 à 1, 1 à 0, ..., etc. Comme mentionné précédemment, le compteur peut seulement changer d'état au bord montant du signal de Réinitialisation 1. Ceci assure que même si le sens du compte est

changé de direct en inverse par commutation de la ligne de signal "Directe", il n'y aura pas de perturbations (glitches) à la sortie du compteur. Le compteur restera dans l'état présent pour sa durée correcte et continuera alors à
5 compter dans le sens opposé lors du bord montant suivant de l'impulsion de Réinitialisation 1.

Toutes les bascules du compteur sont équipées d'une réinitialisation asynchrone. Cette réinitialisation est commandée par le circuit de Réinitialisation Mise en
10 Route (150). lorsque la ligne $\overline{\text{POR}}$ est basse, le compteur est maintenu dans son état de démarrage 000 (zéro). Lorsque la ligne de Réinitialisation $\overline{\text{POR}}$ est libérée (autorisée à devenir haute) le compteur commencera à compter au bord montant suivant du signal de Réinitialisation 1 et passera à l'état
15 suivant correct après 0 (5 pour le sens inverse, 1 pour le sens direct).

Comme il y a trois éléments de mémoire D1, D2, D3 dans le compteur, il y a huit états possibles qui pourraient apparaître (0-7). Dans le cas où le compteur se trouverait
20 lui-même dans l'un des états inutilisés (6 ou 7) le compteur est conçu pour passer à un état correct (dans la boucle régulière du compteur) si un de ces états apparaissait. Egalement la logique de décodage U24-U29 a été conçue pour ne pas décoder ces deux états s'ils apparaissaient. De ce
25 fait leur apparition ne cause aucun problème à toute autre logique reliée à ce circuit.

LOGIQUE DE COMMANDE 145

La logique de commande 145 accepte l'information de synchronisation du compteur Modulo 6 aux sorties des
30 portes U30 à U35, et convertit cette information en un ensemble d'ondes convenant aux dispositifs pilotes de sortie 146 sur le circuit intégré pour application aux trois commutateurs de puissance 122, 123 et 124 sur la carte de circuit imprimé. La logique de commande est synchronisée par
35 une première connexion au réseau de comparaison 142 pour

répondre à l'onde (Réinitialisation)(D16Q), pour provoquer la commutation des commutateurs 122, 123 et 124 aux instants de commutation. La logique de commande est commandée pour une séquence Directe ou inverse par deux connexions à la
5 logique directe bas inverse 149 (U112 direct, U111 inverse). La sortie ($\overline{MLI}$) du modulateur de largeur d'impulsion 148 est couplée à la logique de commande pour modifier les ondes de commande de sortie couplées aux dispositifs pilotes de sortie pour permettre la commande du courant appliqué aux enroulements du moteur. Le chiffre binaire le moins significatif (B0) est détecté par une connexion (D1Q) au compteur Modulo 6, 144 pour une utilisation supplémentaire en liaison avec la commande de puissance.

Les ondes de sortie de la logique de commande 145
15 sont les six ondes AT, AB, BT, BB, CT et CB illustrées au bas de la figure 3. Ces ondes, dont les séquences sont inversées par le fonctionnement de la commande murale 105 ou du commutateur Direct/Inverse S1 sur la carte de circuit imprimé (figure 2), assurent la rotation directe ou inverse
20 du moteur. De même les parties soulignées des ondes de sortie illustrent ces périodes pendant lesquelles les commutateurs de sortie respectifs peuvent être soumis à une commande du rapport cyclique par le fonctionnement de la commande murale ou du potentiomètre R40 également sur la carte de
25 circuit imprimé (figure 2) pour le réglage de la vitesse du moteur.

La logique de commande 145 se compose d'un premier rang de portes NON/ET à trois entrées U36-U41 associées au fonctionnement inverse du moteur, d'un second rang de portes
30 NON/ET à trois entrées U42-U47 associées au fonctionnement direct du moteur, d'un troisième rang de portes NON/ET à deux entrées U48 à U53 agissant pour multiplexer les séquences directes ou inverses vers les dispositifs pilotes de sortie 146. La logique de commande est achevée par les portes
35 U13 à U16, qui répondent au chiffre binaire le moins

significatif et aux signaux de modulation de largeur d'impulsion en réalisant une commande continue de la puissance de sortie.

Les éléments logiques de la logique de commande
5 sont reliés de la manière suivante. Les entrées de la porte
NON/OU exclusive U13 sont couplées à D16 Q et D1 Q comme
indiqué précédemment. La sortie sur la porte U13 est couplée
par l'inverseur U14 à une entrée de la porte NON/ET à deux
10 entrées U15 et à une entrée de la porte NON/ET à deux en-
trées U16. Les autres entrées des portes NON/ET U15 et U16
sont reliées au modulateur de largeur d'impulsion 148 (U89).
La sortie de la porte NON/ET U15 est reliée à une entrée de
chacune des portes NON/ET à trois entrées, U37, U39 et U41
15 dans le premier rang de portes NON/ET associées respective-
ment aux broches de sortie de commutation AB, BB et CB sur
le circuit intégré et à U42, U44 et U46 du second rang de
portes NON/ET associées respectivement avec les broches de
sortie de commutation AT, BT et CT sur le circuit intégré.
La sortie de la porte NON/ET U16 est couplée à une entrée
20 des portes NON/ET U36, U38 et U40 dans le premier rang de
portes NON/ET associées respectivement aux broches de sortie
de commutation AT, BT, CT du circuit intégré, et à une en-
trée des portes NON/ET U43, U45 et U47 dans le second rang
de portes NON/ET associées aux broches de sortie de commuta-
25 tion AB, BB, CB du circuit intégré.

Une entrée de la porte U36 et une entrée de la
porte U43 sont reliées à la sortie U31 du compteur Modulo 6,
144. Une entrée de la porte U37 et une entrée de la porte
U42 sont reliées à U34 dans le compteur Modulo 6 ; une en-
30 trée de la porte U38 et une entrée de la porte U45 sont
couplées à la sortie de la porte U35 dans le compteur Modulo
6. Une entrée de la porte U39 et une entrée de la porte U44
sont reliées à la porte U32 dans le compteur Modulo 6. Une
entrée de porte U40 et une entrée de la porte U47 sont re-
35 liées à la sortie de U33 dans le compteur Modulo 6. Une

entrée de la porte U41 et une entrée de la porte U46 sont couplées à la sortie de la porte NON/ET U30 dans le compteur Modulo 6. Finalement, une entrée des portes du premier rang U36-U41 sont couplées à la logique directe/inverse (U111) pour le fonctionnement en inverse ; et une entrée des portes dans le second rang U42-U47 sont couplées à la logique Directe/Inverse (U112) pour le fonctionnement direct. Les sorties des portes NON/ET U36 ET U42 sont reliées aux entrées de la porte NON/ET à deux entrées U48. Les sorties des portes NON/ET U37 et U43 sont reliées aux entrées de la porte NON/ET U49 ; les sorties de U38 et U44 à l'entrée de U50 ; les sorties de U39, U45 aux entrées de U51 ; les sorties de U40, U46 à l'entrée de U52 ; et les sorties de U41, U47 à l'entrée de U53. Les sorties des portes NON/ET U48-U53, comme on l'expliquera, sont couplées aux dispositifs pilotes de sortie pour la connexion éventuelle à des broches de sortie distinctes P7 (AT), P8 (AB), P10 (BT), P9 (BB), P11 (CT), P12 (CB) respectivement. Comme indiqué précédemment, ce sont les six ondes illustrées au bas de la figure 3.

On peut expliquer la production des six ondes de sortie indiquées ci-dessus de la façon suivante. Les sorties Q des bascules D1, D2, D3 formant la mémoire du compteur Modulo 6 et illustrées à la figure 3 établissent la synchronisation et la durée des ondes $\overline{CS0}$, $\overline{CS1}$, $\overline{CS2}$, etc. du compteur Modulo 6. Des combinaisons logiques de ces ondes prises 2 à la fois par les portes U30-U35 dans le compteur Modulo 6 produisent des ondes ayant des parties hautes de durée de compte double correspondant aux parties hautes des ondes de sortie. Aux étages distincts du moteur à trois étages, ceci signifie que au milieu de la période d'excitation pour un étage (par exemple, A), un second étage (par exemple, B) est en train d'être désexcité tandis qu'un troisième étage (par exemple, C) est en train d'être excité de sorte que deux étages sont excités à tout instant.

La combinaison logique des états CS1, CS2, qui apparaît à la sortie de la porte U31 est couplée pour le fonctionnement direct du commutateur A à une entrée de la porte U43, dont la sortie est couplée via la porte U49, en
5 formant l'onde de commande AB, et via le dispositif pilote de sortie BOBA à la broche P8. Pour le fonctionnement en inverse du commutateur A, la sortie de la porte U31 est couplée à une entrée de la porte U36, dont la sortie est couplée via la porte U48, en formant l'onde de commande AT,
10 et via le dispositif pilote de sortie TOBA à la broche P7.

La combinaison logique des états CS2, CS3, qui apparaît à la sortie de la porte U32 est couplée pour le fonctionnement direct du commutateur B à une entrée de la porte U44, dont la sortie est couplée via la porte U50, en
15 formant l'onde de commande BT, et via le dispositif pilote de sortie TOBB à la broche P10. Pour le fonctionnement en inverse du commutateur B, la sortie de la porte U32 est couplée à une entrée de la porte U39, dont la sortie est couplée via la porte U51, en formant l'onde de commande BB,
20 et via le dispositif pilote de sortie BOBB à la broche P9.

La combinaison logique des états CS3, CS4, qui apparaît à la sortie de la porte U33 est couplée pour le fonctionnement direct du commutateur C à une entrée de la porte U47, dont la sortie est couplée via la porte U53, en
25 formant l'onde de commande CD, et via le dispositif pilote de sortie BOBC à la broche P12. Pour le fonctionnement en inverse du commutateur C, la sortie de la porte U33 est couplée à une entrée de la porte U40, dont la sortie est couplée via la porte U52, en formant l'onde de commande CT,
30 et via le dispositif pilote de sortie TOBC à la broche P11.

La combinaison logique des états CS4, CS5, qui apparaît à la sortie de la porte U34 est couplée pour le fonctionnement direct du commutateur A à une entrée de la porte U42, dont la sortie est couplée via la porte U48, en
35 formant une onde de commande AT, et via le dispositif pilote

de sortie TOBA à la broche P7. Pour le fonctionnement en inverse du commutateur A, la sortie de la porte U34 est couplée à une entrée de la porte U37, dont la sortie est couplée via la porte U49, en formant l'onde de commande AD, et via le dispositif pilote de sortie BOBA à la broche P8.

La combinaison logique des états CS5, CS0, qui apparaît à la sortie de la porte U35 est couplée pour le fonctionnement direct du commutateur B à une entrée de la porte U45, dont la sortie est couplée via la porte U51, en formant une onde de commande BB, et via le dispositif pilote de sortie BOBB à la broche B9. Pour le fonctionnement en inverse du commutateur C, la sortie de la porte U35 est couplée à une entrée de la porte U38, dont la sortie est couplée via la porte U50, en formant l'onde de commande BT, et via le dispositif pilote de sortie TOBB à la broche P10.

La combinaison logique des états CS0, CS1, qui apparaît à la sortie de la porte U30 est couplée pour le fonctionnement direct du commutateur C à une entrée de la porte U46, dont la sortie est couplée via la porte U52, en formant une onde de commande CT, et via le dispositif pilote de sortie TOBC à la broche P11. Pour le fonctionnement en inverse du commutateur C, la sortie de la porte U30 est couplée à une entrée de la porte U41, dont la sortie est couplée via la porte U53, en formant l'onde de commande CB, et via le dispositif pilote de sortie BOBC à la broche P12.

Comme déjà noté, la rotation en sens direct du moteur est assurée lorsque l'onde Directe est haute et l'onde Inverse est basse. Comme l'onde Directe est haute dans la partie de gauche de la figure 3, les ondes des états du compteur ($\overline{CS0}$, $\overline{CS1}$, $\overline{CS2}$, etc.) et les ondes de commutation de sortie (AT, AB, BT, etc.), à gauche du centre de la figure illustrent le fonctionnement direct. A droite du sens de la figure, l'onde Directe devient basse et l'onde Inverse devient haute. En conséquence, les ondes des états du compteur et les ondes de commutation de sortie sont dans une

séquence inversée. Le fonctionnement direct est assuré au moyen des portes U42-U47. Le fonctionnement direct est permis avec un état haut dû à l'onde Directe couplée à une entrée de chacune des portes U42-U47. Lorsque les trois entrées de U42-U47 sont hautes, aux instants choisis du fonctionnement direct, les sorties de paires choisies de ces portes deviennent basses, et aident à former la séquence directe des ondes de sortie. Durant le fonctionnement direct, toutes les portes U36-U41 sont au repos dû à un état bas de l'onde Inverse sur chacune de ces portes.

De même, le fonctionnement en inverse est assuré au moyen des portes U36-U41. Le fonctionnement en inverse est permis avec un état haut dû à l'onde Inverse couplée à une entrée de chacune des portes U36-U41. Lorsque l'ensemble des trois entrées des portes U36-U41 sont hautes aux instants choisis du fonctionnement inverse, les sorties de paires choisies de ces portes deviennent basses, et aident à former la séquence inverse des ondes de sortie. Durant le fonctionnement en inverse, toutes les portes U42-U47 sont au repos dû à l'état bas de l'onde Directe sur chacune de ces portes. Les portes NON/ET à deux entrées U48-U53 sont validées soit pour un fonctionnement direct soit pour un fonctionnement inverse et couple une entrée au dispositif pilote de sortie soit depuis les portes directes actives, soit depuis les portes inverses actives.

Les ondes de commutation de sortie AT, AB, BT, etc., seront virtuellement telles que représentées à la figure 3 par les parties hautes en traits pleins dans un réglage des commande de vitesses manuelles R40 et 105 (voir figure 2) dans lesquelles un maximum de courant est appliqué aux enroulements du moteur. La quantité de courant qui est appliquée est variable d'une limite inférieure ou il n'y a pas de courant à une limite supérieure de courant total. Un fonctionnement à pleine puissance à lieu lorsque les deux étages d'enroulements reliés en série sont excités à 100% de

leur temps. Le fonctionnement en rapport cyclique des ondes de commutation distinctes a lieu dans les régions définies par un état haut en traits pleins dans l'onde de sortie et un état bas en tirets. Par exemple, l'onde de commutation de sortie directe AT, a un état haut coïncidant avec l'état bas CS4 et CS5. L'onde AT a un état bas en traits en tirets pour une impulsion de Réinitialisation 1 (égale à la largeur de l'impulsion de Réinitialisation 1) au début de l'état bas CS4 ou une impulsion de Réinitialisation 1 retardée d'état bas en tirets au début de l'état bas CS5 et se poursuivant à la fin de cet état bas CS5. Ces deux périodes, comme on le montrera, sont des périodes durant lesquelles une onde de 20 kHz est soumise à une modulation de largeur d'impulsion, qui dans une limite n'est pas appliquée du tout pour un rapport cyclique nul et dans l'autre limite perd la composante périodique et devient continue pour le rapport cyclique de 100%. Dans les valeurs intermédiaires habituelles du rapport cyclique, une onde carrée est produite ayant une fréquence de 20 kHz, et un certain temps actif et un certain temps inactif.

La production des états bas en traits interrompus dans les ondes de commutation de sortie, durant lesquels un fonctionnement en rapport cyclique à lieu, comprend les portes U13, U14, U15 et U16. L'onde B0 (le chiffre binaire le moins significatif) de la mémoire D1 du compteur Modulo 6, subit un traitement NON/OU exclusif avec l'impulsion de Réinitialisation 1 issu de la bascule (D16 Q). L'onde de Réinitialisation 1 (en se référant à la figure 8), commence à l'instant de commutation, et a une durée d'environ 1/3 d'une période de commutation dans le réglage de vitesse de moteur le plus rapide. Dans le réglage de vitesse le plus lent, l'impulsion de Réinitialisation 1 a une durée d'environ 1/30ème d'une période de commutation. Le traitement NON/OU exclusif de ces deux ondes produit un état haut lorsque les deux ondes sont basses et un état bas lorsque les

deux ondes sont hautes, et produit une onde à la sortie de la porte U13 qui est une inversion retardée de l'onde B0 ayant les mêmes durées à l'état haut et à l'état bas, mais retardée par la durée de l'impulsion de Réinitialisation
5 comme représenté à la figure 3. La sortie de la porte U13 est ensuite couplée à l'entrée de la porte U16 et par l'inverseur U14 à l'entrée de la porte U15. L'onde à rapport cyclique ($\overline{MLI}$) est également fournie aux entrées des portes U15 et U16. L'onde U13 subit un traitement NON/ET avec une
10 sortie $\overline{MLI}$ dans U16 et la sortie de U16 est appliquée aux portes inverses (U36-U41). De même, l'onde de U13 après inversion dans U14 subit un traitement NON/ET avec l'onde $\overline{MLI}$ dans la porte U15 et la sortie de la porte U15 est couplée à l'entrée des portes directes U42-U47.

15 Le fonctionnement en rapport cyclique a lieu de la manière suivante lorsque la rotation directe du moteur prend place. En rotation directe, l'onde Directe est haute de sorte que les portes directes U42-U47 qui produisent une sortie active basse lorsque toutes les entrées sont hautes,
20 sont validées. Ainsi, un état actif bas est produit dans les portes U42-U47 pendant les temps de MARCHE (état haut) de l'onde à rapport cyclique, apparaissant durant les états hauts des ondes de sortie respectives des portes U31-U35 du compteur Modulo 6. Par exemple, pendant la rotation en sens
25 direct du moteur, la porte U42 est active pour la formation de l'onde de commutation de sortie AT. L'onde de sortie de la porte U34, qui correspond à l'onde AT est haute lorsque $\overline{CS4}$ et $\overline{CS5}$ sont bas.

Si le réglage du rapport cyclique est zéro, et la
30 sortie de U15 reste basse, alors l'onde AT est basse pour la partie initiale de CS4 égale à la durée de l'onde de Réinitialisation 1. Elle devient ensuite haute pendant une période de commutation. L'onde AT (avec U15 maintenu bas) devient basse après que CS5 soit devenu bas avec un retard égal à la
35 durée de l'impulsion de Réinitialisation 1. Si le réglage du

rapport cyclique est de 100%, et la sortie de U15 reste haute, alors l'onde AT reste haute pendant la durée de CS4 et CS5. Si un réglage intermédiaire du rapport cyclique est inclus, alors l'onde AT comme illustrée à la figure 3, est
5 partiellement active et partiellement inactive. Durant l'état bas de CS4, la commutation a lieu à la fréquence de 20 kHz pendant une période correspondant à la longueur de l'impulsion de Réinitialisation 1. L'onde AT reste ensuite haute (sans fonctionnement en rapport cyclique) pendant une
10 période de commutation, et retourne ensuite au fonctionnement en rapport cyclique de commutation de 20 kHz pour le reste de l'intervalle pendant lequel CS5 est bas. On doit noter que le début de la seconde partie du fonctionnement en rapport cyclique de commutation commence après un retard
15 égal à l'onde de Réinitialisation 1 depuis le début de l'état bas de $\overline{\text{CS5}}$.

Les ondes de gauche de la figure 3 illustrent la rotation en sens direct du moteur et les ondes de commutation de sortie illustrant le fonctionnement en rapport cyclique. La partie gauche du dessin est affectée par les
20 conditions de démarrage pendant la partie basse de l'onde $\overline{\text{POR}}$. L'onde de démarrage I, pour la discussion de ce paragraphe, est supposée être haute à tout moment. Après l'achèvement de $\overline{\text{POR}}$ (bas), les ondes prennent leur régularité habituelle - jusqu'à ce qu'on atteigne le milieu de la page.
25 Au milieu de la page, est indiquée une inversion de la rotation, et des ondes correspondant à une inversion sont fournies pour la partie droite de la figure. Pour la rotation en sens direct, en supposant que l'onde BP soit la première, CT suit, puis AB, puis BT, CB, AT, BB, CT, et. Deux ondes sont
30 toujours présentes ensemble, et le rapport cyclique apparaît tout d'abord (après $\overline{\text{POR}}$) sur le commutateur relié à la masse (BB) ("B" pour fond). Le rapport cyclique apparaît pour la seconde fois sur le commutateur relié à Vdd (CT) ("T" pour
35 sommet). Le rapport cyclique apparaît ensuite sur le commu-

tateur relié à la masse (AB), puis sur le commutateur relié à Vdd (BT), etc. Chaque instant successif, la connexion de commutation alterne entre une connexion à Vdd et à Vss (masse). En outre, à tout instant, deux états hauts existent -
 5 mais un est en rapport cyclique et un n'est pas en rapport cyclique. Cependant que ce procédé d'alternance provoque un décalage de la tension du neutre de l'enroulement, l'amplificateur différentiel a une très bonne réjection en mode commun, et en connectant les deux extrémités de l'étage
 10 d'enroulements mesuré aux entrées différentielles de l'amplificateur, l'erreur produite est négligeable. La séquence à rapport cyclique, en outre, est réglée de sorte que lorsqu'un enroulement est desexcité, l'enroulement suivant à exciter a un sens absorbant le transitoire de coupure. L'im-
 15 pulsion de Réinitialisation 1 est par conséquent choisi pour avoir une durée approximativement égale à la durée de ce transitoire ou légèrement plus longue. L'effet est de produire un fonctionnement plus régulier du moteur.

DISPOSITIFS PILOTES DE SORTIE 146

20 Le circuit intégré de commande a à sa sortie 6 amplificateurs tampons de sortie distincts, TOBA, BOBA, TOBB, BOBB, TOBC, et BOBC couplés aux broches de sortie P7, P8, P10, P9, P11 et P12 respectivement. Les lettres assignées ont un sens de codification. Les deux premières lettres désignent soit que la connexion commutée est à faire
 25 entre les étages d'enroulements et B+ ou potentiel de masse; "TO" pour sommet désigne une connexion au potentiel B+, tandis que "BO" pour bas désigne une connexion au potentiel de masse. Le troisième "B" désigne l'amplificateur tampon.
 30 La quatrième lettre, A, B ou C désigne une connexion faite soit avec un étage d'enroulements A, B ou C. Les ondes de commutation de sortie produites dans les tampons (dans l'ordre déjà cité) sont respectivement à AT, AB, BT, BB, CT et CB. Ici, la lettre initiale désigne l'étage d'enroulement,
 35 et la lettre finale détermine qu'il est soit conçu pour la

connexion de la charge à B+ soit au potentiel de masse. Les ondes de commutation de sortie sont celles représentées par les 6 ondes inférieures illustrées à la figure 3. Les ondes avec un final en "T" indiquent qu'elles sont reliées à la base de Q82 dans le commutateur A ou sa contrepartie dans les commutateurs B ou C pour connexion au potentiel B+. Les ondes avec un final "B" indiquent qu'elles sont à connecter à la grille de Q91 dans le commutateur A ou sa contrepartie dans le commutateur B ou C pour la connexion au potentiel de masse. Les périodes de conduction qui sont produites dans les commutateurs supérieur et inférieur correspondent à des états hauts dans les ondes, avec les traits verticaux indiquant un fonctionnement en rapport cyclique, comme expliqué précédemment.

La conception logique des dispositifs pilotes de sortie 146 est illustrée à la figure 9. Les tampons "supérieurs" sont chacun des amplificateurs à deux étages se composant de deux inverseurs successifs conçus pour piloter la partie supérieure (Q82, etc.) des commutateurs A, B et C. Les tampons "inférieurs", se composent chacun d'une porte NON/ET à deux entrées dans le premier étage suivie par un inverseur dans le second étage conçu pour piloter la partie inférieure (Q91) des commutateurs A, B et C. La seconde entrée de chaque porte NON/ET est reliée à POR 150 pour l'application de l'onde de Démarrage I. L'effet d'une inhibition des tampons inférieurs est d'empêcher l'application de courant au moteur, car à la fois un commutateur supérieur et inférieur doit être conducteur pour que le courant passe dans l'étage d'enroulement. Comme cela sera expliqué en liaison avec POR 150, lors du démarrage du moteur, du courant n'est pas appliqué aux enroulements jusqu'à ce que le cinquième compte ($\overline{CS5}$) apparaisse dans le compteur Modulo 6, 144.

OSCILLATEUR 146 ET

MODULATEUR DE LARGEUR d'IMPULSION 148.

On utilise l'oscillateur 147 sur le circuit intégré de commande. Dans le fonctionnement du circuit d'auto-annulation, la sortie de l'oscillateur règle la cadence de comptage utilisée pour diminuer par incrément le courant de correction lors de l'annulation de l'amplificateur 141. L'oscillateur 145 et le modulateur de largeur d'impulsion 148 ensemble agissent pour le réglage de la vitesse du moteur du ventilateur. Le moteur à commutation électronique est conçu pour fonctionner à une vitesse établie par la quantité de courant électrique fournie au moteur. Lorsque plus de courant électrique est fourni, le moteur tourne à une vitesse supérieure et lorsque moins de courant est fourni, le moteur tourne à une vitesse inférieure. Dans la présente réalisation, la quantité de courant fournie au moteur du ventilateur est soumise à une commande d'environ 100% à moins de 1% de la puissance maximum. Cette gamme de réglage de puissance produit au moins une gamme de vitesse de 200:10 tours par minute. Les ondes AT, AB, BT, BB, CT, CB illustrées à la figure 3 décrivent le mode d'application de l'excitation en rapport cyclique des enroulements du moteur. La création de ces ondes basée sur la fourniture d'une onde modulée en largeur d'impulsion par le modulateur de largeur d'impulsion 148 a été décrit en liaison avec la logique de commande 145 et les dispositifs pilotes de sortie 146. La présente discussion concerne l'oscillateur 147 et le modulateur de largeur d'impulsion 148 pour la création de cette onde, une combinaison qui facilite la large gamme de réglage de vitesse du moteur envisagée ici.

L'oscillateur 147 est un oscillateur de relaxation. Les éléments du circuit de l'oscillateur externes au circuit intégré sont représentés à la figure 2. Les éléments de circuit sur le circuit intégré sont représentés à la figure 10A. L'oscillateur comprend un condensateur C6, un transistor Q42 pour décharger de façon récurrente le condensateur et une résistance R24 pour charger de façon récurrent-

te le condensateur. Le circuit de l'oscillateur comprend étagement deux comparateurs (COM4 et COM5) pour régler les limites de l'oscillation de tension de l'oscillateur de relaxation, chaque comparateur étant suivi par une porte d'inversion à hystérésis, U87, U88, une bascule constituée de portes NON/ET U90, U91, une tension de référence comprenant des transistors Q47, Q48, Q49, des résistances R9 et R10, et un réseau de protection influant la résistance R11 et des diodes D2 et D3.

10 Les éléments de l'oscillateur sont interconnectés de la manière suivante. Le condensateur C6, qui est externe au circuit intégré, a une borne reliée à la broche P15 et l'autre borne reliée à la masse du système. La résistance R24, qui est également externe au circuit intégré, est re-
15 liée entre la broche B13 à laquelle est appliquée la source de tension Vdd et la broche P15. Le transistor à canal N Q42 à son drain relié à la broche P15 et sa source reliée à la masse du circuit intégré. Le drain du transistor Q42 est également relié via la résistance de 250 ohms R11 à l'entrée
20 positive du comparateur COM 4 et à l'entrée négative du comparateur COM 5. La borne d'entrée négative du comparateur COM 4 est reliée au circuit de référence de tension en un point ayant un potentiel normal de 1,8 volts. La borne d'entrée positive du comparateur COM 5 est reliée à une référen-
25 ce de tension (Vref 5) ayant un potentiel de 0,75 volts. La borne de sortie du comparateur COM 4 est reliée via la porte d'inversion à hystérésis U87 à une borne d'entrée ($\bar{S}$) de la porte NON/ET U90. La borne de sortie du comparateur COM 5 est reliée via la porte d'inversion à hystérésis U88 à une
30 borne d'entrée ($\bar{R}$) de la porte NON/ET U91. L'autre entrée de la porte NON/ET U90 est reliée à la sortie de la porte NON/ET U91, à laquelle la sortie $\bar{Q}$ de la bascule apparaît. L'autre entrée de la porte NON/ET U91 est reliée à la sortie de la porte NON/ET U90 à laquelle la sortie Q de la bascule
35 apparaît. La sortie Q de la bascule (U90, U91) est reliée à

la grille de Q42. La sortie de l'oscillateur SYNC sous la forme d'une impulsion rectangulaire ayant une durée courte d'environ 300 nanosecondes et une fréquence d'impulsion de 20 kHz est couplée à la sortie de U91 à U93 dans le circuit

5 d'auto-annulation pour synchroniser la vitesse de comptage.

La référence de tension et le reste des composants du circuit de l'oscillateur sont reliés de la façon suivante. Le transistor à canal P Q47, de géométrie 4/8, a sa source reliée à Vdd, sa grille reliée à la masse du circuit

10 intégré, et son drain relié via la résistance de 1,6 kohms R9, et la résistance de 1,6 kohms R10 au drain du transistor à canal N U49 de géométrie 50/4. La grille et le drain de Q49 sont reliés ensemble, la source de Q49 est reliée à la masse du circuit intégré. La référence de tension est de 1,8

15 volts couplée à la borne d'entrée négative de COM 4 apparaît au drain de Q49. Les diodes de protection D2 et D3 sont reliées en série entre Vdd et la masse du circuit intégré, leur interconnexion étant reliée à la borne d'entrée positive de COM 4 et à la borne d'entrée négative de COM 5.

20 L'oscillateur fonctionne comme un oscillateur de relaxation dont l'amplitude est délimitée par les limites établies par des références de tension aux entrées de comparateur. Les ondes utiles pour comprendre le fonctionnement de l'oscillateur sont représentées à la figure 10B. Lorsque

25 qu'il est excité pour la première fois, le condensateur C6 commence à se charger vers Vdd, la tension sur le condensateur C6 apparaissant aux entrées des deux comparateurs. Lorsque la tension dépasse MLI "Ref" (+ 1,8 volts), COM 4 règle la bascule, et la sortie Q devient haute, rendant

30 conducteur Q42, ce qui décharge le condensateur C6. Lorsque la tension sur C6 tombe en-dessous de Vref 5 (/0,75 volts), COM 5 devient haut, réinitialisant la bascule avec Q bas et rendant non conducteur Q42. Comme la décharge de C6 est extrêmement rapide (pour les valeurs de R24, C6 indiquées),

35 et COM 4 a un temps de réponse fini, la tension sur C6 tend

à tomber jusqu'à la masse. Le condensateur C5 commence alors à se recharger et le cycle se répète. L'onde de sortie (SYNC) apparaissant à la sortie de U91 est couplée à U93 du circuit d'auto-annulation. L'onde apparaissant au condensateur C6 est une onde en dents de scie dans la partie supérieure de la figure 10B. L'onde SYNC est l'impulsion rectangulaire superposée à l'onde en dents de scie. Le rapport cyclique, comme indiqué précédemment, pour l'onde de synchronisation est inférieur à 1%, en utilisant les paramètres indiqués. Le choix des paramètres est prévu pour créer une onde en dents de scie relativement linéaire sur le condensateur C5.

Le modulateur de largeur d'impulsion 148 utilise l'onde en dents de scie du condensateur et fournit une onde de sortie (c'est-à-dire, la sortie MLI), qui est sélectivement soit tout le temps inactive ; en partie active, en partie inactive; soit toujours active. Le rapport des temps actifs à inactifs (c'est-à-dire largeur d'impulsion) est commandé par le réglage du potentiomètre externe R40 ou de la commande de vitesse murale 105. Ces trois possibilités sont décrites à la figure 10B.

Le modulateur de largeur d'impulsion comprend le potentiomètre externe R40, le transistor externe Q81, les résistances externe R25, R26, R27, R29, R30 et le condensateur externe C4 associé à la broche "régulation" P14 et le comparateur COM 6, et la porte à hystérésis U89 sur le circuit intégré. Le potentiomètre de 100 kohms R40 a ses bornes terminales reliées entre Vdd (broche P13) et le système et la masse de circuit intégré (broche P6). La prise sur le potentiomètre R40 est reliée via la résistance de 150 kohms à la broche P14. Le condensateur de 2,2 microfarads C4 et la résistance de 39 kohms sont reliés entre la broche P14 et la masse du système. Le transistor PNP Q81 a son collecteur couplé à la broche P14, sa base reliée à la prise sur un réseau de division de tension comprenant la résistance de

430 kohms R26 reliée à la source 250 volts et la résistance de 36 kohms R27 reliée à la masse du système, et son émetteur relié via la résistance de 36 kohms R25 à Vdd. La charge principale du collecteur et la résistance de 39 kohms R30
5 reliée entre le collecteur de Q81 et la masse du système.

Sur le circuit intégré, le comparateur COM 6 a sa borne d'entrée négative couplée à la broche P14, et sa borne d'entrée positive couplée via la résistance R11 au condensateur C6. La sortie du comparateur COM 6 est couplée à la
10 porte d'inversion à hystérésis U89 à la sortie de laquelle apparaît l'onde de sortie $\overline{MLI}$.

Les limites et une forme intermédiaire de l'onde de sortie $\overline{MLI}$ sont illustrées à la figure 10B. Le rapport cyclique est affecté à la fois par le potentiomètre R40 et
15 la commande murale 105. Lorsque le potentiomètre R40 est réglé très bas, l'entrée négative du comparateur est toujours en-dessous sur la tension du condensateur C6, et la sortie de COM 6 est haute. L'onde de sortie $\overline{MLI}$ dérivée de U99 est toujours basse. Lorsque R40 est réglé très haut, la
20 sortie du comparateur est toujours basse, et l'onde de sortie $\overline{MLI}$ est toujours haute. Lorsque R40 est réglé à une position intermédiaire entre les limites de la tension d'oscillation apparaissant aux bornes du condensateur, l'onde de sortie $\overline{MLI}$ est haute en partie du temps et basse en partie
25 du temps. Comme la tension du condensateur est commandée pour s'élever et tomber pratiquement linéairement, la gamme de réglage linéaire pratique du rapport cyclique est très proche des limites absolues de 0 à 100 %.

La figure 10C, qui concerne également la logique
30 Directe/Inverse, illustre comment le rapport cyclique est affecté par la commande murale 105. Lorsqu'on utilise la commande murale, la tension maximum B+ est limitée à environ 135 volts. Un réglage vers le bas du potentiomètre du moteur dans la commande murale réduit la tension B+ (+ 135 volts)
35 appliquée au moteur. Le réglage vers le bas initial de la

commande amène une réduction de la vitesse par une réduction de la tension appliquée au moteur. Une fois la tension réduite depuis une valeur nominale de 150 volts à environ 100 volts, un réglage encore vers le bas du potentiomètre mural amène simultanément un réglage vers le bas de B+ et l'imposition d'un format d'impulsion sur l'onde de sortie, dont le rapport cyclique est graduellement diminué. Ceci est illustré à la figure 10C. Le rapport cyclique est réglable par cette commande de 100% à pratiquement 0 % comme indiqué en

liaison avec le réglage de R40.

Le fonctionnement de la commande murale 105 inclut les composants cités précédemment reliés à la broche de régulation P14. Ils comprennent le transistor Q81, et les résistances R25, R26, 27, R29, R30 et R40. Le fonctionnement de la commande murale règle la tension moyenne appliquée au moteur. La tension maximum (par exemple 135 volts) produit la vitesse maximum. En diminuant la tension moyenne au moyen de la commande murale on produit une réduction pratiquement linéaire de la tension appliquée au moteur comme indiqué par la ligne en traits pleins supérieurs. (Lorsque cette réduction commence, on supposera que R40 est réglé à la valeur maximum). A la valeur maximum, U81 est polarisé de façon à être non conducteur par une différence d'environ 1,4 volt entre sa tension d'émetteur, qui est définie par la diode Zener CR1 à 9 volts au-dessus de la masse et la tension de base, qui est définie à environ 10,4 volts par le diviseur de tension formé par R26 et R27 relié entre la borne B+ de 135 volts et la masse. Lorsque la tension B+ est réglée à une valeur plus basse, la tension sur l'émetteur reliée à la diode Zener reste constante, tandis que la tension sur la base reliée au diviseur de tension tombe proportionnellement à la réduction du potentiel B+. Environ 110 volts, la polarisation inverse sur Q81 est supprimée, et il apparaît une polarisation directe suffisante pour surmonter la chute de tension de la jonction et initier la conduction. A ce point,

dans le réglage à une valeur plus basse du potentiel, la tension sur la broche de régulation P14 n'a pas été affectée, et est restée au potentiel zéro. Au-delà de ce point, la conduction par le transistor Q81 entre Vdd et la broche de régulation oblige la tension sur la broche à s'accroître. Toute légère augmentation de la tension élève le seuil de U89, et provoque une diminution de la largeur d'impulsion. La réduction conjointe de la tension absolue B+ et du rapport cyclique produit une vitesse accrue de diminution de la tension moyenne. A environ 60 volts, une vitesse de rotation minimum (juste avant la vitesse de calage du moteur) est obtenue et le rapport cyclique MLI est proche de zéro. Pour une tension REG égale à environ 2,2 volts, le rapport cyclique MLI et la vitesse sont tous deux nuls. A ce point toute diminution supplémentaire de la tension ne fournit aucune diminution supplémentaire de la vitesse du moteur, mais plutôt une élévation de la tension sur la broche de Régulation. Cette dernière gamme de réglage permet l'accroissement de la tension sur la broche de Régulation pour signaler une inversion de rotation en déclenchant un réglage de comparateur à 2,4 volts, comme cela sera décrit en liaison avec la logique Directe/Inverse 149.

On obtient la commande de la vitesse de rotation du moteur du ventilateur par une combinaison d'une réduction initiale dans la tension B+ fournit au moteur du ventilateur suivie par l'utilisation de la forme modulée en largeur d'impulsion de l'excitation dans laquelle une réduction ultérieure de la source de B+ s'accompagne par un rétrécissement progressif des impulsions d'excitation de fréquence fixe. Lorsque la tension est encore réduite, on atteint un point minimum auquel il n'y a plus de temps "actif" pour les impulsions et l'excitation est pratiquement arrêtée. Le domaine pratique de réglage de vitesse dépasse 200:20 tours/minute.

Pour obtenir un domaine de réglage de la vitesse

de 10:1 en utilisant une variation de la tension de la source B+ seulement nécessiterait un domaine de tension de 10:1. Ceci est difficile à faire et utilise encore une unique source de courant à diode Zener pour alimenter le circuit

5 intégré depuis la source B+. En réduisant proportionnellement la largeur d'impulsion avec la réduction de la tension B+, une gamme de vitesse de 10:1 peut être obtenue avec seulement une variation de 2 à 3:1 dans B+. On utilise la variation de la tension de la source B+ afin de commander la

10 vitesse du moteur avec la commande murale. Si on n'utilise pas de commande murale, on peut obtenir la gamme complète de vitesse en utilisant seulement MLI.

L'obtention de ce domaine de commande exige un système capable d'un fonctionnement stable, à la fois aux

15 limites supérieure et inférieure de fonctionnement. On a obtenu cela en évitant une boucle de réaction impulsion par impulsion pour la commande du courant, et l'utilisation d'un taux MLI plus élevé. Le présent agencement, qui utilise une configuration de modulation en largeur d'impulsion à boucle

20 ouverte est particulièrement avantageux lorsque l'on souhaite obtenir la large gamme présente de commande. Le fonctionnement en boucle ouverte est caractérisé par un diagramme schématique à la figure 10E. L'onde applicable est l'onde AT de la figure 10F, également illustrée avec moins de détail à

25 la figure 3.

Dans la figure 10E, la vitesse du moteur est réglée par un équilibre d'énergie entre une charge mécanique imposée au moteur à commutation électronique 206, principalement par le ventilateur 207 et l'énergie électrique four-

30 nie au moteur et déterminée par l'opérateur. Le diagramme illustre un potentiomètre à réglage manuel 203 dont les bornes terminales sont reliées entre Vdd et la masse et dont la prise est reliée à la borne d'entrée négative du comparateur 202. La borne d'entrée positive du comparateur 202 est

35 couplée à la sortie d'une source d'onde en dents de scie

201. La sortie du comparateur 202 est couplée un dispositif de porte électronique 205. Du courant est fourni au dispositif de porte électronique 205 depuis la source de courant continu 204. Du courant est dérivé de ce dispositif de porte électronique par trois connexions distinctes (A, B, C) aux trois étages d'enroulements du moteur à commutation électronique 206. La sortie du comparateur, selon le réglage de 203 produit une onde de sortie qui est un "1" logique entretenu, un logique "1" pulsé ayant une fréquence fixe de 20 kHz dont la durée est déterminée par le réglage de 203 ou finalement un "zéro" logique entretenu.

Le cas intermédiaire est illustré à la figure 10 E. Le dispositif de porte électronique 205 est principalement la logique de commande 145 dont la fonction est de fournir une action de porte en réponse à la modulation de largeur d'impulsion qui apparaît à U89 et en réponse à la sortie du compteur Modulo 6 qui définit les doubles périodes de commutation pour l'excitation des étages d'enroulements distincts. Le réglage de l'entrée du comparateur est déterminée par l'opérateur lorsqu'il règle la tension à 203. L'agencement fournit une gamme complète de commande et le fait avec la stabilité requise à la fois aux limites supérieure et inférieure. Bien que manquant de la stabilité de dérive d'un système de réaction à boucle fermée, le système à boucle ouverte a l'avantage de la simplicité, et toute dérive légère qui pourrait apparaître n'est pas habituellement gênante.

L'objectif du fonctionnement MLI (modulation de largeur d'impulsion) en boucle ouverte est d'éviter des anomalies dues aux retards qui apparaissent dans les systèmes MLI à boucle fermée. En particulier, dans les systèmes MLI de réaction le système est ouvert et ensuite fermé à un instant plus tardif par quelques paramètres liés au moteur tels que le courant ou la tension. Il existe une largeur d'impulsion minimum qui peut alors être engendrée ce qui

correspond au retard total du système incluant le retard d'ouverture des transistors de puissance. Si l'on fait un essai pour engendrer une impulsion MLI qui soit plus courte que le retard du système, le système soit sautera à zéro
5 depuis une valeur finie quelconque soit il oscillera entre zéro et cette valeur finie minimum, essayant d'atteindre "le réglage interdit" en faisant la moyenne de nombreuses impulsions dont certaines sont trop grandes et d'autres sont égales à zéro.

10 Eviter ces anomalies impose des exigences sur la manière de régler le niveau variable et le mode de production de l'onde périodique, les deux étant illustrés comme les entrées au comparateur 202 de la figure 10E. Des exigences sont également requises dans la relation de l'une à
15 l'autre.

Dans la réalisation décrite, l'utilisateur du ventilateur peut regarder le ventilateur, déterminer s'il tourne à la vitesse voulue et faire un réglage plus rapide ou plus lent. Le réglage, une fois fait, est essentiellement
20 indépendant de ce qui arrive au moteur et au circuit de puissance, et lorsque l'utilisateur s'est éloigné de la commande et ne régle plus à la main et à vu, ce fonctionnement est également en boucle ouverte.

Cependant, il n'est pas nécessaire de régler la
25 commande 203 manuellement de la manière décrite ci-dessus. Le niveau réglé peut faire partie d'un système à réaction de détection de puissance, détection de courant, détection de refroidissement, etc., dans lequel des niveaux moyens de paramètres variant lentement tels que des courants moyens,
30 des températures moyennes, etc. peuvent être utilisés. Il est ainsi possible d'avoir un modulateur à boucle ouverte utilisé dans un système de moteur à boucle fermée.

Le niveau réglable de l'entrée MLI doit satisfaire à deux critères. Il ne doit pas répondre instantanément aux
35 paramètres du circuit du moteur ni avoir des composantes de

fréquence quelconque comparable à celle de l'onde répétitive telles qu'elles perturberaient la distance entre les segments utilisés pour définir l'état actif de la sortie du comparateur et par conséquent le rapport cyclique de l'onde

5 MLI. Autrement dit, l'onde réglable ne doit pas avoir de composantes quelconques dont la vitesse de variation est comparable à la vitesse de variation de la vitesse de l'onde répétitive.

Une autre exigence est que l'onde répétitive doit

10 être indépendante du moteur dans un sens strict en ce que à la fois le court terme et le long terme n'ait aucune relation entre eux. Dans la réalisation actuelle, l'oscillateur est alimenté par la même source de courant continu que le moteur mais la source est commandée par un régulateur de

15 tension Zener et des niveaux de courant continu ainsi que des instabilités de courant de courte durée ne peuvent affecter la fréquence, l'amplitude ou l'onde de l'oscillateur. Si ces conditions sont maintenues, alors la vitesse du moteur est réglée dans pratiquement toute sa gamme sans aucune

20 irrégularité dans la fonction de vitesse du moteur.

Le présent agencement fournit un grand domaine de réglage de vitesse avec un fonctionnement souple. la gamme de commande continue est d'environ 0% à 100% du réglage du rapport cyclique correspondant à une vitesse de rotation

25 d'environ 10 tours/minute à environ 200 tours/minute maximum. A proximité du rapport cyclique zéro, les commutateurs de puissance ne deviennent pas totalement conducteurs et fonctionnent d'une manière analogique jusqu'à un rapport cyclique zéro. Les systèmes de réaction impulsion à impul-

30 sion d'un autre côté sont habituellement limités à un réglage du rapport cyclique de 5% à 95% à cause des limitations dans les retards des commutateurs à semiconducteurs de faible coût disponibles et des retards dans la logique de signaux elle-même.

35 L'économie exige normalement que la vitesse de

répétition des impulsions soit supérieure aux limites audibles (20 kHz), mais pas si au-dessus de ces limites audibles qu'il faudrait des commutateurs à transistors à haute fréquence très coûteux. Une limite pratique et économique est
5 d'environ 30 kHz.

Dans les circuits pratiques utilisant des dispositifs NPN, l'onde en dents de scie a une crête positive très précise et un pic inférieur pas trop précis. Ceci est dû au fait que la crête positive est associée au passage à la
10 conduction d'un dispositif alors que la crête négative est associée avec le passage à la non conduction du dispositif. Pour cette raison la modulation à 0 % est associée à la crête positive qui a lieu à environ 2 volts et la modulation à 100 % est associée à la crête négative qui a lieu à la
15 masse, car la modulation uniforme à 0 % est plus critique. Le temps de passage à la commutation englobe toujours la crête positive, le temps de passage à la non conduction la crête négative.

LOGIQUE DIRECTE/INVERSE 149.

20 La logique Directe/Inverse ou logique de commande de sens est sensible au réglage du commutateur direct/inverse S1 couplé à la broche Pl6 sur le circuit intégré et à une diminution réglée de la source B+, effectuée au moyen de la commande murale de vitesse du moteur. Une inversion dans
25 l'état logique de la sortie de 149 provoque une inversion dans la séquence de comptage et une inversion du sens de rotation du moteur.

La logique de commande de sens 149 comprend le transistor Q48, le comparateur COM 7, la porte à hystérésis
30 U113, les bascules D13, D14, D15, les portes OU exclusives U107, U110, et les portes NON/OU U111 et U112. A l'extérieur du circuit intégré, le transistor Q81, les résistances R25, R26, R27, R29 et R30 (mentionnées en liaison avec MLI 148) ; et le commutateur S1 entrent dans le fonctionnement di-
35 rect/inverse.

Le comparateur COM 7, qui est le coeur de la commande, a sa borne d'entrée positive couplée à la broche "REG" P14 et sa borne d'entrée négative couplée à une référence interne (Vref 9) à 2,4 volts. Le potentiel à la broche P14, bien qu'affecté par le réglage du potentiomètre R40, ne changera pas l'état de COM 7. L'état de COM 7 peut être seulement changé par réglage de la commande 105, ce qui affecte l'état de conduction de Q81, comme décrit précédemment.

La borne d'entrée négative de COM 7 est reliée à une référence de tension à laquelle est ajoutée une hystérésis au moment où a lieu la commutation. La connexion d'entrée est faite au drain du transistor à canal P Q47, qui n'est jamais inférieur à 1,8 volts quelles que soient les réductions de B+. Le drain de Q47 est relié via les résistances en série R9, R10 et le transistor Q49 (avec des grilles et drains interconnectés) à la masse. La tension de référence MLI de 1,8 volt apparaissant aux bornes de Q49 est utilisée comme référence pour régler l'amplitude maximum de l'onde en dents de scie. En ajoutant les chutes de tension dans R9 et R10 à ce niveau (1,8 volt) et couplant la tension résultante à la borne d'entrée négative de COM 7, le point de déclenchement pour COM 7 est réglé d'une manière qui assure que l'inversion a toujours lieu en-dessous de la vitesse zéro. Une des deux sorties de COM 7 est reliée via une porte d'inversion à hystérésis U113 à l'entrée C de la bascule D15. L'autre sortie de COM 7 est reliée à la grille du transistor à canal N Q48 de géométrie 500/4 dont le drain et la source sont reliés à une résistance de shuntage R9. Lorsque Q48 devient conducteur lorsque la sortie de COM 7 devient haute à la détection d'une augmentation de la tension en P14 supérieure à Vref 9, il réduit la tension sur Vref 9 d'environ un quart de volt. Ceci introduit une hystérésis qui donne à l'inversion une action plus positive, assurant que seulement une unique inversion a lieu chaque

fois que VREG dépasse Vref 9.

La réduction de B+ est couplée au circuit direct/inverse de la manière suivante. Lorsque la tension B+ est réduite au moyen de la commande murale 105 à un point où
5 Q81 devient conducteur, la tension sur la broche de régulation P14 s'accroît de façon monotone comme représenté à la figure 10C. (On suppose que R40 est réglé à une position maximum dans le sens des aiguilles d'une montre lorsque la commande murale 105 est utilisée). Le réglage de la commande
10 murale 105 au-delà du domaine normal de la commande de MLI conduit à une valeur finale de 1,8 volt. Le réglage au-delà de 1,8 volt produit une crête de tension supérieure à 2,4 volts. Le comparateur COM 7 est réglé pour déclencher la logique/directe inverse à environ 2,4 volts.

15 Le réglage de R40 n'interfère pas avec l'inversion obtenue par la commande 105 et ne produira pas lui-même une inversion de rotation du moteur. Aussi longtemps que Q81 est non conducteur, la tension sur la broche de régulation P14 est déterminée par le réglage du potentiomètre R40 et les
20 résistances R29 et R30. Avec Q81 non conducteur, la configuration règle une tension maximum sur la broche de régulation P14 d'environ 2,2 volts, lorsque la prise sur R40 est à Vdd (et qu'il n'y a pas d'inversion). Les 2,2 volts sont utilisés pour assurer que l'on a atteint la vitesse minimum même
25 dans les plus mauvaises conditions. La valeur minimum de 0 volt apparaît lorsque la prise sur R40 est à la masse. Lorsque le transistor Q81 devient conducteur par une chute convenable de la tension B+ avec le réglage de 205, la tension sur la broche régulée P14 diminuera vers Vdd comme représenté à la figure 10C. le réglage de R40, qui est isolé par les
30 150 kohms de R29, a seulement un léger effet sur la caractéristique de la figure 10C.

En fonctionnement normal, l'opérateur, lorsqu'il est décidé à inverser le sens de rotation du moteur du ventilateur, réduit la commande manuelle à son réglage de vi-
35

tesse le plus bas, ce qui tout d'abord réduit la vitesse à une valeur minimum (callage), et ensuite continue au-delà de ce réglage vers une valeur qui déclenche le comparateur d'inversion COM 7. Comme le réglage est trop bas pour être
5 utilisé, l'opérateur revient au réglage direct pour la vitesse de rotation voulue. De cette manière, la caractéristique de vitesse illustrée à la figure 10C est reproduite au cours soit d'une augmentation de vitesse soit d'une diminution de vitesse.

10 La sortie de U113 est reliée à l'entrée C de la bascule D15. L'entrée R de D15 est reliée à POR 150 (U120). La sortie $\bar{Q}$ de D15 est reliée à l'entrée D de D15, et la sortie D15 Q est reliée à une entrée de la porte OU exclusive U107. L'autre entrée de la porte 107 est reliée à la
15 broche P16 pour l'application via le commutateur à deux directions pôle unique S1, au potentiel Vdd ou de masse du système. le commutateur S1 donne à la mémoire permanente le sens du moteur et détermine le sens de rotation lorsque du courant est pour la première fois appliqué.

20 La sortie de la porte OU exclusive U107 est reliée à l'entrée D de la bascule D13, qui avec la bascule D14, fournit au moins une impulsion de synchronisation de retard avant qu'ait lieu une inversion. La sortie Q de D13 est reliée à l'entrée D de la bascule D14. Le signal SYNC est
25 relié aux entrées C de D13, D14. La porte OU exclusive U110 a une entrée reliée à la sortie de U107 et une entrée reliée à la sortie Q de D14, à partir de laquelle est couplée une entrée de U116 (dans POR 150). La sortie $\bar{Q}$ de D14 est couplée à une entrée de U115 (dans POR 150). La porte NON/OU
30 U111 a une entrée reliée à la sortie de la porte OU exclusive U110, et une entrée reliée à D14Q. La porte NON/OU U112 a une entrée reliée à la sortie de la porte OU exclusive U110 et une entrée couplée à D14 $\bar{Q}$. La sortie de U112, à laquelle apparaît l'onde directe, est couplée à la porte U12 dans le
35 compteur Modulo 6 et après deux inversions successives dans

U12, U7 est couplé non inversé aux portes U42-U47 de la logique de commande. La sortie de la porte NON/OU U111, à laquelle apparaît l'onde Inverse est couplée aux portes U36, U41 dans la logique de commande.

5 L'état de la sortie de la logique Directe/Inverse est défini par l'état de D15, qui à son tour dépend de l'état de COM 7, et du réglage du commutateur S1 relié à la broche P16. Lorsque l'installation est pour la première fois mise en route, D15 est réinitialisé (Q bas) par le POR. Si
10 P16 est relié à la masse par S1 (un logique bas) alors avec deux états bas à l'entrée de U107, un état bas est produit à la sortie de U107. Ceci produit un état bas immédiatement à l'entrée de la porte OU exclusive U 110. Cependant, après un retard de 1 à 2 impulsions de synchronisation, D13 Q et D14
15 Q sont devenus bas. Avec deux états bas à l'entrée de U110, la sortie de U110 devient basse. Ceci oblige U112 (directe) à devenir bas, et U111 (inverse) avec des entrées qui sont reliées à D13 Q et U110 (tous deux bas), à devenir haut, et le fonctionnement en inverse à apparaître.

20 Si le commutateur S1 est réglé haut, D15 Q étant bas, alors la sortie de la porte OU exclusive U107 devient haute, et un état haut est indirectement propagé via D13 Q, D14 Q à la porte OU exclusive U110. La sortie de la porte U110 devient basse après un retard d'au moins une impulsion
25 de synchronisation, et la porte NON/OU U112, avec deux états bas à ses deux entrées devient haute pour le fonctionnement direct.

Le fonctionnement retardé d'au moins une impulsion est obtenu par l'insertion de D13 et D14 dans le trajet de
30 signal en parallèle avec la sortie de U107 ; et l'application du signal retardé et non retardé à la porte OU exclusive U110. Le OU exclusif produit aucun état haut à moins que les deux entrées soient différentes. Ainsi, il agit pour différer la transmission d'un état haut à la porte de sortie
35 U110 jusqu'à ce que les ondes retardées et non retardées

aient atteint la sortie de la porte U110. L'utilisation logique des sorties Q et $\bar{Q}$ des bascules permet au retard d'apparaître avec à la fois un changement vers la rotation en sens inverse et un changement vers la rotation en sens direct.

La logique de commande de sens, 149 produit des signaux de sortie à U111 et U112 pour commander le sens (sens des aiguilles d'une montre/sens contraire des aiguilles d'une montre ; ou Directe/Inverse) de rotation du moteur. L'absence d'un signal de sortie actif de U111 ou U112 empêche toute entrée aux étages d'enroulement. Les sorties actives (hautes) pour U111 (inverse) et U112 (directe) ne coexistent jamais, et une interruption suffisamment longue apparaît pour protéger les commutateurs à semiconducteurs 122-4 après qu'un état actif se soit achevé, avant que l'autre état actif ne débute.

Les ondes directe et inverse ont été illustrées parmi les ondes de la figure 3 et prennent un état logique haut ou bas. Les connexions de la sortie de la logique Directe/Inverse 149 sont faites au compteur de commutation pour inverser la séquence de comptage dans le compteur (U8, U9, U20, U21) comme décrit précédemment, et à la logique de commande pour choisir les "décodeurs" directs (U42-U47) ou inverses (U36-U41) pour obtenir la séquence de commutation correcte dans les dispositifs pilotes de sortie 146.

REINITIALISATION MISE EN ROUTE 150

La Réinitialisation Mise en route ou circuit de protection 150 détecte Vdd lorsqu'elle s'accroît après que le courant ait été appliqué pour la première fois (c'est-à-dire "Mise en route") et maintient certaines parties de la logique dans un état initial (c'est-à-dire "Réinitialisation") jusqu'à l'apparition d'une tension Vdd suffisante pour donner l'assurance que cette logique est validée. Il effectue une fonction similaire après que le courant soit coupé. Lorsque le courant est appliqué, il dicte également

le fonctionnement initial, qui est l'annulation de l'amplificateur 141 avant qu'il soit utilisé pour la synchronisation de l'intégration.

En outre, le POR 150 empêche l'application de
5 courant aux enroulements du moteur jusqu'à ce que d'autres parties du circuit intégré de commande ait été proprement initialisées et soient prêtes à effectuer les fonctions de commande normales. Le présent circuit POR effectue ses fonctions avec l'addition d'une broche externe, et ne nécessite
10 pas de prévoir un condensateur supplémentaire. Les parties analogiques et numériques du circuit POR 150 sont illustrées à la figure 11A. Les tensions d'entrée au comparateur (COM 8 du POR), illustrant le fonctionnement du POR en réponse à l'accroissement de Vdd lors de la mise en route, sont illustrées à la figure 11B. Les ondes dérivées de POR 150 sont
15 représentées aux figures 3, 12A et 12B.

La Réinitialisation Mise en route 150 maintient un état initial de réinitialisation au moyen de l'onde $\overline{\text{POR}}$ sensible à la valeur instantanée de la tension Vdd. L'onde
20 $\overline{\text{POR}}$ devient inactive lorsque la tension Vdd dépasse le seuil voulu (c'est-à-dire 7 volts). L'onde $\overline{\text{POR}}$ est couplée aux entrées de mise à un des bascules D16, D17 du réseau de comparaison 142 ; aux entrées de réinitialisation des bascules D1, D2 et D3 (assurant un état initial 000) dans le
25 compteur de commutation ; et aux entrées de réinitialisation de D15 de la logique Directe/Inverse 149, assurant un retour à l'état (directe ou inverse) établi par la position de S1. La sortie D17 q est couplée via U 92 à D7, et D7 $\overline{\text{Q}}$ ouvre la porte U85, débranchant l'amplificateur 141 du condensateur
30 C5. Lorsque l'amplificateur est rebranché après annulation, un courant important (6 microampères) (IST) est injecté dans (R4A-D) de l'amplificateur d'intégration dans un sens provoquant une décharge du condensateur C5, via la porte U85, en-dessous du seuil du comparateur COM 2 (3 volts). Ce cou-
35 rant, qui est interrompu pendant chacune de quatre annula-

tions successives, empêche l'amplificateur de "rester" dans un état saturé de Vdd lors de la mise en route, mais n'est pas si grand qu'il interfère avec la réinitialisation du condensateur C5. La partie de détection de Vdd du circuit

5 POR 150 comprend les transistors Q52-Q59, le comparateur COM 8 et la porte de non inversion à hystérésis U120. La borne positive du comparateur est reliée à un premier circuit série comprenant la diode D1 et les transistors à canal-N Q58 et Q59. La borne négative du comparateur COM 8 est reliée

10 à un second circuit série comprenant les transistors à canal-P Q52-Q57.

Dans le premier circuit séries, l'anode de D1 est reliée à la source des potentiels Vdd et la cathode est reliée à la grille et au drain du transistor à canal-N Q58

15 de géométrie 500/4. La source et le corps de Q58 sont reliés ensemble et au drain du transistor à canal-N Q59 de géométrie 4/40. Ces trois connexions sont interconnectées à la borne d'entrée positive du comparateur COM 8. La source de Q59 est reliée à la masse du circuit intégré. La grille de

20 Q59 est reliée à la source de Vdd. Les connexions précédentes appliquent un potentiel à la borne d'entrée positive du comparateur COM 8 qui est égale à la tension Vdd instantanée moins une constante, qui est égale à la chute de tension dans la diode D1 et la chute dans Q58. C'est approximative-

25 ment 1,4 volt.

La borne d'entrée négative du comparateur COM 8 est reliée à un second circuit série dans lequel la pente est une fraction fixe ($K - 1$) de la tension Vdd et qui présente une hystérésis pour assurer un fonctionnement positif

30 du POR. En particulier, le transistor à canal-P Q52 de géométrie 10/6 a son drain relié à la source du transistor Q54. Le transistor à canal-P Q54 de géométrie 100/4 a son drain relié à la source de Q55. Le transistor à canal-P Q55 de géométrie 25/4 a sa grille et son drain réunis, et les deux

35 électrodes sont reliées à la source de Q56. Le transistor à

canal-P Q56 de géométrie 25/4 a sa grille et son drain réunis et les deux électrodes sont reliées à la source de Q57. Le transistor à canal-P Q57 de géométrie 25/4 a sa grille et son drain reliés à la masse du circuit intégré. Le transistor à canal-P Q53 de géométrie 20/6 a sa source reliée à Vdd. La grille et le drain de Q53 sont réunis et reliés à la grille de Q52, au drain de Q54 et à la borne d'entrée négative de COM 8. La borne de sortie de COM 8 est reliée à la grille de Q54 pour effectuer une hystérésis.

La borne de sortie du comparateur COM 8 est reliée à la borne d'entrée de la porte de non inversion à hystérésis U120. L'onde de sortie de POR est dérivée de la sortie de U120.

Lors de l'excitation, la sortie du comparateur COM 8 arrive à une valeur logique "basse" une fois que Vdd est de plusieurs volts supérieurs, et reste ainsi jusqu'à ce que le point de déclenchement apparaisse (à un Vdd d'environ 7 volts).

Comme le montre la figure 11B, le point de déclenchement du comparateur COM 8 apparaît lorsque les tensions à ses bornes d'entrée négative et positive se coupent. A ce point, l'onde $\overline{\text{POR}}$ passe à un état haut inactif. La tension de cette intersection est conçue pour être à un niveau qui permet à la logique dans le circuit numérique du circuit intégré de devenir valide et à la circuiterie analogique, en particulier celle inclus dans l'annulation, à devenir fonctionnelle. Cette tension est réglée à environ 7 volts pour une variation montante dans Vdd et 6,5 volts pour une variation descendante dans Vdd par suite de l'hystérésis prévue.

Le point de déclenchement précédent est déterminé par deux variables indépendantes caractérisant les circuits séries associés aux bornes d'entrée positive et négative, respectivement, du comparateur COM 8. La première est la correction de tension fournie par la diode D1 et Q58 dans le premier circuit série à la borne d'entrée positive du compa-

rateur, en supposant que la pente de la tension d'entrée résultante est unitaire en fonction de Vdd. La seconde variable indépendante est le rapport de division de tension du second circuit série, qui est couplé à la borne d'entrée négative du comparateur COM 8 et qui est supposé agir comme un simple diviseur de tension résistif. La fraction K a une valeur de 0,8 pour un segment à environ 7 volts. Ces valeurs sont approximatives et peuvent varier de manière appréciable.

L'hystérésis est fournie par la connexion de sortie du COM 8 à la grille de Q54. Si la sortie de COM 8 est basse, Q54 est conducteur, et pareillement, Q52 en série avec lui est conducteur. Ainsi, du courant est fourni aux transistors Q55, Q56 et Q57 via les deux transistors Q52 et Q54 suivant un trajet et Q53 dans l'autre trajet. Lorsque la sortie de COM 8 devient haute, alors Q54 et Q52 sont invalidés pour conduire du courant en parallèle avec Q53, et la tension à l'entrée négative de COM 8 tombe de 5,53 à 5,41, ou 120 millivolts, impliquant une conductance plus faible. Le changement dans le seuil de Vdd est d'environ 1/2 volt et assure une commutation positive.

La circuiterie de sortie du circuit POR 150 répond à la fois à l'état de Vdd tel que détecté au comparateur COM 8 et à l'état des autres circuits sur le circuit intégré qui sont obligés de passer par une série préliminaire de commutations simulées par le POR. La circuiterie de sortie du POR se compose de la bascule SR U118, U119, de la porte NON/OU U86, des trois portes NON/OU U115, U116, U117 et des transistors Q69 et S9. La durée de comptage de cinq commutations des ondes IST et de démarrage I de POR est pilotée à partir d'une connexion de U115, U116 à U25, U29 du compteur de commutation 144. La connexion de U118, U119 à U86, et U86 à D7Q du circuit d'auto-annulation 143 oblige l'onde IST à être retardée jusqu'après la première annulation, et interrompue pour les quatre annulations suivantes. Le circuit est comme suit.

La bascule SR se compose de deux portes NON/ET à deux bornes U118 et U119 dont l'entrée $\bar{R}$ est sensible au compteur Modulo 6 et à la logique Directe/Inverse, et l'entrée $\bar{S}$ est sensible à l'état de Vdd (COM 8, U120). Les sorties des deux portes NON/OU U115 et U116 sont reliées à l'entrée de la porte NON/OU à deux entrées U117. Une entrée de la porte NON/OU à deux entrées U115 est reliée à la sortie $\overline{CS5}$ du compteur Modulo 6 et l'autre entrée de U115 est reliée à D14 $\bar{Q}$ de la logique Directe/Inverse. Une entrée de la porte NON/OU à deux entrées U116 est reliée au compteur Modulo 6 pour l'application de l'onde $\overline{CS1}$. L'autre entrée de U116 est reliée à la sortie D14 Q de la logique Directe/Inverse. Les deux sorties des portes NON/OU U115 et U116 sont reliées aux deux entrées respectives de la porte NON/OU U117. La sortie de U117 est reliée à l'entrée $\bar{R}$ de la bascule. L'entrée de mise à un ($\bar{S}$) de la bascule à l'entrée de U119 est reliée à la sortie de la porte à hystérésis U120.

Les portes NON/ET U118 et U119 ont des sorties croisées, dont une ($\bar{Q}$) est reliée à une entrée de U86, et aux dispositifs pilotes de sortie 146. La sortie Q de la bascule apparaissant à la sortie de U119 est couplée à l'autre entrée de U118. La sortie $\bar{Q}$ de la bascule apparaissant à la sortie de U118 est reliée à l'autre entrée de U119. Le $\bar{Q}$ de la bascule est ensuite relié à une entrée de la porte NON/OU à deux entrées U86. L'autre entrée de U86 est reliée à D7 $\bar{Q}$ dans le circuit d'auto-annulation 143 pour l'application de l'onde de Sortie d'Annulation. La sortie de la porte NON/OU U86 est couplée à la grille du transistor à canal-N S9 dont la source est reliée à la résistance R4A-D dans le circuit d'auto-annulation. Le drain de S9 est relié au drain du transistor à canal-P Q69 dont la source est reliée à Vdd et dont la grille est reliée à Vref 8 dans le circuit d'auto-annulation.

La conduction du commutateur S9 permet le passage d'un courant de 6 microampères de la source de courant Q69 à

R4A-D. Le transistor Q69 est un transistor à canal-P de géométrie 45/12 qui a sa source reliée à Vdd et son drain relié au drain du commutateur à transistor S9. Le commutateur à transistor S9, un dispositif à canal-N de géométrie 45/4, a sa source reliée à la borne supérieure de R4A-D pour renvoi à la masse du circuit intégré. La grille de S9 est reliée à la sortie de U86. La grille de Q69 est reliée à la référence de tension Vref 8 dans le circuit d'auto-annulation, qui est réglée pour fournir un courant de 6 microampères (IST) à la résistance R4A-D dans le circuit d'auto-annulation. Le courant (IST) provoque l'apparition d'un courant négatif de sortie de la même valeur à la sortie de l'amplificateur d'intégration et assure la décharge du condensateur C5, si il y avait une tendance de l'amplificateur 141 à demeurer à une saturation positive durant cette période de démarrage.

L'ensemble du processus de Réinitialisation mise en route a lieu de la façon suivante. Les ondes de plus grande signification sont celles de la figure 12B. La sortie du comparateur COM 8 est supposée basse immédiatement (et active en même temps que tout autre circuit protégé) lors de l'application du courant. La sortie de U120 dont l'entrée est couplée à COM 8, reste basse, et l'onde $\overline{POR}$ est dans son état actif bas maintenant le réseau de comparaison 142 au compteur Modulo 6,144 et la logique Directe/Inverse 149 dans les états initiaux appropriés. Plus particulièrement, les bascules D16 et D17 du réseau de comparaison 142 sont mises à 1 (Q haut) fournissant un signal de commutation "faux" obligeant l'onde de Réinitialisation et l'onde de Synchronisation d'Annulation à être haute. Les bascules D1, D2, D3 du compteur Modulo 6,144 qui sont réinitialisées à l'état 000 (Qs bas) et la bascule D5 de la logique Directe/Inverse 149 sont renvoyées à un état correspondant au réglage du commutateur Direct/Inverse S1.

Une autre conséquence d'un état bas valide à la

sortie du comparateur COM 8 est que les dispositifs pilotes de sortie 146 sont immédiatement invalidés après la mise en route. Cette condition suppose que l'entrée $\overline{S}$ de U119 est basse, la bascule (U118, 119) est "mise à un" (sortie $\overline{Q}$ basse). La sortie $\overline{Q}$ basse de la bascule applique un état bas aux dispositifs pilotes de sortie inférieurs BOBA, BOBB et BOBC dans 146, empêchant l'excitation des étages d'enroulements du moteur. ces dispositifs pilotes restent invalidés aussi longtemps que la bascule (U118, U119) est à un.

10 Une autre conséquence d'un état bas à la sortie de COM 8 est que un courant de correction négatif IST est appliqué à R4A-D dans le circuit d'auto-annulation, ce qui a pour but de faciliter la décharge du condensateur C5 par l'amplificateur d'intégration en dessous du seuil de 3 volts
15 du comparateur COM 2 lorsqu'il est relié par U85 pour réinitialiser et charger le condensateur C5. La sortie $\overline{Q}$ basse du seuil de la bascule (U118, U119 est également couplée à une entrée de la porte NON/OU U86, qui a un état haut dû à l'onde de sortie d'annulation sur l'autre entrée. La sortie de
20 U86 est par conséquent basse, obligeant le commutateur à transistor S9 à rester couplé jusqu'à la fin des périodes d'auto-annulation initiales, (et les quatre suivantes). La période d'auto-annulation est définie comme l' intervalle entre le moment où l'onde de synchronisation d'annulation
25 devient haute (à l'application du courant) et lorsque l'onde de sortie d'annulation devient basse.

Durant la poursuite de l'état actif bas de l'onde $\overline{POR}$, les états indiqués ci-dessus sont maintenus. En outre, le condensateur C5, qui influence l'état des comparateurs
30 COM 1, COM 2 et COM 3, est normalement déchargé au démarrage de l'excitation, et a peu de chance de se charger de façon significative pendant la durée de l'état actif bas de l'onde $\overline{POR}$. Pendant ce temps, le condensateur C5 est débranché de la sortie de l'amplificateur car U85 est ouvert à cause de
35 l'état haut de l'onde de Sortie d'Annulation. Aussitôt que

Vdd dépasse 4 ou 5 volts et que l'amplificateur est actif, sa sortie oscillera vers la limite de saturation positive car le circuit d'auto-annulation fournit maintenant son courant de correction positif maximum (IST est coupé). Ceci
 5 obligera l'Etablissement d'Annulation à devenir bas jusqu'après que $\overline{POR}$ soit devenu haut et qu'une annulation soit détectée.

Lorsque l'onde $\overline{POR}$ prend un état inactif haut, les mises à un et réinitialisations forcées sont supprimées et
 10 les circuits du compteur Modulo 6 et d'auto-annulation sont libres de fonctionner d'une manière répétitive plus classique pour les quatre périodes suivantes.

Une fois terminée la période initiale d'auto-annulation (Sortie Annulation basse), S9 devient conducteur
 15 fournissant du courant IST à R4A-D. En ce qui concerne le compteur Modulo 6, l'onde $\overline{CS5}$ subit un traitement NON/OU (U115) avec la sortie D14 $\overline{Q}$ de la logique Directe/Inverse, qui est haute dans le sens inverse, invalidant U115. L'onde $\overline{CS1}$ subit un traitement NON/OU (U 116) avec la sortie D14 Q.
 20 Si la logique Directe/Inverse fonctionne dans le sens direct, alors D14 $\overline{Q}$ est haut, invalidant U116. Si la logique Directe/Inverse fonctionne dans un sens inverse, alors D14 $\overline{Q}$ est haut, U115 est invalidé et U116 est validé. Initialement, $\overline{CS0}$ est actif et $\overline{CS5}$ devient haut. Ceci est vrai pen-
 25 dant cinq comptes, jusqu'à ce que $\overline{CS5}$ devienne bas. Lorsque $\overline{CS5}$ devient bas, la sortie de U115 devient haute, forçant la sortie de U117 à un état bas, réinitialisant la bascule U118, U119, coupant le courant IST.

L'addition de IST assure que le courant de correc-
 30 tion de l'amplificateur reste négatif pendant le temps avant que Vdd se soit stabilisé. L'onde de sortie POR similaire de démarrage I, qui dure pendant un compte de cinq commutations, mais n'est pas interrompue pendant l'annulation, est couplée pour empêcher l'application de courant au moteur
 35 jusqu'à ce que cinq commutations aient eu lieu.

Le circuit de protection donne les cinq comptes du circuit d'auto-annulation pour stabiliser, et assurer un courant d'intégration adéquat (négatif) pour décharger le condensateur de synchronisation C5 si l'amplificateur dérivait vers la saturation pendant cet intervalle.

Le circuit de protection agit pour le compte du circuit de commande, et les commutateurs de puissance, et comme noté précédemment, fonctionne à la fois pendant la montée et la descente en puissance.

Lors de l'application de courant (POR actif) l'amplificateur 141 est débranché du condensateur d'intégration C5, du fait de l'état haut sur D7 Q. L'annulation de l'amplificateur est initiée lorsque le POR passe à un état inactif. Après annulation, l'amplificateur est branché pour la première fois à C5. Le circuit assurera donc que l'annulation aura lieu lorsque POR devient inactif et que l'amplificateur ne pourra pas affecter la synchronisation tant qu'il n'a pas été annulé.

On a utilisé principalement l'invention avec des connexions neutres disponibles depuis les étages d'enroulements du moteur. La connexion neutre disponible n'est pas obligatoire cependant, et un neutre synthétique peut être utilisé à la place. En général, les exigences de neutre synthétique sont que la commutation ait lieu en accord avec les séquences d'excitation des étages d'enroulements, et qu'une matrice de résistances ou de réactances soit substituée aux enroulements réels. Le neutre synthétique ne devrait pas dégrader le système et doit répondre au même niveau de précision que d'autres éléments du système.

Le circuit de commande de moteur décrit ici utilisant un amplificateur à transconductance périodiquement équilibré répondant à la force contre-électromotrice d'un étage d'enroulement non-excité pour la synchronisation de commutation d'un MCE ne doit pas être restreint à l'exemple illustré. L'invention n'est pas restreinte aux conceptions à

vitesse variable ni aux gammes de vitesse inférieures caractéristiques du fonctionnement du ventilateur de plafond. L'annulation peut s'effectuer à des vitesses de synchronisation plus grandes, dans des temps plus courts pour satisfaire à des exigences de vitesse de rotation.

5 L'amplificateur à transconductance avec une dégénération répartie intensive et d'auto-équilibrage, convient particulièrement à un circuit de commande de moteur à intégration maximale, en ce qu'il place un minimum d'exigence
10 sur des composants externes et des résistances de précisions externes, et a une dissipation de puissance extrêmement faible. La dissipation de puissance sur le circuit intégré est typiquement de 18 milliwatts et sur le circuit de commande est typiquement de 0,3 à 1 watt. Le circuit de commande
15 de de moteur résultant représente donc une amélioration notable dans la performance par rapport aux circuits électroniques de commutation non intégrés de l'art antérieur et le fait avec une diminution notable du coût.

REVENDEICATIONS

1. Circuit intégré (121) pour un circuit de commande d'un moteur à commutation électronique (102) agencé pour être alimenté par une source de courant, ce moteur comportant
5 un ensemble d'enroulements à étages multiples (120) avec une connexion neutre (128), et un montage magnétique, tous deux agencés pour une rotation mutuelle relative, ce moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation à états multiples ayant un étage d'enroulements non excité et au moins un étage
10 d'enroulements excité dans le sens approprié pour provoquer la rotation relative, circuit intégré caractérisé en ce qu'il comprend :

- des bornes d'entrée (P2-P5) pour la connexion aux étages d'enroulements et à la connexion neutre (128) du mo-
15 teur ou équivalent pour dériver la force contre-électromotrice induite dans des étages d'enroulements non excités successifs ;

- un moyen de commutation d'entrée (140) relié à ces bornes d'entrée pour choisir un étage d'enroulements non
20 excité pour la dérivation différentielle de la force contre-électromotrice induite, ce moyen de commutation d'entrée étant sensible à un signal de sélection de l'étage d'enroulement non-excité ;

- un moyen d'amplification différentiel à transconductance à deux entrées (141), la force contre-électromotrice différentiellement dérivée choisie étant couplée entre les
25 deux entrées (150, 151) de ce moyen d'amplification (141) pour la conversion en un courant correspondant ;

- une borne (P1) pour relier la sortie du moyen
30 l'amplification à un moyen d'intégration capacitif (C5), la tension apparaissant à cette borne étant grandement proportionnelle à l'intégrale de la force contreélectromotrice différentiellement dérivée choisie ;

- un moyen de comparaison de synchronisation (142)
35 pour comparer la tension du moyen d'intégration (C5) à une

valeur convenable de commutation, et lors de la détection de l'égalité engendrer un signal de commutation à l'instant pour la commutation ;

5 - des moyens logiques de commande (144, 145) pour engendrer des signaux de sélection d'étage d'enroulements pour le fonctionnement du moteur suivant une séquence d'excitation à états multiples ayant un état d'excitation du moteur, dans chacun desquels un signal est engendré pour choisir un étage d'enroulements non excité pour détecter la force
10 contre-électromotrice induite, et un signal est engendré pour choisir au moins un étage d'enroulements pour l'excitation, l'état d'excitation du moteur changeant en réponse au signal des synchronisation à l'instant pour la commutation à l'état suivant dans une séquence ; et

15 - des bornes de sortie (P7-P12) pour coupler ces signaux d'excitation des étages d'enroulements à un ensemble de moyens de commutation de puissance (122, 123, 124) pour l'excitation appropriée des étages d'enroulement dans cette séquence à états multiples.

20 2. Circuit intégré selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens logiques de commande comprennent un moyen de comptage (144) ayant un compte pour chacun des (m) états de la séquence d'excitation du moteur (par exemple, 0-1 ; 1-2 ; 2-3 ; ... (m-1)-m ; m-0, 0-1, etc.) ; et à une
25 vitesse constante de rotation allouent le même temps pour chaque compte dans une séquence répétitive ; et en ce que les signaux de sélection des étages d'enroulements sont dérivés des états de ce moyen de comptage.

30 3. Circuit intégré selon la revendication 2, caractérisé en ce que le moyen de comptage (144) comprend un nombre minimum de bascules (D1, D2, D3) pour définir m états de ce moyen de comptage, ces bascules étant des bascules déclenchées par des bords de sens positif (ou négatif) ; et en ce que les bascules sont synchronisées simultanément par une
35 impulsion commune à chaque changement d'état d'excitation du

moteur pour la précision de la synchronisation.

4. Circuit intégré selon la revendication 3, caractérisé en ce que les bascules (D1, D2, D3) sont synchronisées par ce signal de synchronisation, la durée de ce signal de synchronisation étant longue par rapport aux retards de propagation dans ces moyens logiques de commande.

5. Circuit intégré selon la revendication 3, caractérisé en ce que les moyens logiques de commande (144, 145) comprennent un premier rang de portes (U24-U29) reliées aux sorties des bascules (D1, D2, D3) pour dériver les signaux pour le choix de l'étage d'enroulements non excité.

6. Circuit intégré selon la revendication 5, caractérisé en ce que les signaux des moyens logiques pour la sélection de l'étage d'enroulements non excité sont une première succession d'impulsions d'égale durée, ayant une période active égale à la durée d'un état dans la séquence d'excitation du moteur.

7. Circuit intégré selon la revendication 6, caractérisé en ce que le moyen de commutation d'entrée (140) consiste en une ensemble de m portes d'entrée (U73-U78), et en ce que le premier rang de portes (U24-U29) se compose de m éléments, à la sortie desquels apparaît un signal de choix de l'étage d'enroulements non excité, ces sorties des portes du premier rang étant séparément reliées aux portes d'entrée pour le choix de l'étage d'enroulements non excité.

8. Circuit intégré selon la revendication 3, caractérisé en ce que les moyens logiques de commande (144, 145) comprennent un premier rang de portes (U24-U29) reliées aux sorties des bascules (D1, D2, D3) pour dériver les signaux pour le choix de l'étage d'enroulements non excité, et un second rang de portes (U30, U35) reliées aux sorties du premier rang de porte pour dériver des signaux de sélection des étages d'enroulements excités.

9. Circuit intégré selon la revendication 8, caractérisé en ce que le moteur a trois étages d'enroulement (A,

B, C) et il y a 6 états d'excitation du moteur (c'est-à-dire, $m = 6$) et en ce que les signaux de sélection des étages d'enroulements excités sont une seconde succession d'impulsions d'égale durée, ayant une période active égale à la durée de deux états d'excitation du moteur, dans cette séquence à états multiples.

10. Circuit intégré selon la revendication 9, caractérisé en ce que le premier rang de portes (U24-U29) comprend 6 éléments, les sorties des portes de ce premier rang étant séparément reliées aux entrées des portes du second rang (U30-U35) pour dériver cette seconde succession d'impulsions de durée double, cette seconde succession apparaissant en une séquence à recouvrement (par exemple 0+1 ; 1+2 ; 3+4 ; 4+5 ; 5+0, etc...).

15 11. Circuit intégré (121) pour un circuit de commande d'un moteur réversible à commutation électronique (102) agencé pour être alimenté par une source de courant, ce moteur comprenant un ensemble d'enroulements à étages multiples avec une connexion neutre (128), et un ensemble magnétique, 20 les deux agencés pour une rotation relative mutuelle, ce moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation à états multiples ayant un étage d'enroulements non excité et au moins un étage d'enroulements excité dans le sens approprié pour provoquer la rotation relative, circuit intégré caractérisé en ce qu'il comprend :

25 - des bornes d'entrée (P2-P5) pour la connexion aux étages d'enroulements et à la connexion neutre (128) du moteur ou équivalent pour dériver la force contre-électromotrice induite dans des étages d'enroulements non excités successifs ;

30 - un moyen de commutation d'entrée (140) relié à ces bornes d'entrée pour choisir un étage d'enroulements non excité pour la dérivation différentielle de la force contre-électromotrice induite, ce moyen de commutation d'entrée 35 étant sensible à un signal de sélection de l'étage d'enroule-

ments non-excité ;

- un moyen d'amplification différentiel à transconductance à deux entrées (141), la force contre-électromotrice différentiellement dérivée choisie étant couplée entre les
5 deux entrées (150, 151) de ce moyen d'amplification (141) pour la conversion en un courant correspondant ;

- une borne (P1) pour relier la sortie du moyen d'amplification à un moyen d'intégration capacitif (C5), la tension apparaissant à cette borne étant grandement propor-
10 tionnelle à l'intégrale de la force contre-électromotrice différentiellement dérivée choisie ;

- un moyen de comparaison de synchronisation (142) pour comparer la tension du moyen d'intégration (C5) à une valeur convenable pour la commutation, et lors de la détec-
15 tion de l'égalité engendrer un signal de commutation à l'instant pour la commutation ;

- des moyens logiques de commande (144, 145) pour engendrer des signaux de sélection d'étage d'enroulements pour le fonctionnement du moteur suivant une première séquen-
20 ce d'excitation à états multiples ayant un état d'excitation du moteur pour la rotation du moteur dans le sens direct 1 et dans une seconde séquence d'excitation à états multiples ayant un état d'excitation pour la rotation en sens inverse du moteur, dans chaque état desquelles un signal est engendré
25 pour choisir un étage d'enroulements non excité pour détecter la force contre-électromotrice induite, et un signal est engendré pour choisir au moins un étage d'enroulements pour l'excitation, l'état d'excitation du moteur changeant en réponse au signal des synchronisation à l'instant pour la
30 commutation à l'état suivant dans la séquence ; ces moyens logiques de commande étant sensibles à un signal de sens pour le choix de la première ou de la seconde séquence d'excitation et

- des bornes de sortie (P7-P12) pour coupler ces
35 signaux d'excitation des étages d'enroulements à un ensemble

de moyens de commutation de puissance (122, 123, 124) pour l'excitation appropriée des étages d'enroulements dans cette séquence à états multiples.

12. Circuit intégré selon la revendication 11, caractérisé en ce que les moyens logiques de commande comprennent un moyen de comptage bidirectionnel (144) ayant un compte pour chacun des (m) états de la séquence d'excitation du moteur (par exemple, 0-1 ; 1-2 ; 2-3 ; ... (m-1)-m ; m-0, 0-1, etc. dans le compte direct, ou 0-m; m-(m-1); 3-2; 2-1; 1-0; 0-m; etc. dans le compte inverse) ; et à une vitesse constante de rotation allouent le même temps pour chaque compte dans une séquence répétitive que le compte soit direct ou inverse ainsi que durant une modification de comptage de direct à inverse; et en ce que les signaux de sélection des étages d'enroulements sont dérivés des états de ce moyen de comptage.

13. Circuit intégré selon la revendication 12, caractérisé en ce que le moyen de comptage bidirectionnel (144) comprend un nombre minimum de bascules (D1, D2, D3) pour définir m états de ce moyen de comptage pour un comptage direct et inverse, ces bascules étant des bascules déclenchées par les bords de sens positif (ou négatif) ; et en ce que les bascules sont synchronisées simultanément par une impulsion commune à chaque changement d'état d'excitation du moteur pour la précision de la synchronisation.

14. Circuit intégré selon la revendication 13, caractérisé en ce que les bascules (D1, D2, D3) sont synchronisées par ce signal de synchronisation, la durée de ce signal de synchronisation étant longue par rapport aux retards de propagation dans ces moyens logiques de commande.

15. Circuit intégré selon la revendication 13, caractérisé en ce que les moyens logiques de commande (144, 145) comprennent un premier rang de portes (U24-U29) reliées aux sorties des bascules (D1, D2, D3) pour dériver les signaux de sélection de l'étage d'enroulements non excité.

16. Circuit intégré selon la revendication 15, caractérisé en ce que les signaux des moyens logiques de commande pour la sélection de l'étage d'enroulements non excité sont une première succession d'impulsions d'égale
5 durée, ayant une période active égale à la durée d'un état dans la séquence d'excitation du moteur.

17. Circuit intégré selon la revendication 16, caractérisé en ce que le moyen de commutation d'entrée (140) consiste en une ensemble de m portes d'entrée (U73-U78), et
10 en ce que le premier rang de portes (U24-U29) se compose de m éléments, à la sortie desquels apparaît un signal de sélection de l'étage d'enroulements non excité, ces sorties des portes du premier rang étant reliées séparément aux portes d'entrée pour la sélection de l'étage d'enroulements non
15 excité.

18. Circuit intégré selon la revendication 13, caractérisé en ce que les moyens logiques de commande comprennent un premier rang de portes (U24-U29) reliées aux sorties des bascules (D1, D2, D3) et un second rang de portes
20 (U30, U35) reliées aux sorties du premier rang de portes pour dériver des signaux de sélection des étages d'enroulement excités.

19. Circuit intégré selon la revendication 13, caractérisé en ce que le moteur a trois étages d'enroulement
25 (A, B, C) et il y a 6 états d'excitation du moteur (c'est-à-dire, $m = 6$) et en ce que les signaux de sélection des étages d'enroulement excités sont une seconde succession d'impulsions d'égale durée, ayant une période active égale à la durée de deux états d'excitation du moteur, dans cette sé-
30 quence à états multiples.

20. Circuit intégré selon la revendication 19, caractérisé en ce que le premier rang de portes (U24-U29) comprend 6 éléments, les sorties des portes de ce premier rang étant séparément reliées aux entrées des portes du se-
35 cond rang (U30-U35) pour dériver cette seconde succession

d'impulsions de durée double, cette seconde succession apparaissant en une première séquence à recouvrement (par exemple 0+1 ; 1+2 ; 3+4 ; 4+5 ; 5+0, etc...) pour la rotation du moteur dans le sens direct ou en une seconde séquence à recouvrement pour la rotation en sens inverse du moteur.

21. Circuit intégré selon la revendication 20, caractérisé en ce que les éléments du premier rang de portes (U24-U29) sont des portes à trois entrées, et les éléments du second rang de portes (U30-U35) sont des portes à 2 entrées.

22 Circuit intégré selon la revendication 13 caractérisé en ce que les moyens logiques de commande (144, 145) comprennent un premier rang de portes (U24 - U29) reliées aux sorties des bascules (D1, D2, D3) et un second rang de portes (U30 - U35) reliées aux sorties du premier rang de portes, les sorties des portes du premier rang (U24 - U29) fournissant des signaux pour la sélection de l'étage d'enroulements non excité, et les sorties des portes du deuxième rang (U30-U35) fournissant des signaux pour la sélection des étages d'enroulements excités.

23. Circuit intégré selon la revendication 22, caractérisé en ce que le moteur a trois étages d'enroulements (A, B, C), et il y a 6 états d'excitation du moteur (c'est-à-dire, $m = 6$), et les signaux de moyens logiques pour la sélection de l'étage d'enroulements non excité sont une première succession d'impulsions d'égale durée, ayant une période active égale à la durée d'un état dans la séquence d'excitation du moteur et les signaux de sélection des étages d'enroulements excités sont une seconde succession d'impulsions d'égale durée, ayant une période active égale à la durée de deux états d'excitation du moteur, dans cette séquence à états multiples.

24. Circuit intégré selon la revendication 23 caractérisé en ce que le moyen de commutation d'entrée (140) est un sextuple ensemble de portes d'entrée (U73 - U78), et en ce que le premier rang de portes (U24 - U29) des moyens

logiques de commande se composent de 6 éléments, les sorties des portes de ce premier rang étant séparément reliées aux portes d'entrée (U73 - U78) pour la sélection de l'étage d'enroulements non excité, et les sorties de ces portes du premier rang (U24 - U29) étant séparément reliées aux entrées des portes du second rang (U30 - U35) pour dériver la seconde succession d'impulsions de durée double, cette seconde succession apparaissant dans une première séquence à recouvrement (par exemple $0 + 1$; $1 + 2$; $3 + 4$; $4 + 5$; $5 + 0$; etc.) pour la rotation du moteur dans le sens direct, ou dans une seconde séquence à recouvrement pour la rotation du moteur en sens inverse.

25. Circuit intégré selon la revendication 24 caractérisé en ce que les moyens logiques de commande comprennent un sextuple ensemble de portes (U48 - U53) sensibles au signal de commande de sens, pour fournir des signaux d'excitation d'étage d'enroulements soit dans la première soit dans la seconde séquence d'excitation aux bornes de sortie (P7 - P12).

26. Circuit intégré selon la revendication 25 caractérisé en ce que les moyens logiques de commande comprennent un moyen (U15 - U16) sensible à un signal de commande d'énergie sous une forme incluant des impulsions périodiques modulées en largeur d'impulsion (MLI) ayant une fréquence de répétition qui est élevée par rapport à la fréquence de commutation, pour la modification des signaux d'excitation fournis aux bornes de sortie (P7 - P12) pour commander l'excitation des étages d'enroulements suivant les séquences d'excitation.

27. Circuit intégré (121) pour un circuit de commande d'un moteur réversible à commutation électronique agencé pour être alimenté par une source de courant, ce moteur ayant un ensemble de trois étages d'enroulements (A, B, C) avec une connexion neutre (128), et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation mutuelle relative, ce

moteur dans un état donné d'une séquence de six états d'excitation provoquant la rotation relative, ayant un premier étage d'enroulements excité dans un sens, un second étage d'enroulements excité dans un sens opposé et relié en série
5 avec le premier étage d'enroulements et un troisième étage d'enroulements non excité, circuit intégré caractérisé en ce qu'il comprend :

- des bornes d'entrée (P2 - P5) pour la connexion aux étages d'enroulements (A, B, C) et à la connexion neutre
10 (128) du moteur ou l'équivalent pour dériver la force contre-électromotrice induite dans des étages d'enroulements non excités successifs ;

- un moyen de commutation d'entrée (140) pour sélectionner un étage d'enroulements non excité pour la dériva-
15 tion différentielle de la force contre-électromotrice induite, ce moyen de commutation d'entrée étant sensible à un signal de sélection d'étage d'enroulements non excité ;

- un moyen d'amplification à transconductance à deux entrées (141), la force contre-électromotrice différen-
20 tiellement dérivée choisie étant couplée entre les deux entrées (150, 151) de ce moyen d'amplification (141) pour la conversion en un courant correspondant ;

- une borne (P1) pour relier la sortie du moyen d'amplification (141) à une moyen d'intégration capacitif
25 (C5), la tension apparaissant à cette borne étant grandement proportionnelle à l'intégrale de la force contre-électromotrice différentiellement dérivée choisie ;

- un moyen de comparaison de synchronisation (142) pour comparer la tension du moyen d'intégration (C5) à une
30 valeur convenable pour la commutation, et lors de la détection de l'égalité engendrer un signal de synchronisation à l'instant pour la commutation ;

- des moyens logiques de commande (144, 145) pour engendrer des signaux de sélection d'étage d'enroulements
35 dans une première séquence de 6 états pour la rotation du

moteur dans le sens direct, et dans une seconde séquence de six états pour la rotation en sens inverse, dans chaque état desquelles un signal est engendré pour choisir un étage d'enroulements pour l'excitation dans un sens, un signal est engendré pour choisir un étage d'enroulements pour l'excitation dans l'autre sens, et un signal est engendré pour choisir un étage d'enroulements non excité pour détecter la face contre-électromotrice induite, l'état d'excitation du moteur changeant en réponse au signal de synchronisation à l'instant pour la commutation à l'état suivant dans la séquence ;

- ces moyens logiques de commande étant sensibles à un signal de commande de sens pour le choix de la première ou seconde séquence d'excitation et à un signal de commande d'énergie sous une forme incluant des impulsions périodiques modulées en largeur d'impulsion (MLI), ayant une fréquence de répétition qui est élevée par rapport à la fréquence de commutation, l'excitation de l'étage d'enroulements apparaissant seulement pendant le temps d'activité des impulsions de ces signaux de commande d'énergie ; et

- des bornes de sortie (P7-P12) pour coupler ces signaux d'excitation des étages d'enroulements à un triple ensemble de moyens de commutation de puissance (122, 123, 124) pour une excitation dans le sens approprié des étages d'enroulements dans cette séquence à états multiples.

28. Circuit intégré (121) pour un circuit de commande d'un moteur à commutation électronique agencé pour être alimenté par une source de courant, ce moteur ayant un ensemble à étages d'enroulements multiples avec une connexion neutre (128), et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation mutuelle relative, ce moteur dans un état donné d'une séquence à états d'excitation multiples ayant un étage d'enroulements non excité et au moins un étage d'enroulements excité dans le sens approprié pour provoquer la rotation relative circuit intégré caractérisé en ce qu'il com-

prend :

- des bornes d'entrée (P2 - P5) pour la connexion aux étages d'enroulements (A, B, C) et à la connexion neutre (128) du moteur ou l'équivalent pour dériver la force contre-électromotrice induite dans des étages d'enroulements non excités successifs ;
- un moyen de commutation d'entrée (140) pour sélectionner un étage d'enroulements non excité pour la dérivation différentielle de la force contre-électromotrice induite, ce moyen de commutation d'entrée étant sensible à un signal de sélection d'étage d'enroulements non excité ;
- un moyen d'amplification à transconductance à deux entrées (141), la force contre-électromotrice différentiellement dérivée choisie étant couplée entre les deux entrées (150, 151) de ce moyen d'amplification (141) pour la conversion en un courant correspondant ;
- une borne (P1) pour relier la sortie du moyen d'amplification (141) à un moyen d'intégration capacitif (C5), la tension apparaissant à cette borne étant grandement proportionnelle à l'intégrale de la force contre-électromotrice différentiellement dérivée choisie ;
- un moyen de comparaison de synchronisation (142) pour comparer la tension du moyen d'intégration (C5) à une valeur convenable pour la commutation, et lors de la détection de l'égalité engendrer un signal de synchronisation à l'instant pour la commutation
- un moyen pour périodiquement réinitialiser le moyen d'intégration (C5) à un état initial convenable pour initier l'intégration suivante,
- un moyen (143) pour annuler périodiquement le courant de sortie du moyen d'amplification (141), cette annulation étant synchronisée pour apparaître après l'instant pour la commutation mais avant la réinitialisation du moyen d'intégration (C5) ; ce moyen d'annulation (143) comprenant un moyen (D8 - D12) pour incrémenter un courant de correction

à l'entrée du moyen d'amplification (141) à une valeur qui corrige le déséquilibre du courant de sortie du moyen d'amplification, et entretenir ce courant de correction jusqu'à ce que l'annulation ait à nouveau lieu,

5 - des moyens logiques de commande (144, 145) pour engendrer des signaux de sélection d'étage d'enroulements dans une séquence d'excitation à états multiples ayant un état d'excitation du moteur, dans chaque état de laquelle un signal est engendré pour choisir un étage d'enroulements non
10 excité pour détecter la force contre-électromotrice induite et un signal est engendré pour choisir au moins un étage d'enroulements pour l'excitation, l'état d'excitation du moteur changeant en réponse au signal de synchronisation à l'instant pour la commutation à l'état suivant dans la sé-
15 quence ; et

 - des bornes de sortie (P7-P12) pour coupler ces signaux d'excitation des étages d'enroulements à un ensemble de moyens de commutation de puissance (122, 123, 124) pour une excitation appropriée des étages d'enroulements dans
20 cette séquence à états multiples.

29 Circuit intégré selon la revendication 28 caractérisé en ce que les moyens logiques de commande comprennent un moyen de comptage (144) ayant un compte pour chacun des (m) états de la séquence d'excitation du moteur (par
25 exemple, 0-1 ; 1-2 ; 2-3 ; ... (M-1)-m ; m-0, 0-1, etc.) ; et allouent un temps égal pour chaque compte dans une séquence répétitive ;

 ce moyen de comptage comprenant un nombre minimum de bascules (D1, D2, D3) pour définir ces m états, ces bascu-
30 les étant des bascules déclenchées par bord de sens positif (ou négatif) ; et en ce que

 ces bascules sont synchronisées simultanément par le signal de synchronisation, la durée de ce signal de synchronisation étant longue par rapport aux retards de propa-
35 gation dans les moyens logiques de commande, les signaux de

sélection d'étage d'enroulements étant dérivés des états de ce moyen de comptage.

30. Circuit intégré selon la revendication 29 caractérisé en ce que la durée du signal de synchronisation est
5 suffisamment longue pour annuler le moyen d'amplification (141) et réinitialiser le moyen d'intégration (C5).

31. Circuit intégré selon la revendication 30, caractérisé en ce que le moyen de commutation d'entrée (140) consiste en un ensemble de m portes (U73 - U78), et en ce que
10 les moyens logiques de commande comprennent un premier rang de m portes (U24 - U29) reliées aux sorties des bascules (D1, D2, D3), et un second rang de m portes (U10 - U35) reliées aux sorties du premier rang de m portes pour dériver des signaux de sélection d'étage d'enroulements,

15 le premier rang de portes produisant une première succession de m impulsions d'égale durée ayant une période active égale à la durée d'un état d'excitation du moteur, dans la séquence à états multiples, et

le second rang de portes produisant une seconde
20 succession de m impulsions d'égale durée, ayant une période active égale à la durée de deux états d'excitation du moteur dans la séquence à états multiples, cette seconde succession apparaissant suivant une séquence en recouvrement.

32 Circuit intégré (121) pour un circuit de commande d'un moteur réversible à commutation électronique agencé
25 pour être alimenté par une source de courant, ce moteur ayant un ensemble de trois étages d'enroulements (A, B, C) avec une connexion neutre (128), et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation mutuelle relative, ce moteur dans
30 un état donné d'une séquence de six états d'excitation provoquant la rotation relative, ayant un premier étage d'enroulements excité dans un sens, un second étage d'enroulements excité dans un sens opposé et relié en série avec le premier étage d'enroulements et un troisième étage d'enroulements non
35 excité, circuit intégré caractérisé en ce qu'il comprend :

- des bornes d'entrée (P2 - P5) pour la connexion aux étages d'enroulements (A, B, C) et à la connexion neutre (128) du moteur ou l'équivalent pour dériver la force contre-électromotrice induite dans des étages d'enroulements non excités successifs ;
5
- un moyen de commutation d'entrée (140) pour sélectionner un étage d'enroulements non excité pour la dérivation différentielle de la force contre-électromotrice induite, ce moyen de commutation d'entrée étant sensible à un signal de sélection d'étage d'enroulements non excité ;
10
- un moyen d'amplification à transconductance à deux entrées (141), la force contre-électromotrice différentiellement dérivée choisie étant couplée entre les deux entrées (150, 151) de ce moyen d'amplification (141) pour la conversion en un courant correspondant ;
15
- une borne (P1) pour relier la sortie du moyen d'amplification (141) à un moyen d'intégration capacitif (C5), la tension apparaissant à cette borne étant grandement proportionnelle à l'intégrale de la force contre-électromotrice différentiellement dérivée choisie ;
20
- un moyen de comparaison de synchronisation (142) pour comparer la tension du moyen d'intégration (C5) à une valeur convenable pour la commutation, et lors de la détection de l'égalité engendrer un signal de synchronisation à l'instant pour la commutation ;
25
- un moyen pour périodiquement réinitialiser le moyen d'intégration (C5) à un état initial convenable pour initier l'intégration suivante,
- un moyen (143) pour annuler périodiquement le courant de sortie du moyen d'amplification (141), cette annulation étant synchronisée pour apparaître après l'instant pour la commutation mais avant la réinitialisation du moyen d'intégration (C5) ; ce moyen d'annulation (143) comprenant un moyen (D8 - D12) pour incrémenter un courant de correction
30
- à l'entrée du moyen d'amplification (141) à une valeur qui
35

corrige le déséquilibre du courant de sortie du moyen d'amplification, et entretenir ce courant de correction jusqu'à ce que l'annulation ait à nouveau lieu,

- des moyens logiques de commande (144, 145) pour engendrer des signaux de sélection d'étage d'enroulements dans une première séquence de 6 états pour la rotation du moteur dans le sens direct, et dans une seconde séquence de six états pour la rotation en sens inverse, dans chaque état desquelles un signal est engendré pour choisir un étage d'enroulements pour l'excitation dans un sens, un signal est engendré pour choisir un étage d'enroulements pour l'excitation dans l'autre sens, et un signal est engendré pour choisir un étage d'enroulements non excité pour détecter la face contre-électromotrice induite, l'état d'excitation du moteur changeant en réponse au signal de synchronisation à l'instant pour la commutation à l'état suivant dans la séquence ;

- ces moyens logiques de commande étant sensibles à un signal de commande de sens pour le choix de la première ou seconde séquence d'excitation et à un signal de commande d'énergie sous une forme incluant des impulsions périodiques modulées en largeur d'impulsion (MLI), ayant une fréquence de répétition qui est élevée par rapport à la fréquence de commutation, l'excitation de l'étage d'enroulements apparaissant seulement pendant le temps d'activité des impulsions de ces signaux de commande d'énergie ; et

- des bornes de sortie (P7-P12) pour coupler ces signaux d'excitation des étages d'enroulements à un triple ensemble de moyens de commutation de puissance (122, 123, 124) pour une excitation dans le sens approprié des étages d'enroulements dans cette séquence à états multiples.

33. Circuit intégré selon la revendication 29 ou 32, caractérisé en ce que les moyens logiques de commande comprennent un moyen sensible au signal de synchronisation pour appliquer le signal de commande d'énergie MLI au début de la première moitié de la période d'excitation d'un étage

d'enroulements pour la durée de ce signal de synchronisation, et au début de la seconde moitié de la période d'excitation d'un étage d'enroulements, la retardant de la durée du signal de synchronisation, avant d'appliquer le signal de commande d'énergie MLI pour le reste de la période d'excitation.

34. Circuit selon l'une quelconque des revendications 25, 27 ou 33 caractérisé en ce que les moyens logiques de commande (145) comprennent un sextuple ensemble de portes (U36 - U53) pour répondre aux signaux de commande de sens et aux signaux de commande d'énergie, pour fournir des signaux d'excitation d'étage d'enroulements soit dans la première soit dans la seconde séquence d'excitation, l'excitation du moteur n'ayant lieu que durant le temps actif de ces signaux de commande d'énergie incluant des impulsions.

35. Circuit intégré selon la revendication 34, caractérisé en ce que le sextuple ensemble de portes sensibles aux signaux de commande de sens et d'énergie consiste en deux rangs de portes à 3 entrées (U36 - U41 ; U42 - U47) ; un rang de portes (U42 - U47) pour la transmission de la séquence d'états multiples directe ; un rang de portes (U36 - U41) pour la transmission de la séquence d'états multiples inverse, et un troisième rang de portes (U48 - U53) pour faire subir un traitement OU logique aux sorties des rangs direct et inverse de portes,

une première entrée des rangs direct et inverse de portes (U36 - U41 ; U41 - U47) étant couplée aux sorties du second rang de portes (U30 - U35),

une seconde entrée de ces rangs direct et inverse de portes (U36 - U41 ; U42 - U47) étant réservée à l'application du signal de commande de sens, et

la troisième entrée de ces rangs direct et inverse des portes étant réservée à l'application du signal de commande d'énergie MLI.

36. Circuit intégré selon la revendication 35, caractérisé en ce que les moyens logiques de commande com-

prennent un moyen sensible au signal de synchronisation pour appliquer le signal de commande d'énergie MLI au début de la première moitié de la période d'excitation d'un étage d'enroulements pour la durée de ce signal de synchronisation, et
5 au début de la seconde moitié de la période d'excitation d'un étage d'enroulements, la retardant de la durée du signal de synchronisation, avant d'appliquer le signal de commande d'énergie MLI pour le reste de la période d'excitation.

37. Circuit intégré selon la revendication 36,
10 caractérisé en ce que les bornes de sortie comprennent six bornes de sorties (P7 - P12) et en ce que six dispositifs pilotes de sortie (TOBA-C, BOBA-C) sont prévus pour coupler les signaux de sélection des étages d'enroulements excités de moyens logiques de commande aux bornes de sortie (P7 - P12)
15 pour l'application aux moyens de commutation de puissance (122-124).

38. Circuit intégré selon la revendication 37, caractérisé en ce que :

- trois des dispositifs pilotes de sortie (TOBA-C)
20 sont prévus pour commander des commutateurs de puissance reliant des étages d'enroulements distincts à une borne de la source de courant ; et trois de ces dispositifs pilotes de sorties (BOBA-C) sont prévus pour commander des commutateurs de puissance reliant des étages d'enroulements distincts à
25 l'autre borne de la source de courant.

39. Circuit intégré selon la revendication 38, caractérisé en ce qu'une borne est prévue pour la connexion à une source de courant continu basse tension pour le fonctionnement du circuit intégré (121), la tension de cette source
30 changeant à une vitesse finie lorsque le courant au circuit intégré est appliqué ou coupé,

des moyens sont prévus pour déclencher les dispositifs pilotes de sortie associés avec une borne d'arrêt de la source de courant pour ouvrir les commutateurs (122-124)
35 reliant les étages d'enroulements à cette borne de la source

de courant, et

un circuit de protection (150) est prévu pour produire un signal de sortie actif sensible à la tension de la source de courant continu basse tension pour ouvrir ces dispositifs pilotes lorsque la tension a été en dessous d'une
5 première valeur lorsque le courant est appliqué ou en dessous d'une seconde valeur lorsque le courant est coupé,

ces valeurs de tension étant réglées de telle sorte que le fonctionnement normal du circuit est assuré à des
10 tensions de la source excédant cette première et cette seconde valeur.

40. Circuit intégré selon la revendication 39 caractérisé en ce que le circuit de protection (150) ouvre les dispositifs pilotes (146) lorsque le courant est appliqué
15 pendant une période de temps nécessaire à la stabilisation du fonctionnement du circuit de commande.

41. Circuit intégré selon la revendication 40, caractérisé en ce que le circuit de protection (150) engendre un signal de synchronisation artificiel lorsque le courant
20 est appliqué, signalant un instant artificiel pour la commutation, annulant le moyen d'amplification (141) et provoquant la production d'au moins une séquence partielle de signaux de sélection d'étage d'enroulements, et des annulations avant que les dispositifs pilotes (146) soient fermés.

25 42. Circuit de commande pour un moteur réversible à commutation électronique agencé pour être alimenté par une source de courant, ce moteur ayant un ensemble de trois étages d'enroulements (A, B, C) avec une connexion neutre (128), et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation
30 mutuelle relative, ce moteur dans un état donné d'une séquence de six états d'excitation provoquant la rotation relative, ayant un premier étage d'enroulements excité dans un sens, un second étage d'enroulements excité dans un sens opposé et relié en série avec le premier étage d'enroulements et un
35 troisième étage d'enroulements non excité, circuit caractérisé

sé en ce qu'il comprend :

- des bornes d'entrée (P2 - P5) pour la connexion aux étages d'enroulements (A, B, C) et à la connexion neutre (128) du moteur ou l'équivalent pour dériver la force contre-électromotrice induite dans des étages d'enroulements non excités successifs ;

- un moyen de commutation d'entrée (140) pour sélectionner un étage d'enroulements non excité pour la dérivation différentielle de la force contre-électromotrice induite, ce moyen de commutation d'entrée étant sensible à un signal de sélection d'étage d'enroulements non excité ;

- un moyen d'amplification à transconductance à deux entrées (141), la force contre-électromotrice différentiellement dérivée choisie étant couplée entre les deux entrées (150, 151) de ce moyen d'amplification (141) pour la conversion en un courant correspondant ;

- un moyen d'intégration capacitif (C5) relié à la sortie du moyen d'amplification (141), la tension apparaissant à ce moyen d'intégration étant grandement proportionnelle à l'intégrale de la force contre-électromotrice différentiellement dérivée choisie ;

- un moyen de comparaison de synchronisation (142) pour comparer la tension du moyen d'intégration (C5) à une valeur convenable pour la commutation, et lors de la détection de l'égalité engendrer un signal de synchronisation à l'instant pour la commutation ;

- des moyens logiques de commande (144, 145) pour engendrer des signaux de sélection d'étage d'enroulements dans une première séquence de 6 états pour la rotation du moteur dans le sens direct, et dans une seconde séquence de six états pour la rotation en sens inverse, dans chaque état desquelles un signal est engendré pour choisir un étage d'enroulements pour l'excitation dans un sens, un signal est engendré pour choisir un étage d'enroulements pour l'excitation dans l'autre sens, et un signal est engendré pour choi-

sir un étage d'enroulements non excité pour détecter la force contre-électromotrice induite, l'état d'excitation du moteur changeant en réponse au signal de synchronisation à l'instant pour la commutation à l'état suivant dans la séquence ;

5 - ces moyens logiques de commande étant sensibles à un signal de commande de sens pour le choix de la première ou seconde séquence d'excitation et à un signal de commande d'énergie sous une forme incluant des impulsions périodiques modulées en largeur d'impulsion (MLI), ayant une fréquence de
10 répétition qui est élevée par rapport à la fréquence de commutation, l'excitation de l'étage d'enroulements apparaissant seulement pendant le temps d'activité des impulsions de ces signaux de commande d'énergie,

 - et un triple ensemble de moyens de commutation de
15 puissance (122, 123, 124) sensible aux signaux d'excitation des étages d'enroulements pour l'excitation de sens approprié de ces étages d'enroulements dans les séquences à états multiples

43. Circuit selon la revendication 42, caractérisé
20 en ce qu'il comprend en outre

 - un moyen pour périodiquement réinitialiser le moyen d'intégration (C5) à un état initial convenable pour initier l'intégration suivante,

 - un moyen (143) pour annuler périodiquement le
25 courant de sortie du moyen d'amplification (141), cette annulation étant synchronisée pour apparaître après l'instant pour la commutation mais avant la réinitialisation du moyen d'intégration (C5) ; ce moyen d'annulation (143) comprenant un moyen (D8 - D12) pour incrémenter un courant de correction
30 à l'entrée du moyen d'amplification (141) à une valeur qui corrige le déséquilibre du courant de sortie du moyen d'amplification, et entretenir ce courant de correction jusqu'à ce que l'annulation ait à nouveau lieu.

44. Circuit selon la revendication 43, caractérisé
35 en ce qu'il comprend en outre un diviseur de tension à quatre

parties (125) relié entre les bornes d'entrée (P2 - P5) et le moyen de commutation d'entrée (140) pour réduire l'échelle de la force contre-électromotrice induite dans des étages d'enroulements non excités successifs.

5 45. Circuit selon la revendication 44, caractérisé en ce que les moyens logiques de commande (144, 145) comprennent un moyen de comptage (144) pour chacun des (6) états de la séquence d'excitation du moteur (par exemple ; 0-1 ; 1-2 ; 10 2-3 ; 3-4 ; 4-5 ; 5-0 ; 0-1, etc...) ; et à une vitesse constante de rotation du moteur allouent un temps égal pour chaque compte dans une séquence répétitive ; ce moyen de comptage (144) comprenant un nombre minimum de bascules (D1, D2, D3) pour définir ces états, ces bascules étant des bascules déclenchées par le bord de sens positif (ou négatif) ; et en 15 ce que ces bascules sont synchronisées simultanément par le signal de synchronisation, la durée du signal de synchronisation étant longue par rapport aux retards de propagation dans les moyens logiques de commande, les signaux de sélection d'étage d'enroulements étant dérivés des états du moyen 20 de comptage.

 46. Circuit selon la revendication 45, caractérisé en ce que la durée du signal de synchronisation est suffisamment longue pour annuler le moyen d'amplification (141) et réinitialiser le moyen d'intégration (C5).

25 47. Circuit selon la revendication 46 caractérisé en ce que le moyen de commutation d'entrée (140) consiste en un ensemble de m portes (U73 - U78), et en ce que les moyens logiques de commande comprennent un premier rang de m portes (U24 - U29) reliées aux sorties des bascules (D1, D2, D3), et 30 un second rang de m portes (U30 - U35) reliées aux sorties du premier rang de m portes pour dériver des signaux de sélection d'étage d'enroulements,

 le premier rang de portes produisant une première succession de m impulsions d'égale durée ayant une période 35 active égale à la durée d'un état d'excitation du moteur,

dans la séquence à états multiples, et

le second rang de portes produisant une seconde succession de m impulsions d'égale durée, ayant une période active égale à la durée de Jeux états d'excitation du moteur

5 dans la séquence à états multiples, cette seconde succession apparaissant suivant une séquence à recouvrement.

48. Circuit selon la revendication 47 caractérisé en ce que les moyens logiques de commande (145) comprennent un sextuple ensemble de portes (U36 - U53) pour répondre aux

10 signaux de commande de sens et aux signaux de commande d'énergie, pour fournir des signaux d'excitation d'étage d'enroulements soit dans la première soit dans la seconde séquence d'excitation, l'excitation du moteur n'ayant lieu que durant le temps actif de ces signaux de commande d'énergie

15 incluant des impulsions.

49. Circuit selon la revendication 48 caractérisé en ce que le sextuple ensemble de portes sensible aux signaux de commande de sens et d'énergie consiste en deux rangs de portes à 3 entrées (U36 - U41 ; U42 - U47) ; un rang

20 de portes (U42 - U47) pour la transmission de la séquence d'états multiples directe ; un rang de portes (U36 - U41) pour la transmission de la séquence d'états multiples inverse, et un troisième rang de portes (U48 - U53) pour faire subir un traitement OU logique aux sorties des rangs direct

25 et inverse de portes,

une première entrée des rangs direct et inverse de portes (U36 - U41 ; U41 - U47) étant couplée aux sorties du second rang de portes (U30 - U35),

une seconde entrée de ces rangs direct et inverse

30 de portes (U36 - U41 ; U42 - U47) étant réservée à l'application du signal de commande de sens, et

la troisième entrée de ces rangs direct et inverse des portes étant réservée à l'application du signal de commande d'énergie MLI.

35 50 Circuit selon la revendication 49 caractérisé en

ce que que les moyens logiques de commande (144, 145) comprennent un moyen sensible au signal de synchronisation pour appliquer le signal de commande d'énergie MLI au début de la première moitié de la période d'excitation d'un étage d'enroulements pour la durée de ce signal de synchronisation, et au début de la seconde moitié de la période d'excitation d'un étage d'enroulements, la retardant de la durée du signal de synchronisation, avant d'appliquer le signal de commande d'énergie MLI pour le reste de la période d'excitation.

51 Circuit selon la revendication 50 caractérisé en ce que six dispositifs pilotes de sortie (TOBA-C, BOBA-C) sont prévus pour coupler les signaux de sélection des étages d'enroulements excités des moyens logiques de commande aux moyens de commutation de puissance (122-124).

52. Circuit selon la revendication 51 caractérisé en ce que que

- trois des dispositifs pilotes de sortie (TOBA-C) sont prévus pour commander des commutateurs de puissance reliant des étages d'enroulements distincts à une borne de la source de courant ; et trois de ces dispositifs pilotes de sorties (BOBA-C) sont prévus pour commander des commutateurs de puissance reliant des étages d'enroulements distincts à l'autre borne de la source de courant.

53 Circuit selon la revendication 52 caractérisé en ce que qu'une borne est prévue pour la connexion à une source de courant continu basse tension pour le fonctionnement du circuit intégré (121), la tension de cette source changeant à une vitesse finie lorsque le courant au circuit intégré est appliqué ou coupé,

des moyens sont prévus pour ouvrir les dispositifs pilotes de sortie associés avec une borne de la source de courant pour ouvrir les commutateurs (122-124) reliant les étages d'enroulements à cette borne de la source de courant, et

un circuit de protection (150) est prévu pour pro-

duire un signal de sortie actif sensible à la tension de la source de courant continu basse tension pour ouvrir ces dispositifs pilotes lorsque la tension a été en dessous d'une première valeur lorsque le courant est appliqué ou en dessous
5 d'une seconde valeur lorsque le courant est coupé,

ces valeurs de tension étant réglées de telle sorte que le fonctionnement normal du circuit est assuré à des tensions de la source excédant cette première et cette seconde valeur.

10 54. Circuit selon la revendication 53, caractérisé en ce que le circuit de protection (150) ouvre les dispositifs pilotes (146) lorsque le courant est appliqué pendant une période de temps nécessaire à la stabilisation du fonctionnement du circuit de commande.

15 55. Circuit selon la revendication 54, caractérisé en ce que le circuit de protection (150) engendre un signal de synchronisation artificiel lorsque le courant est appliqué, signalant un instant artificiel pour la commutation, annulant le moyen d'amplificateur (141) et provoquant la
20 production d'au moins une séquence partielle de signaux de sélection d'étage d'enroulements, et des annulations avant que les dispositifs pilotes (146) soient déclenchés.

56. Procédé de fonctionnement d'un moteur à commutation électronique (121) à partir d'une source de courant,
25 ce moteur ayant un ensemble d'étages d'enroulements avec une connexion neutre (128), un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation relative mutuelle, ce moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation à états multiples ayant un étage d'enroulements non excité et au moins un
30 étage d'enroulements excité dans le sens approprié pour provoquer une rotation relative, procédé caractérisé en ce qu'il consiste à :

- successivement choisir un étage d'enroulements non excité et en dériver différentiellement la force contre-électromotrice induite en relation avec la connexion
35

neutre,

- convertir la force contre électromotrice différentiellement dérivée choisie en un courant correspondant dans un amplificateur à transconductance (141),

5 - intégrer dans un moyen d'intégration (C5) le courant de sortie pour obtenir une tension proportionnelle à l'intégrale de la force contre-électromotrice différentiellement dérivée, choisie,

10 - comparer la tension de ce moyen d'intégration (C5) à une valeur stockée convenable pour la commutation, et lors de la détection de l'égalité engendrer un signal de synchronisation à l'instant pour la commutation ;

15 - choisir des étages d'enroulements non-excités successifs pour détecter cette force contre-électromotrice induite et choisir des étages d'enroulements successifs pour l'excitation, et modifier ces sélections à l'instant pour la commutation à l'état suivant dans la séquence ; et

20 - faire fonctionner un ensemble de commutateurs de puissance (122, 123, 124) pour l'excitation des étages d'enroulements dans cette séquence à états multiples.

57. Procédé de fonctionnement d'un moteur réversible à commutation électronique à partir d'une source de courant, ce moteur ayant un ensemble d'enroulement à trois étages (A, B, C) avec une connexion neutre (128), et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation relative mutuelle, ce moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation à 6 états provoquant la rotation relative, ayant un premier étage d'enroulements excité dans un sens, un second étage d'enroulements excité dans un sens opposé et relié en série avec le premier étage d'enroulements, et un troisième étage d'enroulements non excité, procédé caractérisé en ce que qu'il consiste à :

25 - choisir un étage d'enroulements non excité et différentiellement dériver la force contre-électromotrice induite en relation avec la connexion neutre (128) ;

30

- convertir cette force contre-électromotrice différentiellement dérivée, choisie en un courant correspondant dans un amplificateur à transconductance (141),

5 - intégrer dans un moyen d'intégration (C5) le courant de sortie du moyen d'amplification (141) pour obtenir une tension proportionnelle à l'intégrale de la force contre-électromotrice différentiellement dérivée, choisie ;

10 - comparer la tension du moyen d'intégration à une valeur stockée convenable pour la commutation, et lors de la détection de l'égalité engendrer un signal de synchronisation à l'instant pour la commutation ;

15 - choisir au moyen d'un compteur réversible (144) sensible à un signal de commande de sens soit une première séquence de six états de signaux de sélection d'étage d'enroulements pour la rotation dans le sens direct soit une seconde séquence de six états de signaux de sélection d'étage d'enroulements pour la rotation en sens inverse, et

20 - choisir des étages d'enroulements non excités successifs pour détecter la force contre-électromotrice induite et choisir des étages d'enroulements successifs pour l'excitation en accord avec la séquence choisie et modifier ces choix à l'instant pour la commutation pour l'état suivant dans la séquence choisie ; et

25 - commander un ensemble de commutateurs de puissance (122, 123, 124) pour exciter les étages d'enroulements dans la séquence choisie.

58. Procédé selon la revendication 56 ou 57, caractérisé en ce qu'il consiste, après avoir engendré un signal de synchronisation à l'instant pour la commutation, à

30 - annuler le courant de sortie du moyen d'amplification (141), et

- réinitialiser le moyen d'intégration (C5) pour la préparation de l'intégration suivante pour synchroniser la sélection de l'état d'excitation suivant du moteur.

35 59. Procédé de fonctionnement selon la revendica-

tion 58, caractérisé en ce qu'il consiste à :

- engendrer un signal de synchronisation artificiel lors de l'application du courant au circuit de commande,

- annuler immédiatement l'amplificateur (141) et invalider les commutateurs (122, 123, 124), et poursuivre au moins une partie de la séquence de sélection d'étage d'enroulements choisie, avant que les étapes des revendications 68 et 69 soient entreprises avec les commutateurs de puissance validés.

60. Circuit de commande pour un moteur à commutation électronique (120) adapté pour être alimenté à partir d'une source de courant continu (F1, R22, CR5, C1), ce moteur ayant un ensemble d'enroulement à étages multiples, et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation relative mutuelle, ce moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation a états multiples, ayant un étage d'enroulements non excité dans lequel apparaît une force contre-électromotrice induite qui lorsqu'elle est intégrée en fonction du temps à une valeur prédéterminée indique l'instant auquel est atteinte la position angulaire relative mutuelle convenable pour la commutation à l'état suivant, circuit caractérisé en ce qu'il comprend :

- un moyen d'amplification à transconductance à semiconducteurs (141) adapté pour être couplé à un étage d'enroulements non excité dans le moteur, pour convertir la tension apparaissant dans l'étage d'enroulements en un courant de sortie correspondant,

- un moyen d'intégration (C5) couplé à la sortie du moyen d'amplification (141) pour intégrer le courant de sortie et obtenir une tension de sortie proportionnelle à une intégrale de cette tension apparaissant dans l'étage d'enroulements ; et

- un moyen de comparaison (142) pour comparer la tension de sortie du moyen d'intégration (C5) à une valeur correspondant à la position angulaire relative mutuelle con-

venable pour la commutation, et lors de la détection de l'égalité engendrer un signal de synchronisation à l'instant pour la commutation.

5 61. Circuit selon la revendication 60, caractérisé en ce que un moyen d'amplification à transconductance (141) possède une réaction de courant série (R1, R2) pour stabiliser la transconductance du moyen d'amplification.

62. Circuit de commande pour un moteur à commutation électronique (120) adapté pour être alimenté à partir
10 d'une source de courant continu (F1, R22, CR5, C1), ce moteur incluant un stator ayant un ensemble d'enroulements à étages multiples, avec une connexion neutre (128) et un rotor à aimant permanent associé à ce stator, ce moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation à états multiples, ayant un
15 étage d'enroulements non excité dans lequel apparaît une force contre-électromotrice induite qui lorsqu'elle est intégrée en fonction du temps à une valeur prédéterminée indique l'instant auquel est atteinte la position angulaire relative mutuelle convenable pour la commutation à l'état suivant,
20 circuit caractérisé en ce que qu'il comprend :

- un moyen d'amplification à transconductance (141) à deux entrées (150, 151), dont une entrée est adaptée pour être reliée à un étage d'enroulements non excité dans le moteur et l'autre entrée est adaptée pour être reliée à une
25 tension équivalente à celle de la connexion neutre (128), ce moyen d'amplification convertissant la tension apparaissant dans l'étage d'enroulements en un courant de sortie correspondant,

- un moyen d'intégration (C5) couplé à la sortie du
30 moyen d'amplification (141) pour intégrer le courant de sortie et obtenir une tension de sortie proportionnelle à une intégrale de cette tension apparaissant dans l'étage d'enroulements ; et

- un moyen de comparaison (142) pour comparer la
35 tension de sortie du moyen d'intégration (C5) à une valeur

correspondant à la position angulaire relative mutuelle convenable pour la commutation, et lors de la détection de l'égalité engendrer un signal de synchronisation à l'instant pour la commutation.

5 63. Circuit de commande pour un moteur à commutation électronique (120) adapté pour être alimenté à partir d'une source de courant continu (F1, R22, CR5, C1), ce moteur incluant un stator ayant un ensemble d'enroulements à étages multiples avec une connexion neutre (128), et un rotor à
10 aimant permanent associé à ce stator, ce moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation a états multiples, ayant un étage d'enroulements non excité dans lequel apparaît une force contre-électromotrice induite qui lorsqu'elle est intégrée en fonction du temps à une valeur prédéterminée indique
15 l'instant auquel est atteinte la position angulaire relative mutuelle convenable pour la commutation à l'état suivant, circuit caractérisé en ce qu'il comprend :

- un moyen d'amplification à transconductance (141) à deux entrées (150, 151), dont une entrée est adaptée pour
20 être reliée la connexion neutre (128) ce moyen d'amplification convertissant la tension apparaissant dans l'étage d'enroulements en un courant de sortie correspondant,

- un moyen d'intégration (C5) couplé à la sortie du moyen d'amplification (141) pour intégrer le courant de
25 sortie et obtenir une tension de sortie proportionnelle à une intégrale de cette tension apparaissant dans l'étage d'enroulements ; et

- un moyen de comparaison (142) pour comparer la tension de sortie du moyen d'intégration (C5) à une valeur
30 correspondant à la position angulaire relative mutuelle convenable pour la commutation, et lors de la détection de l'égalité engendrer un signal de synchronisation à l'instant pour la commutation.

64. Circuit selon la revendication 62 ou 63, caractérisé en ce que le moyen d'amplification à transconduc-
35

5 tance (141) comprend un étage d'amplification à deux transistors (Q5, Q6), dont les entrées sont les électrodes de commande des transistors, cet étage déterminant la transconductance du moyen d'amplification, et en ce que la réaction de courant série comprend deux résistances (R1, R2), une première (R1) reliée en série avec l'électrode commune d'un premier transistor (Q5) de l'étage et l'autre (R2) reliée en série avec l'électrode commune de l'autre transistor (Q6) de l'étage pour stabiliser la transconductance.

10 65. Circuit selon la revendication 64 caractérisé en ce que un moyen d'amplification à transconductance (141) comprend au moins deux étages, l'étage d'entrée (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6) dont fait partie un moyen d'amplification différentiel (Q5, Q6), et le (les) étage(s) suivant un moyen
15 d'amplification différentiel présente(nt) un gain en courant unitaire.

20 66. Circuit selon la revendication 65, caractérisé en ce que le moyen d'amplification à transconductance (141) comprend en outre un premier (Q10, Q11) et un second (Q16, Q17) miroir de courant à semiconducteur, le courant de sortie du premier transistor (Q5) dans l'étage d'entrée étant couplé au premier miroir de courant (Q10, Q11) et le courant de sortie du second transistor (Q6) dans l'étage d'entrée étant couplé au second miroir de courant (Q16, Q17).

25 67. Circuit selon la revendication 66, caractérisé en ce que le moyen d'amplification à transconductance comprend en outre un premier (Q24) et un second (Q25) moyen d'amplification tampon à semiconducteur et un troisième miroir de courant d'inversion de polarité (Q26, Q29) ;

30 le premier moyen d'amplification tampon comprenant un troisième transistor (Q24) ayant une électrode de commande commune et une première électrode principale couplées à la sortie du premier miroir de courant (Q10, Q11), et la seconde électrode principale reliée à l'entrée du miroir de courant
35 d'inversion de polarité.

le second amplificateur tampon (Q25) comprenant un quatrième transistor ayant son électrode de commande commune et une première électrode principale couplée à la sortie du second miroir de courant (Q16, Q17), et en ce que

5 le troisième miroir de courant (Q26-Q29) comprend un cinquième transistor de sortie (Q27) ayant son électrode de commande couplée à la seconde électrode principale d'un troisième transistor (Q24) et une première électrode principale reliée à la seconde électrode principale du quatrième
10 transistor (Q25), ces quatrième et cinquième transistors (Q25, Q27) étant reliés pour fournir une sortie symétrique dans laquelle du courant de sortie est soit fourni soit sou-

tiré.

68. Circuit selon la revendication 67, caractérisé
15 en ce que chacun de ces miroirs de courant comprend au moins un premier et un second dispositifs à semiconducteur, le second dispositif à semiconducteur étant un transistor, le premier dispositif à semiconducteur présentant une chute de tension approchant celle de l'entrée du second dispositif, et
20 une première et seconde résistances,

- un premier circuit série de référence, qui comprend le premier dispositif à semiconducteur et la première résistance, étant relié en shunt avec un second circuit série réfléchissant, ce qui constitue l'entrée du second dispositif
25 à semiconducteur relié en série avec la seconde résistance.

69. Circuit selon la revendication 68 caractérisé en ce que la première et la seconde résistance de ces miroirs de courant sont choisies pour fournir une dégénération importante pour la précision de la fonction de transfert de cou-
30 rant de ces miroirs.

70. Circuit selon la revendication 69 caractérisé en ce que les transistors du moyen d'amplification à transconductance sont des transistors à effet de champ pour obtenir des impédances d'entrée et de sortie élevées du moyen
35 d'amplification.

71. Circuit selon la revendication 70 caractérisé en ce que le moyen d'amplification à transconductance est une partie d'un circuit intégré monolithique, les transistors, les résistances de réaction de courant en série, et les
5 résistances des miroirs de courant formant une partie de celui-ci, les valeurs de ces résistances présentant de plus petites variations que les valeurs des transconductances des transistors associés pour stabiliser la transconductance du moyen d'amplification.

10 72. Circuit selon la revendication 62, caractérisé en ce que :

- un moyen (142) est prévu pour réinitialiser le moyen d'intégration (C5) à un état initial approprié pour initier l'intégration suivante, cette réinitialisation ayant
15 lieu après l'instant pour la commutation, et en ce que,

- un moyen (143) est prévu pour périodiquement annuler le courant de sortie du moyen d'amplification à transconductance (141), cette annulation étant synchronisée pour avoir lieu après l'instant pour la commutation mais
20 avant la réinitialisation du moyen d'intégration (C5)

- 73. Circuit selon la revendication 72, caractérisé en ce qu'un moyen (142) est prévu pour détecter une annulation et initier la réinitialisation du moyen d'intégration (C5) en vu de la période de commutation suivante.

25 74. Circuit selon la revendication 73, caractérisé en ce qu'il comprend :

- une source de courant continu basse tension (F1, R22, CR5, C1) convenant pour le fonctionnement du circuit intégré monolithique (121), la tension de cette source changeant à une vitesse finie lorsque le courant est appliqué ou
30 supprimé du circuit de commande ; et

- un circuit de protection (150) produisant un signal de sortie sensible à la tension de la source de courant continu basse tension pour maintenir au moins une partie
35 de ce circuit dans un état inactif lorsque cette tension est

en dessous d'une première valeur lorsque le courant est appliqué ou en dessous d'une seconde valeur lorsque le courant est coupé, et pour lorsque la tension a dépassé cette première valeur lorsque le courant est appliqué, libérer cette
5 partie du circuit à un état initial prédéterminer,

- ces valeurs de tension étant réglées de telle sorte que le fonctionnement normal du circuit soit assuré aux tensions de la source dépassant ces valeurs.

75. Circuit selon la revendication 74 caractérisé
10 en ce que le circuit de protection (150), à la fin du signal de sortie libère la partie du circuit dans un état pour annuler le moyen d'amplification (141) pour assurer l'équilibre du courant de sortie de ce moyen d'amplification avant l'intégration.

76. Circuit de commande pour un moteur à commutation électronique (120) adapté pour être alimenté à partir d'une source de courant continu (F1, R22, CR5, C1), ce moteur incluant un stator ayant un ensemble d'enroulements à étages multiples avec une connexion neutre (128), et un rotor à
15 aimant permanent associé au stator, ce moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation à états multiples, ayant un étage d'enroulements non excité dans lequel apparaît une force contre-électromotrice induite qui lorsqu'elle est intégrée en fonction du temps à une valeur prédéterminée indique
20 l'instant auquel est atteinte la position angulaire du rotor convenable pour la commutation à l'état suivant, circuit caractérisé en ce qu'il comprend :

- un moyen d'amplification à transconductance à semiconducteurs à deux entrées (141) une entrée étant adaptée
30 pour être couplée à un étage d'enroulements non excité et l'autre adaptée pour être couplée à la connexion neutre (128), ce moyen d'amplification convertissant la tension différentielle apparaissant dans l'étage d'enroulements non excité en un courant en sortie correspondant ;

35 - ce moyen d'amplification à transconductance (141)

comprenant un étage d'entrée comprenant deux transistors (Q5, Q6) dont les électrodes de commande forment les entrées (150, 151) du moyen d'amplification à transconductance (141), et un second (Q10, Q11) et un troisième (Q16, Q17) étage, le second
5 étage étant un miroir de courant, le courant de sortie du premier transistor (Q5) étant couplé au second étage (Q10, Q11) et le courant de sortie du second transistor (Q6) étant couplé au troisième étage (Q16, Q17) ;

- un moyen d'intégration (C5) couplé à la sortie du
10 moyen d'amplification (141) pour intégrer le courant de sortie pour obtenir une tension de sortie proportionnelle à une intégrale de la tension différentielle apparaissant dans l'étage d'enroulements ;

- un moyen de comparaison (142) comparant la ten-
15 sion de sortie du moyen d'intégration (C5) à une valeur correspondant à la position angulaire du rotor convenable pour la commutation, et lors de la détection de l'égalité engendrant un signal de synchronisation à l'instant pour la commutation ;

20 - un moyen pour périodiquement réinitialiser le moyen d'intégration (C5) à un état initial convenable pour initier l'intégration suivante ; et

- un moyen (143) pour périodiquement annuler le courant de sortie du moyen d'amplification à transconductance
25 (141), cette annulation étant synchronisée pour apparaître après l'instant pour la commutation, mais avant la réinitialisation du moyen d'intégration (C5) ;

- ce moyen d'annulation (143) comprenant un moyen (D8-D12) pour incrémenter le courant de correction du miroir
30 de courant (Q10-Q11) à une valeur qui corrige le déséquilibre dans le courant de sortie du moyen d'amplification (141), et entretenir ce courant de correction jusqu'à ce que l'annulation ait à nouveau lieu.

77. Circuit de commande pour un moteur à commuta-
35 tion électronique (120) adapté pour être alimenté à partir

d'une source de courant continu (F1, R22, CR5, C1), ce moteur ayant un ensemble d'enroulements à étages multiples avec une connexion neutre (128) et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation relative mutuelle, ce moteur dans
5 un état donné d'une séquence d'excitation à états multiples, ayant un étage d'enroulements non excité dans lequel apparaît une force contre-électromotrice induite qui indique l'instant auquel est atteinte la position angulaire relative mutuelle convenable pour la commutation à l'état suivant, circuit
10 caractérisé en ce qu'il comprend :

- un moyen d'amplification à transconductance à semiconducteur à deux entrées (141) une entrée étant adaptée pour être couplée à un étage d'enroulements non excité et l'autre adaptée pour être couplée à la connexion neutre
15 (128), ce moyen d'amplification convertissant la tension différentielle apparaissant dans l'étage d'enroulements non excité en un courant en sortie bidirectionnel correspondant, dans lequel du courant de sortie est soit fourni soit soutiré ;

- un moyen d'intégration (C5) couplé à la sortie du
20 moyen d'amplification (141) pour intégrer le courant de sortie pour obtenir une tension de sortie proportionnelle à une intégrale de la tension différentielle apparaissant dans l'étage d'enroulements ; et

- un moyen de comparaison (142) comparant la tension de sortie du moyen d'intégration (C5) à une valeur correspondant à la position angulaire du rotor convenable pour la commutation, et lors de la détection de l'égalité engendrant un signal de synchronisation à l'instant pour la commu-
25 tation .

78. Circuit selon la revendication 77 caractérisé en ce que un moyen d'amplification à transconductance (141) comprend

- un étage d'entrée comprenant deux transistors (Q5,
35 Q6) dont les électrodes de commande forment les entrées (150,

151) du moyen d'amplification à transconductance (141), et un second (Q10, Q11) et un troisième (Q16, Q17) étage, le second étage étant un miroir de courant, le courant de sortie du premier transistor (Q5) étant couplé au second étage (Q10, Q11) et le courant de sortie du second transistor (Q6) étant couplé au troisième étage (Q16, Q17) ;

et en ce qu'il comprend :

- un moyen pour périodiquement réinitialiser le moyen d'intégration (C5) à un état initial convenable pour initier l'intégration suivante ; et

- un moyen (143) pour périodiquement annuler le courant de sortie du moyen d'amplification à transconductance (141), cette annulation étant synchronisée pour apparaître après l'instant pour la commutation, mais avant la réinitialisation du moyen d'intégration (C5) ;

- ce moyen d'annulation (143) comprenant un moyen (D8-D12) pour incrémenter le courant de correction du miroir de courant (Q10-Q11) à une valeur qui corrige le déséquilibre dans le courant de sortie du moyen d'amplification (141), et entretenir ce courant de correction jusqu'à ce que l'annulation ait à nouveau lieu.

79. Circuit selon la revendication 76 ou 78, caractérisé en ce que le moyen d'annulation (143) comprend :

- un moyen pour rendre égal à zéro la tension d'entrée différentielle appliquée entre les entrées (150, 151) du moyen d'amplification à transconductance (141) pour établir un niveau de courant de sortie voulu dans le premier (Q5) et second (Q6) transistors de l'étage d'entrée ;

- un moyen de commutation (D7, U85), de la sortie du moyen d'amplification (D7) pour débrancher la sortie du moyen d'amplification à transconductance du moyen d'intégration (C5) pendant cet intervalle d'annulation, et

- un comparateur d'annulation (COM3) couplé à la sortie (152) du moyen d'amplification à transconductance pour détecter un changement dans le sens du courant de sortie,

lorsque un moyen d'amplification passe à l'équilibre pour arrêter le processus d'incrémentation et initier la réinitialisation du moyen d'intégration (C5).

80. Circuit selon la revendication 79, caractérisé en ce que le moyen d'incrémentation du courant de correction comprend :

- un moyen pour fournir un signal de synchronisation ayant une période qui est courte par rapport à la période de commutation, et,
- un compteur d'annulation (D8 - D12) comptant à la cadence du signal de synchronisation, l'état de ce compteur d'annulation réglant la somme des incréments du courant de correction, ce compteur d'annulation (D8-D12) étant préréglé en réponse au signal de synchronisation, un comptage ultérieur pendant l'annulation ajustant ce courant de correction vers l'équilibre jusqu'à ce qu'une annulation soit détectée dans le comparateur d'annulation (COM3).

81 - Circuit selon la revendication 80, caractérisé en ce qu'il comprend

- une source de courant continu basse tension (F1, R22, CR5, C1) convenant pour le fonctionnement du circuit intégré monolithique (121), la tension de cette source changeant à une vitesse finie lorsque le courant est appliqué ou supprimé du circuit de commande ; et
- un circuit de protection (150) produisant un signal de sortie sensible à la tension de la source de courant continu basse tension pour maintenir au moins une partie de ce circuit dans un état inactif lorsque cette tension est en dessous d'une première valeur lorsque le courant est appliqué ou en-dessous d'une seconde valeur lorsque le courant est coupé, et pour lorsque la tension a dépassé cette première valeur lorsque le courant est appliqué, libérer cette partie du circuit à un état initial prédéterminé,
- ces valeurs de tension étant réglées de telle sorte que le fonctionnement normal du circuit soit assuré aux

tensions de la source dépassant ces valeurs.

-82. Circuit selon la revendication 81 caractérisé en ce que le circuit de protection (150), à la fin du signal de sortie, libère la partie du circuit dans un état pour annuler le moyen d'amplification (141) pour assurer l'équilibre du courant de sortie de ce moyen d'amplification avant l'intégration.

83. Circuit selon la revendication 82, caractérisé en ce que le circuit de protection prérègle, pendant le signal de sortie actif, le compteur d'annulation (D8-D12), et lors de la fin du signal de sortie actif, lorsque le courant est appliqué, libère la partie du circuit pour annuler un moyen d'amplification, cet état d'annulation comprenant :

- l'activation du moyen d'égalisation à zéro à l'entrée du moyen d'amplification à transconductance, l'activation du moyen de commutation de sortie du moyen d'amplification pour le débranchement, et la libération du compteur d'annulation.

84. Circuit selon la revendication 83, caractérisé en ce que le circuit de protection (150) comprend :

- un moyen pour provoquer une correction de démarrage du courant de sortie du moyen d'amplification (141) pour assurer l'intégration de ce courant de sortie à une tension suffisante pour produire le signal de synchronisation de commutation, ce courant de correction au démarrage, excepté pendant le (les) intervalle(s) d'annulation, s'étendant sur une période suffisante après que le courant a été appliqué pour permettre la stabilisation du circuit de commande.

85. Circuit selon la revendication 84, caractérisé en ce que la correction au démarrage se poursuit après que le courant ait été appliqué pendant au moins une période de commutation.

86. Procédé de synchronisation d'un moteur à commutation électronique alimenté à partir d'une source de courant continu, ce moteur comportant un ensemble d'enroulements à

- étage multiple, et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation relative mutuelle, ce moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation à états multiples, ayant un étage d'enroulements non excité dans lequel apparaît une
- 5 force contre-électromotrice induite, qui, lorsqu'on l'intègre en fonction du temps à une valeur prédéterminée indique l'instant auquel on atteint une position angulaire relative mutuelle convenable pour la commutation à l'état suivant, procédé caractérisé en ce qu'il consiste à :
- 10 - convertir la tension apparaissant à l'étage d'enroulements en un courant de sortie correspondant au moyen d'un moyen d'amplification à transconductance à semiconducteurs (141) couplé à un étage d'enroulements non excité dans le moteur,
- 15 - intégrer ce courant de sortie pour obtenir une tension de sortie proportionnelle à une intégrale de la tension apparaissant dans l'étage d'enroulements au moyen d'un moyen d'intégration (C5) couplé à la sortie d'un moyen d'amplification (141) ; et
- 20 - comparer la tension de sortie de ce moyen d'intégration (C5) à une valeur correspondant à la position angulaire relative mutuelle convenant pour la commutation, et lors de la détection de l'égalité engendrer un signal de synchronisation à l'instant pour la commutation.
- 25 87. Procédé de synchronisation de la commutation d'un moteur à commutation électronique alimenté à partir d'une source de courant continu, ce moteur ayant un ensemble d'enroulements à étages multiples avec une connexion neutre (128), et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une
- 30 rotation relative mutuelle, ce moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation à états multiples, ayant un étage d'enroulements non excité dans lequel apparaît une force contre-électromotrice qui lorsqu'on l'intègre en fonction du temps à une valeur prédéterminée indique l'instant auquel la
- 35 position angulaire relative mutuelle convenable a été atteint-

te pour la commutation à l'état suivant , procédé caractérisé en ce qu'il consiste à :

5 convertir la tension différentielle apparaissant dans l'étage d'enroulements non excité en un courant de sortie bidirectionnel correspondant au moyen d'un moyen d'amplification différentiel à transconductance à semiconducteur à deux entrées (141) dont une entrée est couplée à un étage d'enroulements non excité, et l'autre entrée est couplée à la connexion neutre (128);

10 - intégrer ce courant de sortie pour obtenir une tension de sortie proportionnelle à une intégrale de la tension différentielle apparaissant dans l'étage d'enroulements au moyen d'un moyen d'intégration (C5) couplé à la sortie du moyen d'amplification (141);

15 - comparer la tension de sortie de ce moyen d'intégration (C5) à une valeur correspondant à la position angulaire du rotor convenant pour la commutation, et lors de la détection de l'égalité engendrer un signal de synchronisation à l'instant pour la commutation.

20 88 - Procédé de synchronisation de la commutation d'un moteur à commutation électronique alimenté à partir d'une source de courant continu, ce moteur ayant un ensemble d'enroulements à étages multiples avec une connexion neutre (128), et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une
25 rotation relative mutuelle, ce moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation à états multiples, ayant un étage d'enroulements non excité dans lequel apparaît une force contre-électromotrice induite qui lorsqu'on l'intègre en fonction du temps à une valeur prédéterminée indique l'instant auquel la position angulaire relative mutuelle convenable a été atteinte pour la commutation à l'état suivant, procédé caractérisé en ce qu'il consiste à :

30 convertir la tension différentielle apparaissant dans l'étage d'enroulements non excité en un courant de sortie bidirectionnel correspondant au moyen d'un moyen d'ampli-

fication différentiel à transconductance à semiconducteur (141) à deux entrées (150-151) dont une entrée est couplée à un étage d'enroulements non excité, et l'autre entrée est couplée à la connexion neutre (128);

5 - intégrer ce courant de sortie pour obtenir une tension de sortie proportionnelle à une intégrale de la tension différentielle apparaissant dans l'étage d'enroulements au moyen d'un moyen d'intégration (C5) couplé à la sortie (152) du moyen d'amplification ;

10 - comparer la tension de sortie de ce moyen d'intégration (C5) à une valeur correspondant à la position angulaire de ce rotor convenable pour la commutation, et lors de la détection de l'égalité engendrer un signal de synchronisation à l'instant pour la commutation.

15 - réinitialiser le moyen d'intégration à un état initial convenable pour initier l'intégration successive suivante à chaque signal de synchronisation ; et

 - périodiquement annuler le courant de sortie du moyen d'amplification à transconductance, cette annulation étant synchronisée pour apparaître après l'instant pour la commutation, mais avant la réinitialisation du moyen d'intégration.

89. Procédé de fonctionnement d'un moteur à commutation électronique alimenté par une source de courant continu, ce moteur ayant un ensemble d'enroulements à étages multiples avec une connexion neutre (128), et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation relative mutuelle, ce moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation à états multiples, ayant un étage d'enroulements non excité dans lequel apparaît une force contre-électromotrice induite, qui, lorsqu'on l'intègre en fonction du temps à une valeur prédéterminée, indique l'instant auquel est atteinte la position angulaire relative mutuelle convenable pour la commutation à l'état suivant, et comportant un moyen d'amplification différentiel (141) à transconductance dans le cir-

25
30
35

cuit de commande de ce moteur, procédé caractérisé en ce qu'il consiste à :

annuler ce moyen d'amplification lors de l'application du courant au circuit de commande avant d'appliquer le courant au moteur ;

- convertir la tension différentielle apparaissant dans l'étage d'enroulements non excité en un courant de sortie bidirectionnel correspondant au moyen d'un moyen d'amplification différentiel à transconductance à semiconducteur (141) à deux entrées (150,151) dont une entrée est couplée à l'étage d'enroulements non excité, et l'autre entrée est couplée à la connexion neutre (128),

- intégrer ce courant de sortie pour obtenir une tension de sortie proportionnelle à une intégrale de la tension différentielle apparaissant dans l'étage d'enroulements au moyen d'un moyen d'intégration (C5) couplé à la sortie du moyen d'amplification ;

- comparer la tension de sortie de ce moyen d'intégration (C5) à une valeur correspondant à la position angulaire du rotor convenable pour la commutation, et lors de la détection de l'égalité engendrer un signal de synchronisation à l'instant convenable pour la commutation ;

- appliquer du courant au moteur après un retard, en réponse au signal de synchronisation suivant ou successif, choisi pour permettre un temps adéquat pour la stabilisation du circuit de commande ;

- réinitialiser le moyen d'intégration (C5) à un état initial convenable pour initier l'intégration successive suivante à chaque signal de synchronisation ; et

- périodiquement annuler le courant de sortie du moyen d'amplification à transconductance, cette annulation étant synchronisée pour apparaître après le signal de synchronisation, mais avant la réinitialisation du moyen d'intégration.

90. Circuit de commande de vitesse d'un moteur pour

un moteur à commutation électronique agencé pour être alimenté à partir d'une source de courant continu, ce moteur ayant un ensemble d'enroulements à étages multiples, et un ensemble magnétique; les deux agencés pour une rotation relative mutuelle lors de l'application d'une séquence d'excitation à états multiples, circuit caractérisé en ce qu'il comprend :

- des bornes d'entrée de courant pour la connexion à une source convenable pour le fonctionnement du moteur ;
10 - un générateur d'ondes (147) pour fournir une onde basse tension répétitive de fréquence, amplitude et configuration constante, ces caractéristiques étant essentiellement indépendantes du moteur, cette onde ayant une première pente d'une première durée et une seconde pente d'une seconde durée
15 et de sens opposé à la première pente, et une fréquence de répétition qui est élevée par rapport à la vitesse de commutation :

- un moyen (R40) pour produire une tension de commande réglable uniforme ;
20 - un comparateur de modulation (148) ayant une première entrée à laquelle est fournie l'onde de tension répétitive et une seconde entrée à laquelle est fournie la tension de commande réglable, pour produire des impulsions de sortie lorsque apparaissent des intersections entre ces entrées, ces impulsions de sortie ayant un temps actif marche
25 égal à l'intervalle entre des paires alternées d'intersections et apparaissant à la fréquence de répétition constante; et

- un moyen logique de commande (145) sensible au temps "actif" marche de ces impulsions du modulateur pour
30 fournir des signaux modulés en largeur d'impulsion pour commander l'excitation des étages d'enroulements dans la séquence d'excitation à états multiples,

grâce à quoi le réglage de la tension de commande,
35 règle le temps actif de chaque impulsion et ainsi le taux

auquel est fournie l'énergie électrique au moteur pour la détermination de la vitesse ou du couple du moteur.

91. Circuit de commande de la vitesse d'un moteur pour un moteur à commutation électronique agencé pour être
5 alimenté à partir d'une source de courant continu, ce moteur ayant un ensemble d'enroulements à étages multiples, et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation relative mutuelle, ce moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation à états multiple ayant un étage d'enroulements
10 non excité dans lequel est induite une force contre-électromotrice qui est intégrée en fonction du temps pour déterminer l'instant auquel on a atteint la position angulaire relative mutuelle convenable pour la commutation à l'état suivant, et dans lequel dans cet état donné, un second étage d'enroule-
15 ments est excité dans un premier sens, et un troisième étage d'enroulements est excité dans un second sens inverse du premier sens pour l'excitation série de ces second et troisième étages d'enroulements, circuit caractérisé en ce qu'il comprend :

20 - des bornes d'entrée de courant pour la connexion à une source convenable pour le fonctionnement du moteur ;

- un générateur d'onde (147) pour fournir une onde basse tension répétitive de fréquence, amplitude et configuration constante, ces caractéristiques étant indépendantes du
25 moteur, cette onde ayant une première pente d'une première durée et une seconde pente d'une seconde durée et de sens opposé à la première pente, et une fréquence de répétition qui est élevée par rapport à la vitesse de commutation ;

- des moyens pour produire une tension de commande
30 réglable uniforme ;

-un comparateur de modulation (148) ayant une première entrée à laquelle est fournie l'onde de tension répétitive et une seconde entrée à laquelle est fournie la tension de commande réglable, pour produire des impulsions de sortie
35 lorsque apparaissent des intersections entre ces signaux

d'entrée, ces impulsions de sortie ayant un temps actif en marche égal à l'intervalle entre des paires alternées d'intersection et apparaissant à une fréquence de répétition constante ; et

5 - un moyen logique de commande (145) sensible au temps actif des impulsions du modulateur pour fournir des signaux modulés en largeur d'impulsion pour régler l'excitation des étages d'enroulements dans la séquence d'excitation à états multiples, grâce à quoi le réglage de la tension de
10 commande, règle le temps actif marche de chaque impulsion et ainsi le taux auquel est fournie l'énergie électrique au moteur pour la détermination de la vitesse ou du couple du moteur.

92. Circuit selon la revendication 91, caractérisé
15 en ce que la pente de toute variation dans la tension réglable est petite par rapport aux variations de l'onde répétitive.

93. Circuit selon la revendication 91, caractérisé en ce que la forme de toute variation de la tension réglable
20 est petite par rapport à la vitesse de commutation du moteur.

94. Circuit selon la revendication 92 ou 93, caractérisé en ce que des paires d'intersections embrassent des crêtes positives de l'onde de tension répétitive et les impulsions de sortie du modulateur (148) sont essentiellement
25 des ondes rectangulaires.

95. Circuit selon la revendication 91, caractérisé en ce que le domaine de réglage de la tension de commande réglable est comparable à l'amplitude de l'onde de tension répétitive pour faciliter une large gamme de réglage de la
30 vitesse ou du couple.

96. Circuit selon la revendication 91, caractérisé en ce que la tension de commande réglable a un domaine de réglage qui, à une limite de réglage, évite l'intersection avec l'onde répétitive pour obliger le comparateur de modula-
35 tion à produire un signal de sortie qui est toujours en pré-

sent ou toujours absent.

97. Circuit selon la revendication 91, caractérisé en ce que la tension de commande réglable a un domaine de réglage qui aux limites du réglage évite l'intersection avec l'onde répétitive pour obliger le comparateur de modulation à produire un signal de sortie qui à une limite de réglage est toujours présent et l'autre limite de réglage est toujours absent.

98. Circuit selon la revendication 91, caractérisé en ce que la première tension de commande réglable a un domaine de réglage recouvrant le domaine de valeur de l'onde répétitive pour obliger le comparateur de modulation (148) à produire une onde de sortie qui à une limite de réglage est toujours présente, et l'autre limite est toujours absente, et à des réglages intermédiaires est pulsée.

99. Circuit selon la revendication 91, caractérisé en ce que la fréquence de répétition de l'onde répétitive est au-dessus du domaine audible et en-dessous de la valeur à laquelle des commutateurs à semiconducteurs basse fréquence présentent des pertes de commutation importantes.

100. Circuit selon la revendication 91, caractérisé en ce que la fréquence de l'onde répétitive est supérieure à 20 kHz.

101. Circuit selon la revendication 100, caractérisé en ce que l'onde répétitive est une onde en dents de scie dont la première pente a une longue durée et dont la seconde pente a une courte durée.

102. Circuit de commande de la vitesse ou du couple d'un moteur pour un moteur à commutation électronique agencé pour être excité par une source de courant, ce moteur ayant un ensemble d'enroulements à étages multiples et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation relative mutuelle lors de l'application d'une séquence d'excitation à états multiples. Le circuit est caractérisé en ce qu'il comprend :

- des bornes d'entrée de courant (126,127) pour

connexion à une source de courant convenable pour le fonctionnement du moteur ;

5 - un premier moyen de réduction de tension réglable pour relier en série une charge via les bornes d'entrée à la source de courant pour fournir une tension de sortie variable convenable pour le fonctionnement à couple ou vitesse variable du moteur ;

10 - une source de courant continu basse tension (F1, R22, CR5, C1) convenable pour l'excitation du circuit de commande de la vitesse, cette source de courant continu basse tension comprenant un second moyen de réduction de tension pour relier en série le circuit de commande de vitesse via le premier moyen de réduction de tension et les bornes d'entrée de courant à la source de courant ;

15 - ce circuit de commande de la vitesse ou du couple comprenant :

20 - un comparateur de modulation (148) ayant une première entrée à laquelle est appliquée une onde basse de tension répétitive et une seconde entrée à laquelle est appliquée une tension de commande réglable, cette tension de commande changeant lorsque la tension de sortie variable diminue pour produire des impulsions de sortie ayant un temps "actif" qui diminue lorsque la tension de commande réglable diminue, ces impulsions de sortie apparaissant lorsque l'onde
25 de tension répétitive et la tension réglable se coupent, ces impulsions de sortie apparaissant à une fréquence de répétition constante et ayant un temps actif égal à l'intervalle entre des paires alternées d'intersection ;

30 - un moyen logique de commande (145) sensible au temps actif de ces impulsions de modulateur pour fournir des signaux modulés en largeur d'impulsion pour la commande de l'excitation des étages d'enroulements dans la séquence d'excitation à états multiples ;

35 - des bornes de sortie de charge pour la connexion aux étages d'enroulements du moteur et des commutateurs de

puissance (122, 123, 124) sensibles aux signaux modulés en largeur d'impulsion pour relier des étages d'enroulements du moteur via le premier moyen de réduction de tension réglable et via les bornes d'entrée de courant à la source de courant pour l'excitation des enroulements dans une séquence d'excitation à états multiples, grâce à quoi lors du fonctionnement du premier moyen de réduction de tension réglable, à la fois l'amplitude de la tension appliquée et le temps actif marche des impulsions de sortie du modulateur en largeur d'impulsion (148) sont réduites simultanément.

103. Circuit de commande de la vitesse ou du couple d'un moteur pour un moteur à commutation électronique agencé pour être excité par une source de courant, ce moteur ayant un ensemble d'enroulements à étages multiples et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation relative mutuelle lors de l'application d'une séquence d'excitation à états multiples, circuit caractérisé en ce qu'il comprend :

- les bornes d'entrée de courant pour la connexion à une source de courant convenable pour le fonctionnement du moteur ;

- un premier moyen de réduction de tension réglable pour relier en série une charge via les bornes d'entrée à la source de courant pour fournir une tension de sortie variable convenable pour le fonctionnement à couple ou vitesse variable du moteur ;

- une source de courant continu basse tension convenable (F1, R22, CR5, C1) pour l'alimentation du circuit de commande de la vitesse, cette source de courant continu basse tension comprenant un second moyen de réduction de tension pour relier en série le circuit de commande de vitesse via le premier moyen de réduction de tension et les bornes d'entrée de courant à la source de courant ;

- le circuit de commande de vitesse comprenant :
- un comparateur de modulation (148) ayant une première entrée à laquelle est appliquée une onde basse de

tension répétitive et une seconde entrée à laquelle est appliquée une tension de commande réglable, cette tension de commande après une réduction initiale de la tension de fonctionnement du moteur qui n'occasionne aucun changement, changeant lorsque la tension de sortie variable diminue pour produire des impulsions de sortie ayant un temps "actif" qui diminue lorsque la tension de commande réglable diminue, ces impulsions de sortie apparaissant lorsque l'onde de tension répétitive et la tension réglable se coupent, et des impulsions de sortie apparaissant à la fréquence de répétition constante et ayant un temps actif égal à l'intervalle entre des paires alternées d'intersection ;

- un moyen logique de commande (145) sensible au temps actif des impulsions du modulateur pour fournir des signaux modulés en largeur d'impulsion commander pour l'excitation des étages d'enroulements dans la séquence d'excitation à états multiples ;

- des bornes de sortie de charge pour la connexion aux étages d'enroulements du moteur, et des commutateurs de puissance (122,123,124) sensibles aux signaux modulés en largeur d'impulsion pour relier les étages d'enroulements du moteur via le premier moyen de réduction de tension réglable et via les bornes d'entrée de puissance à la source de courant pour l'excitation des enroulements dans la séquence d'excitation à états multiples, grâce à quoi, après la réduction initiale par fonctionnement du premier moyen de réduction de tension réglable, à la fois l'amplitude de la tension appliquée et le temps actif du modulateur en largeur d'impulsion sont simultanément réduites.

104. Circuit de commande de la vitesse ou du couple d'un moteur pour un moteur à commutation électronique agencé pour être alimenté à partir d'une source de courant, ce moteur ayant un ensemble d'enroulements à étages multiples et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation relative mutuelle ce moteur dans un état donné d'une séquence

d'excitation à états multiples ayant un étage d'enroulements non excité dans lequel une force contre-électromotrice induite est intégrée en fonction du temps pour déterminer l'instant auquel est atteinte la position angulaire relative mutuelle convenable pour la commutation à l'état suivant, et
5 ou dans cet état donné au moins un autre étage d'enroulements est excité dans le sens approprié pour provoquer la rotation relative, circuit caractérisé en ce qu'il comprend :

- des bornes d'entrée de courant pour la connexion
10 à une source de courant convenable pour le fonctionnement du moteur ;

- un premier moyen de réduction de tension réglable pour relier en série une charge via les bornes d'entrée à la source de courant pour fournir une tension de sortie variable
15 convenable pour le fonctionnement à couple ou vitesse variable du moteur ;

- une source de courant continu basse tension convenable pour l'excitation du circuit de commande de la vitesse, cette source de courant continu basse tension comprenant un second moyen de réduction de tension pour relier en
20 série le circuit de commande de vitesse via le premier moyen de réduction de tension et les bornes d'entrée de courant à la source de courant ;

- le circuit de commande de vitesse comprenant :

25 - un générateur d'onde (147) pour fournir une onde basse tension répétitive de fréquence, amplitude et configuration constante, ces caractéristiques étant indépendantes du moteur, l'onde ayant une première pente d'une première durée et une seconde pente d'une seconde durée et de sens opposé à
30 la première pente, et une fréquence de répétition qui est élevée par rapport à la vitesse de commutation, un moyen pour produire une tension de commande uniforme réglable,

- un comparateur de modulation (148) ayant une première entrée à laquelle est appliquée l'onde basse répétitive et une seconde entrée à laquelle est appliquée la ten-
35

sion réglable, pour produire des impulsions de sortie lorsqu'apparaissent des intersections entre cette onde basse tension répétitive et la tension réglable, les impulsions de sortie apparaissant à une fréquence de répétition constante et ayant un temps actif égal à l'intervalle entre des paires alternées d'intersection ;

5 - un moyen logique de commande (145) sensible au temps actif des impulsions du modulateur pour fournir des signaux modulés en largeur d'impulsion pour les étages d'enroulements dans la séquence d'excitation à états multiples ;

10 - des bornes de sortie de charge pour la connexion aux étages d'enroulements du moteur, et des commutateurs de puissance (122, 123, 124) sensibles aux signaux modulés en largeur d'impulsion pour relier les étages d'enroulements du moteur via le premier moyen de réduction de tension réglable et les bornes d'entrée de courant à la source de courant pour l'excitation des enroulements dans la séquence d'excitation à états multiples.

15 105. Circuit selon la revendication 104, caractérisé en ce que le moyen pour produire la tension de commande réglable comprend un diviseur de tension (R40, Q81) avec une prise mobile, le diviseur étant relié aux bornes de la source de courant continu basse tension, et la prise mobile étant reliée à la seconde entrée du comparateur de modulation, grâce à quoi le premier moyen de réduction de tension réglable ou la prise réglable fournit le réglage du couple ou de la vitesse du moteur.

20 106. Circuit selon la revendication 104, caractérisé en ce que l'on prévoit un moyen de statilisation de la tension pour la source de courant continu basse tension, et en ce que le moyen de production de la tension de commande réglable comprend un moyen pour dériver une tension en fonction de la tension de sortie variable détectée pour diminuer le temps actif des impulsions MLI lorsque la tension de sortie variable est réduite.

25 30 35

107. Circuit selon la revendication 104, caractérisé en ce que:

- on prévoit un moyen de stabilisation de la tension pour la source de courant continu basse tension, et
- 5 - en ce que le moyen pour produire la tension de commande réglable comprend un moyen à semiconducteur pour dériver une tension qui après une réduction initiale de la tension de sortie variable qui ne provoque aucun changement de la tension de commande, varie avec les diminutions supplé-
- 10 mentaires de la tension de sortie variable dans un sens réduisant le temps actif des impulsions modulées en largeur d'impulsion

108. Circuit selon la revendication 106 ou 197, caractérisé en ce que:

- 15 - le moyen pour produire la tension de commande réglable comprend un diviseur de tension avec une prise mobile, le diviseur de tension étant relié aux bornes de la source de courant continu basse tension, et la prise étant reliée à la seconde entrée du comparateur de modulation,
- 20 le réglage de cette prise mobile réglant le couple ou la vitesse maximum du moteur, et le réglage du premier moyen de réduction de tension réglable réduisant la vitesse ou le couple du moteur en-dessous du réglage maximum.

109, Circuit selon la revendication 107, caractérisé en ce que le moyen à semiconducteur comprend :

- 25 - un diviseur de tension avec une prise de sortie aux bornes duquel est appliquée la tension de sortie variable et
- 30 - un transistor dont l'émetteur est relié à une borne de la source de courant continu basse tension, la base est reliée à la prise de sortie du diviseur de tension, et le collecteur à la seconde entrée du comparateur de modulation.

110. Procédé de commande de la vitesse ou du couple d'un moteur à commutation électronique alimenté à partir
35 d'une source de courant, ce moteur ayant un ensemble d'enrou-

lements à étages multiples, et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation relative mutuelle, ce moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation à états multiples ayant un étage d'enroulements non excité dans lequel une
5 force contre-électromotrice induite est intégrée en fonction du temps pour déterminer l'instant auquel est atteinte la position angulaire relative mutuelle convenable pour la commutation à l'état suivant, et en ce que dans cet état donné, au moins un autre étage d'enroulements est excité dans le
10 sens approprié pour provoquer la rotation relative, procédé caractérisé en ce qu'il consiste à :

- engendrer une onde basse tension répétitive de fréquence, amplitude et configuration constante, ces caractéristiques étant indépendantes du moteur, l'onde ayant une
15 première pente d'une première durée et une seconde pente d'une seconde durée et de sens opposé à la première pente, et une fréquence de répétition qui est élevée par rapport à la vitesse de commutation ;

- ajuster une tension de commande uniforme pour la
20 commande de la vitesse ou du couple ;

- comparer l'onde de tension répétitive à la tension de commande réglable dans un modulateur (148) pour produire des impulsions de sortie lorsqu'apparaissent des intersections entre les entrées, les impulsions de sortie apparaissant à une fréquence de répétition constante et ayant un
25 temps actif égal à l'intervalle entre les paires alternées d'intersections ; et

- fournir des signaux modulés en largeur d'impulsion pendant le temps actif de ces impulsions du modulateur
30 pour commander l'énergie électrique fournie lors de l'excitation des étages d'enroulements dans cette séquence d'excitation à états multiples.

111. Procédé de commande de la vitesse ou du couple d'un moteur à commutation électronique alimenté à
35 partir d'une source de courant, ce moteur ayant un ensemble

d'enroulements à étages multiples, et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation relative mutuelle, ce moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation à état multiple ayant un étage d'enroulements non excité dans lequel
5 une force contre-électromotrice induite est intégrée en fonction du temps pour déterminer l'instant auquel est atteinte la position angulaire relative mutuelle convenable pour la commutation à l'état suivant, et en ce que dans cet état donné, au moins un autre étage d'enroulements est excité dans
10 le sens approprié pour provoquer la rotation relative, procédé caractérisé en ce qu'il consiste à :

- fournir une tension de sortie variable convenable pour le fonctionnement à vitesse ou couple variable du moteur au moyen d'un moyen de réduction et de tension réglable re-
15 liant en série le moteur et la source de courant ;

- engendrer une onde basse tension répétitive, de fréquence, amplitude et configuration constante, ces caractéristiques étant indépendantes du moteur, l'onde ayant une première pente d'une première durée et une seconde pente
20 d'une seconde durée et de sens opposé à la première pente, et une fréquence de répétition qui est élevée par rapport à la vitesse de commutation ;

- fournir une tension de commande uniforme réglable pour la commande de la vitesse ou du couple ; et

- comparer cette onde de tension répétitive à la tension de commande réglable dans un modulateur (148) pour produire des impulsions de sortie lorsqu'apparaissent des intersections entre les signaux entrées, ces impulsions de sortie apparaissant à cette fréquence de répétition constante
30 et ayant un temps actif égal à l'intervalle entre des paires alternées d'intersection ; et

- appliquer de l'énergie de la source de courant au moteur pendant le temps actif de ces impulsions du modulateur ;

- et sélectivement régler la tension de sortie
35 variable ou la tension de commande réglable pour la commande

de la vitesse ou du couple du moteur.

112. Procédé de commande de la vitesse ou du couple d'un moteur à commutation électronique alimenté à partir d'une source de courant, ce moteur ayant un ensemble d'enroulements à étages multiples, et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation relative mutuelle, ce moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation à états multiples ayant un étage d'enroulements non excité dans lequel une force contre-électromotrice induite est intégrée en fonction du temps pour déterminer l'instant auquel est atteinte la position angulaire relative mutuelle convenant pour la commutation à l'état suivant, et dans laquelle dans cet état donné, au moins un autre étage d'enroulements est excité dans le sens approprié pour provoquer la rotation relative, procédé caractérisé en ce qu'il consiste à :

fournir une tension de sortie variable convenant pour le fonctionnement à vitesse ou couple variable du moteur au moyen d'un moyen de réduction de tension réglable reliant en série le moteur à la source de courant ;

- engendrer une onde basse tension répétitive de fréquence, amplitude et configuration constante, ces caractéristiques étant indépendantes du moteur, l'onde ayant une première pente d'une première durée et une seconde pente d'une seconde durée et de sens opposé à la première et une fréquence de répétition qui est élevée par rapport à la vitesse de commutation ;

- fournir une tension de commande régulière réglable pour la commande de la vitesse ou du couple du moteur et comparer l'onde de tension répétitive à la tension de commande réglable dans un modulateur (148) pour produire des impulsions de sortie lorsqu'apparaissent des intersections entre les entrées, ces impulsions de sortie apparaissant à la fréquence de répétition constante et ayant un temps actif égal à l'intervalle entre les paires alternées d'intersections ; et

- appliquer de l'énergie de la source de courant au moteur pendant le temps actif des impulsions du modulateur;

- et simultanément régler la tension de sortie variable et la tension de commande réglable pour la commande de la vitesse ou du couple du moteur.

113. Procédé de commande de la vitesse ou du couple d'un moteur à commutation électronique alimenté à partir d'une source de courant, ce moteur ayant un ensemble d'enroulements à étages multiples, et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation relative mutuelle, ce moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation à états multiples ayant un étage d'enroulements non excité dans lequel une force contre-électromotrice induite est intégrée en fonction du temps pour déterminer l'instant auquel est atteinte la position angulaire relative mutuelle convenable pour la commutation à l'état suivant, et dans lequel dans cet état donné, au moins un autre étage d'enroulements est excité dans le sens approprié pour provoquer la rotation relative, procédé caractérisé en ce qu'il consiste à :

fournir une tension de sortie variable convenable pour le fonctionnement à vitesse ou couple variable du moteur au moyen d'un moyen de réduction de tension réglable reliant en série le moteur à la source de courant ;

- engendrer une onde basse tension répétitive de fréquence, amplitude et configuration constante, ces caractéristiques étant indépendantes du moteur, l'onde ayant une première pente d'une première durée et une seconde pente d'une seconde durée et de sens opposé à la première pente et une fréquence de répétition qui est élevée par rapport à la vitesse de commutation ;

- fournir une tension de commande régulière réglable pour la commande de la vitesse ou du couple du moteur et comparer l'onde de tension répétitive à la tension de commande réglable dans un modulateur (148) pour produire des impulsions de sortie lorsqu'apparaissent des intersections

entre les entrées, ces impulsions de sortie apparaissant à la fréquence de répétition constante et ayant un temps actif égal à l'intervalle entre les paires alternées d'intersection ; et

5 - appliquer de l'énergie de la source de courant au moteur pendant le temps actif des impulsions du modulateur;

 - et régler seulement la tension de sortie variable pour une petite réduction de la vitesse ou du couple du moteur et, pour une réduction supplémentaire régler simultanément cette tension de sortie variable et la tension de commande pour la commande de la vitesse ou du couple du moteur.

114. Circuit de commande pour un moteur réversible à commutation électronique agencé pour être alimenté à partir d'une source de courant, ce moteur ayant un ensemble d'enroulements à étages multiples, et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation relative mutuelle, ce moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation à états multiples ayant un étage d'enroulements non excité dans lequel une force contre-électromotrice induite est intégrée en fonction du temps pour déterminer l'instant auquel est atteinte la position angulaire relative mutuelle convenable pour la commutation à l'état suivant de la séquence, et dans lequel dans cet état donné, au moins un autre étage d'enroulements est excité dans le sens approprié pour provoquer la rotation relative, circuit caractérisé en ce qu'il comprend

25 - des bornes d'entrée de courant pour la connexion à une source de courant convenable pour le fonctionnement du moteur ;

 - un premier moyen de réduction de tension réglable pour relier en série un moteur via ses bornes d'entrée à la source de courant pour fournir une tension de sortie variable convenable pour le fonctionnement à vitesse ou couple variable ;

 - un moyen pour produire une tension de commande régulière dépendant de cette tension de sortie variable,

cette tension de commande, lorsqu'elle traverse une valeur intermédiaire correspondant à une limite utile du moyen réglable, continuant de façon monotone vers une valeur finale, et

- 5 - un moyen (149) sensible à une valeur de cette tension de commande entre les valeurs intermédiaires et finales pour engendrer un signal pour changer le sens de rotation du moteur.

115. Circuit selon la revendication 114, caracté-
10 risé en ce que la valeur intermédiaire de la tension de commande correspond à la vitesse minimum voulue ou au couple minimum voulu du moteur, ce changement de sens apparaissant vers la tension minimum de sortie.

116. Circuit selon la revendication 114, caracté-
15 risé en ce que la valeur intermédiaire de la tension de commande correspond approximativement au calage du moteur, ce changement de sens apparaissant vers la tension minimum de sortie.

117. Circuit selon la revendication 116, caracté-
20 risé en ce qu'on prévoit un moyen (150) pour interrompre l'excitation du moteur pendant un court instant lorsque le sens de rotation est changé.

118. Circuit de commande de moteur pour un moteur
25 réversible à commutation électronique agencé pour être alimenté à partir d'une source de courant, ce moteur ayant un ensemble d'enroulements à étages multiples, et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation relative mutuelle, ce moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation à états multiples ayant un étage d'enroulements non
30 excité dans lequel une force contre-électromotrice induite est intégrée en fonction du temps pour déterminer l'instant auquel est atteinte la position angulaire relative mutuelle convenant pour la commutation à l'état suivant de la séquence, et dans lequel dans cet état donné au moins un autre
35 étage d'enroulements est excité dans le sens approprié pour

provoquer la rotation relative, circuit caractérisé en ce qu'il comprend :

- des bornes d'entrée pour la connexion à une source de courant convenable pour le fonctionnement du moteur ;
- 5 - un premier moyen de réduction réglable pour relier en série un moteur via ses bornes d'entrée à la source de courant pour fournir une tension de sortie variable convenable pour le fonctionnement à vitesse ou couple variable ;
- un moyen pour produire une tension de commande
- 10 régulière dépendant de la tension de sortie variable, cette tension de commande, lorsqu'elle traverse une valeur intermédiaire correspondant à un réglage minimum utile au moyen réglable, continuant de façon monotone vers une valeur finale, et
- 15 un moyen logique de commande comprenant :
 - un moyen de commande d'énergie sensible à cette tension de commande pour régler le taux auquel l'énergie électrique est fournie de la source au moteur pour déterminer la vitesse ou le couple du moteur, et
 - 20 - un moyen de commande du sens de rotation du moteur (149) sensible à une valeur de cette tension de commande entre les valeurs intermédiaires et finales pour engendrer un signal pour modifier le sens du moteur.

119 - Circuit de commande de moteur pour un moteur
25 reversible à commutation électronique agencé pour être alimenté à partir d'une source de courant, ce moteur ayant un ensemble d'enroulements à étages multiples, et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation relative mutuelle, ce moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation à états multiples ayant un étage d'enroulements non
30 excité dans lequel une force contre-électromotrice induite est intégrée en fonction du temps pour déterminer l'instant auquel est atteinte une position angulaire relative mutuelle convenant pour la commutation à l'état suivant de la séquence,
35 et dans lequel dans cet état donné au moins un autre

étage d'enroulements est excité dans le sens approprié pour provoquer la rotation relative, circuit caractérisé en ce qu'il comprend :

5 - des bornes d'entrée pour la connexion à une source de courant convenable pour le fonctionnement du moteur ;

 - un premier moyen de réduction de tension réglable pour relier en série un moteur via ses bornes d'entrée à la source de courant pour fournir une tension de sortie variable convenable pour le fonctionnement à vitesse ou couple varia-
10 ble ;

 - un moyen pour produire une tension de commande régulière dépendant de la tension de sortie variable, cette tension de commande, lorsqu'elle traverse une valeur intermédiaire, continuant vers une valeur finale, et

15 un moyen logique de commande comprenant :

 - un modulateur en largeur d'impulsion (148) sensible à la tension de commande pour un réglage du taux auquel est fournie l'énergie électrique de la source au moteur pour déterminer la vitesse ou le couple du moteur et

20 - un moyen de commande du sens de rotation du moteur (149) sensible à une valeur de cette tension de commande entre les valeurs intermédiaires et finales pour engendrer un signal de commande pour changer le sens du moteur.

 120. Circuit selon la revendication 119, caractérisé en ce que

25 - le modulateur de largeur d'impulsions (148) produit des impulsions de sortie de fréquence de répétition constante, cette fréquence de répétition étant élevée par rapport à la vitesse de commutation, l'énergie électrique
30 étant fournie au moteur pendant le temps actif de ces impulsions.

 121. Circuit selon la revendication 120 caractérisé en ce qu'une partie du circuit de commande est alimentée par la tension de sortie et nécessite une valeur prédéterminée
35 pour le fonctionnement approprié, et en ce que

- le modulateur en largeur d'impulsion produit une réduction du temps actif des impulsions adéquate pour produire une vitesse ou un couple minimum voulu du moteur avant que cette tension de sortie tombe en-dessous de la valeur prédéterminée.

122. Circuit selon la revendication 120 caractérisée en ce qu'une partie du circuit de commande est alimentée par la tension de sortie et nécessite une valeur prédéterminée pour le fonctionnement approprié, et en ce que

- le modulateur en largeur d'impulsion produit une réduction du temps actif des impulsions adéquate pour produire un calage du moteur avant que cette tension de sortie tombe en-dessous de la valeur prédéterminée.

123 - Circuit de commande de moteur pour un moteur réversible à commutation électronique agencé pour être alimenté par une source de courant, ce moteur ayant un ensemble d'enroulements à étages multiples, et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation relative mutuelle, ce moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation à états multiples ayant un étage d'enroulements non excité dans lequel une force contre-électromotrice induite est intégrée en fonction du temps pour déterminer l'instant auquel est atteinte la position angulaire relative mutuelle convenant pour la commutation à l'état suivant de la séquence, et dans lequel dans cet état donné au moins un autre étage d'enroulements est excité dans le sens approprié pour provoquer la rotation relative, circuit caractérisé en ce qu'il comprend :

- des bornes d'entrée pour la connexion à une source de courant convenable pour le fonctionnement du moteur ;

- un premier moyen de réduction de tension réglable pour relier en série un moteur et une partie de ce circuit de commande reliée en parallèle avec ce moteur, via ses bornes d'entrée à la source de courant pour fournir une tension de sortie variable convenable pour le fonctionnement à vitesse ou couple variable du moteur, la tension de sortie minimum

étant adéquate pour commander l'excitation du circuit,;

- un moyen pour produire une tension de commande régulière dépendant de la tension de sortie variable, cette tension de commande, lorsqu'elle traverse une valeur intermédiaire, correspondant à un réglage minimum utile du moyen réglable, continuant de façon monotone vers une valeur finale, et

un moyen logique de commande comprenant :

- un moyen de commande d'énergie (148), incluant un modulateur de largeur d'impulsion sensible à la tension de commande pour produire des impulsions de sortie de fréquence de répétition constante, cette fréquence de répétition étant élevée par rapport à la vitesse de commutation, l'énergie étant fournie au moteur pendant le temps actif de ses impulsions, étant réduite à la valeur intermédiaire de la tension de commande pour produire la vitesse ou le couple minimum voulu du moteur, et,

- un moyen de commande de sens du moteur sensible à une valeur de cette tension de commande entre les valeurs intermédiaire et finale pour engendrer un signal de commande pour changer le sens du moteur.

124. Circuit selon la revendication 123 caractérisé en ce que le modulateur de largeur d'impulsion (148) comprend un générateur d'onde pour fournir une onde basse tension répétitive de fréquence, amplitude et configuration constante, ces caractéristiques étant indépendantes du moteur, cette onde ayant une première pente d'une première durée et une seconde pente d'une seconde durée et de sens opposé à la première pente, et une fréquence de répétition qui est élevée par rapport à la vitesse de commutation ; et

- un comparateur de modulation (COM6) ayant une première entrée à laquelle est appliquée l'onde de tension répétitive et une seconde entrée à laquelle est appliquée la tension de commande réglable, pour produire des impulsions de sortie lorsqu'apparaissent des intersections entre ces en-

trées, ces impulsions de sortie apparaissant à une fréquence de répétition constante et ayant un temps actif égal à l'intervalle entre des paires alternées d'intersection.

125. Circuit selon la revendication 124 caractérisé
5 en ce que le moyen de commande du sens du moteur (149) se compose d'un comparateur d'inversion ayant une première entrée à laquelle est appliquée la tension de commande réglable, et une seconde entrée à laquelle est appliquée une tension de référence ayant une valeur entre la valeur intermédiaire et finale, ce comparateur d'inversion en réponse à
10 l'égalité entre les entrées, engendrant un signal pour un changement de sens de rotation du moteur.

126. Circuit de commande de moteur pour un moteur
15 réversible à commutation électronique agencé pour être alimenté par une source de courant, ce moteur ayant un ensemble d'enroulements à étages multiples, et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation relative mutuelle, ce moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation à états multiples ayant un étage d'enroulements non excité dans le-
20 quel une force contre-électromotrice induite est intégrée en fonction du temps pour déterminer l'instant auquel est atteinte la position angulaire relative mutuelle convenant pour la commutation à l'état suivant de la séquence, et dans lequel dans cet état donné au moins un autre étage d'enroule-
25 ments est excité dans le sens approprié pour provoquer la rotation relative, circuit caractérisé en ce qu'il comprend :

- des bornes d'entrée de courant pour la connexion à une source de courant convenable pour le fonctionnement du moteur ;
- 30 - un moyen de réduction de tension réglable pour relier en série un moteur et une partie de ce circuit de commande reliée en parallèle avec ce moteur, via ses bornes d'entrée à la source de courant pour fournir une tension de sortie réglable convenable pour le fonctionnement à vitesse
35 ou couple variable du moteur, la tension de sortie minimum

étant adéquate pour commander l'excitation du circuit,;

- un moyen pour produire une tension de commande régulière dépendant de la tension de sortie variable, cette tension de commande, lorsqu'elle traverse une valeur intermédiaire, continuant vers une valeur finale, et

un moyen logique de commande comprenant :

- un moyen de commande d'énergie, incluant un modulateur de largeur d'impulsion (148) sensible à la tension de commande pour produire des impulsions de sortie de fréquence de répétition constante, cette fréquence de répétition étant élevée par rapport à la vitesse de commutation, l'énergie étant fournie au moteur pendant le temps actif de ses impulsions, étant réduite à cette valeur intermédiaire de la tension de commande pour produire la vitesse et le couple minimum voulu du moteur, et,

- un moyen de commande de sens du moteur (149) ayant une première entrée couplée à un comparateur d'inversion (COM7) pour répondre à une valeur de cette tension de commande entre les valeurs intermédiaire et finale pour engendrer un signal pour modifier le sens de rotation du moteur, et,

- une seconde entrée couplée à un commutateur pour engendrer un signal pour commander le sens de rotation du moteur.

127. Circuit selon la revendication 118 ou 126, caractérisé en ce qu'on prévoit un moyen (150) pour interrompre l'excitation du moteur pendant un cours instant lorsque le sens de rotation du moteur est modifié.

128. Circuit selon la revendication 125 ou 126 caractérisé en ce que

- on prévoit des moyens de commutation à semiconducteurs pour relier en série les étages d'enroulements via les bornes d'entrée à la source de courant, ces moyens de commutation conduisant pour exciter les étages d'enroulements dans une séquence d'excitation, et

- en ce qu'on prévoit des moyens pour interrompre la conduction de ces commutateurs pendant une courte période adéquate pour ouvrir ces commutateurs, lorsque le sens de rotation du moteur est modifié, avant l'excitation des étages d'enroulements dans une autre séquence d'excitation.

129. Circuit selon la revendication 128, caractérisé en ce que la période d'interruption de conduction est dérivée du générateur d'onde, et dépasse une période de l'onde basse tension répétitive.

130. Circuit selon la revendication 128, caractérisé en ce que

- le moyen de commande du sens du moteur (149) a une double sortie, une sortie ayant un état actif pour faciliter la rotation dans le sens des aiguilles d'une montre du moteur, et

- une seconde sortie ayant un état actif pour faciliter la rotation en sens contraire des aiguilles d'une montre du moteur, les deux états actifs des sorties n'apparaissant jamais simultanément et en ce que le moyen pour interrompre la conduction de ces commutateurs, produit cette interruption en maintenant les deux états de sortie inactifs pendant la période d'interruption.

131. Circuit selon la revendication 130, caractérisé en ce que

- on prévoit un second moyen de réduction de tension, couplant la partie du circuit de commande en parallèle avec le moteur via les bornes d'entrée à la source, et établissant une source de courant continu basse tension pour la partie du circuit de commande, la tension de cette source de courant continu basse tension changeant à une vitesse finie lorsque le courant est appliqué ou supprimé ; et

- un circuit de protection (150) produisant un signal de sortie sensible à la tension de la source de courant continu basse tension et lorsque cette tension a dépassé une première valeur lorsque le courant est appliqué, libérant

le moyen de commande de sens du moteur dans un état de sortie déterminé par le réglage du commutateur, cette première valeur étant réglée de telle sorte que le fonctionnement normal du circuit soit assuré à des tensions de la source de basse
5 tension excédent cette valeur.

132. Procédé de commande d'un moteur réversible à commutation électronique alimentée par une source de courant, ce moteur ayant un ensemble d'enroulements à étages multiples, et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une
10 rotation relative mutuelle, ce moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation à états multiples ayant un étage d'enroulements non excité dans lequel une force contre-électromotrice induite est intégrée en fonction du temps pour déterminer l'instant auquel est atteinte la position angulaire relative mutuelle convenant pour la commutation à
15 l'état suivant de la séquence, et dans lequel dans cet état donné au moins un autre étage d'enroulements est excité dans le sens approprié pour provoquer la rotation relative, procédé caractérisé en ce qu'il consiste à :

20 réduire la tension de sortie appliquée au moteur à l'aide d'une gamme de valeur convenable pour le fonctionnement à vitesse ou couple variable,

- produire une tension de commande régulière dépendant de cette tension de sortie variable, cette tension de
25 commande, lorsqu'elle traverse une valeur intermédiaire correspondant à une réduction minimum utile, continuant de façon monotone vers une valeur finale, et

- engendrer un signal pour modifier le sens de rotation du moteur à une valeur de la tension de commande
30 entre ces valeurs intermédiaires et finales.

133. Procédé de commande d'un moteur réversible à commutation électronique alimentée à partir une source de courant, ce moteur ayant un ensemble d'enroulements à étages multiples, et un ensemble magnétique, les deux agencés pour
35 une rotation relative mutuelle, ce moteur dans un état donné

d'une séquence d'excitation à états multiples ayant un étage d'enroulements non excité dans lequel une force contre-électromotrice induite est intégrée en fonction du temps pour déterminer l'instant auquel est atteinte la position angulaire relative mutuelle convenable pour la commutation à l'état suivant de la séquence, et en ce que dans cet état donné au moins un autre étage d'enroulements est excité dans le sens approprié pour provoquer la rotation relative, procédé caractérisé en ce qu'il consiste à :

5 - réduire la tension de sortie appliquée au moteur à l'aide d'une gamme de valeur convenable pour le fonctionnement à vitesse ou couple variable, au moyen d'un premier moyen de réduction de tension réglable reliant en série le moteur à la source de courant ;

15 - produire une tension de commande régulière dépendant de cette tension de sortie variable, cette tension de commande, lorsqu'elle traverse une valeur intermédiaire correspondant à une réduction minimum utile, de ce moyen réglable, continuant de façon monotone vers une valeur finale, et

20 - engendrer un signal pour modifier le sens de rotation du moteur à une valeur de la tension de commande entre ces valeurs intermédiaires et finales.

134. Procédé de commande d'un moteur réversible à commutation électronique alimentée à partir une source de courant, ce moteur ayant un ensemble d'enroulements à étages multiples, et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation relative mutuelle, ce moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation à états multiples ayant un étage d'enroulements non excité dans lequel une force contre-électromotrice induite est intégrée en fonction du temps pour déterminer l'instant auquel est atteinte la position angulaire relative mutuelle convenable pour la commutation à l'état suivant de la séquence, et dans lequel dans cet état donné au moins un autre étage d'enroulements est excité dans le sens approprié pour provoquer la rotation relative, procé-

dé caractérisé en ce qu'il consiste à :

réduire la tension de sortie fournie au moteur au moyen d'une gamme de valeur convenable pour le fonctionnement à vitesse ou couple variable, à l'aide d'un premier moyen de
5 réduction de tension réglable reliant en série le moteur à la source de courant ;

- produire une tension de commande régulière dépendant de la tension de sortie variable, cette tension de commande, lorsqu'elle traverse une valeur intermédiaire continuant de façon monotone vers une valeur finale,
10

- améliorer la vitesse de réglage vers le bas en énergie par unité de modification de la tension de sortie fournie au moteur et ainsi réduire cette gamme de valeurs au moyen d'un modulateur de largeur d'impulsion pour produire
15 des impulsions de sortie de fréquence de répétition élevée par rapport à la vitesse de commutation dont le temps actif, durant lequel l'énergie est fournie au moteur, dépend de cette tension de commande, ces valeurs intermédiaires correspondant à un réglage utile minimum du moyen réglable, et

20 - engendrer un signal pour modifier le sens de rotation du moteur à une valeur de la tension de commande entre ces valeurs intermédiaires et finales.

135. Procédé de commande d'un moteur réversible à commutation électronique alimentée à partir une source de
25 courant, ce moteur ayant un ensemble d'enroulements à étages multiples, et un ensemble magnétique, les deux agencés pour une rotation relative mutuelle, ce moteur dans un état donné d'une séquence d'excitation à états multiples ayant un étage d'enroulements non excité dans lequel une force contre-électromotrice induite est intégrée en fonction du temps pour
30 déterminer l'instant auquel est atteinte la position angulaire relative mutuelle convenable pour la commutation à l'état suivant de la séquence, et dans lequel dans cet état donné au moins un autre étage d'enroulements est excité dans
35 le sens approprié pour provoquer la rotation relative, procé-

dé caractérisé en ce qu'il consiste à :

réduire la tension de sortie fournie au moteur au moyen d'une gamme de valeur convenable pour le fonctionnement à vitesse ou couple variable, à l'aide d'un premier moyen de
5 réduction de tension réglable reliant en série le moteur à la source de courant ;

- produire une tension de commande régulière dépendant de la tension de sortie variable, cette tension de commande, lorsqu'elle traverse une valeur intermédiaire conti-
10 nuant de façon monotone vers une valeur finale,

- améliorer la vitesse de réglage vers le bas en énergie par unité tension fournie au moteur et ainsi réduire cette gamme de valeurs au moyen d'un modulateur de largeur d'impulsions pour produire des impulsions de sortie à fré-
15 quence de répétition élevée par rapport à la vitesse de commutation dont le temps actif, pendant lequel de l'énergie est fournie au moteur, dépend de la tension de commande, ces valeurs intermédiaires correspondant à un réglage utile minimum du moyen réglable,

20 - engendrer un signal pour suspendre l'excitation pour la rotation du moteur dans un sens à une valeur de la tension de commande entre des valeurs intermédiaire et finale, et

- après une courte interruption pour la protection
25 des commutateurs du moteur, engendrer un signal pour la rotation du moteur dans un sens opposé.

30

35

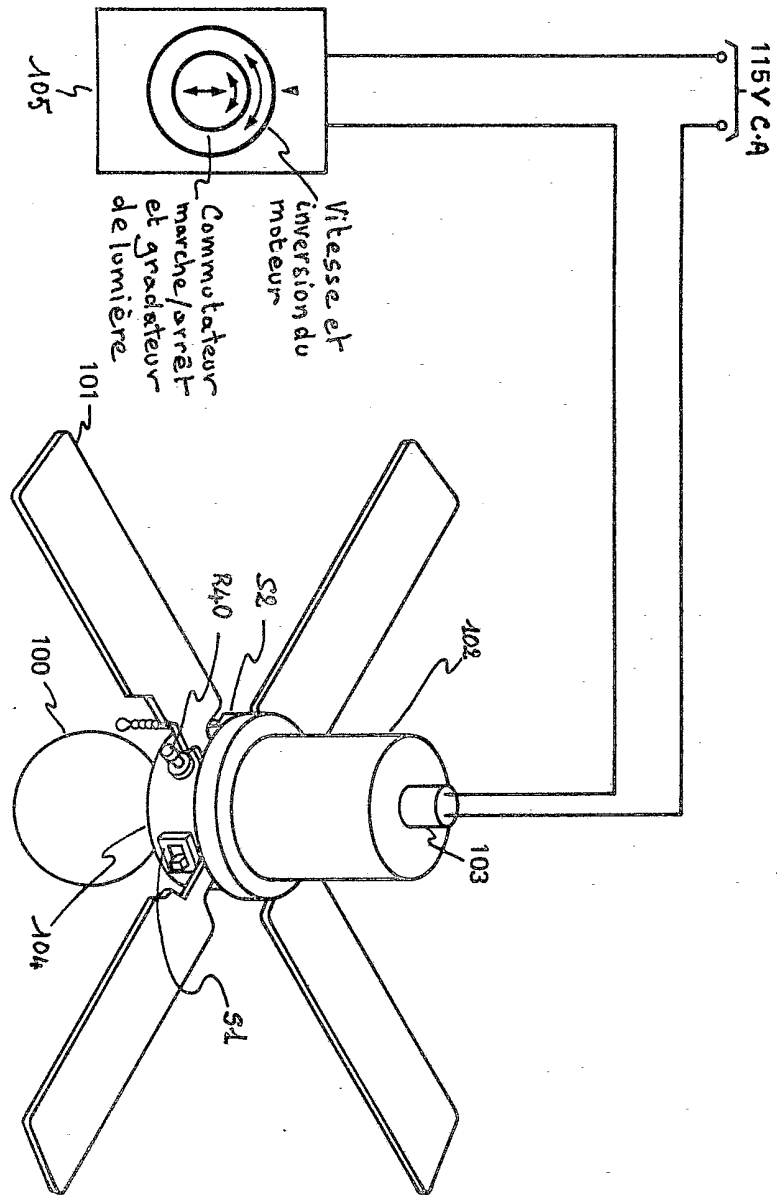
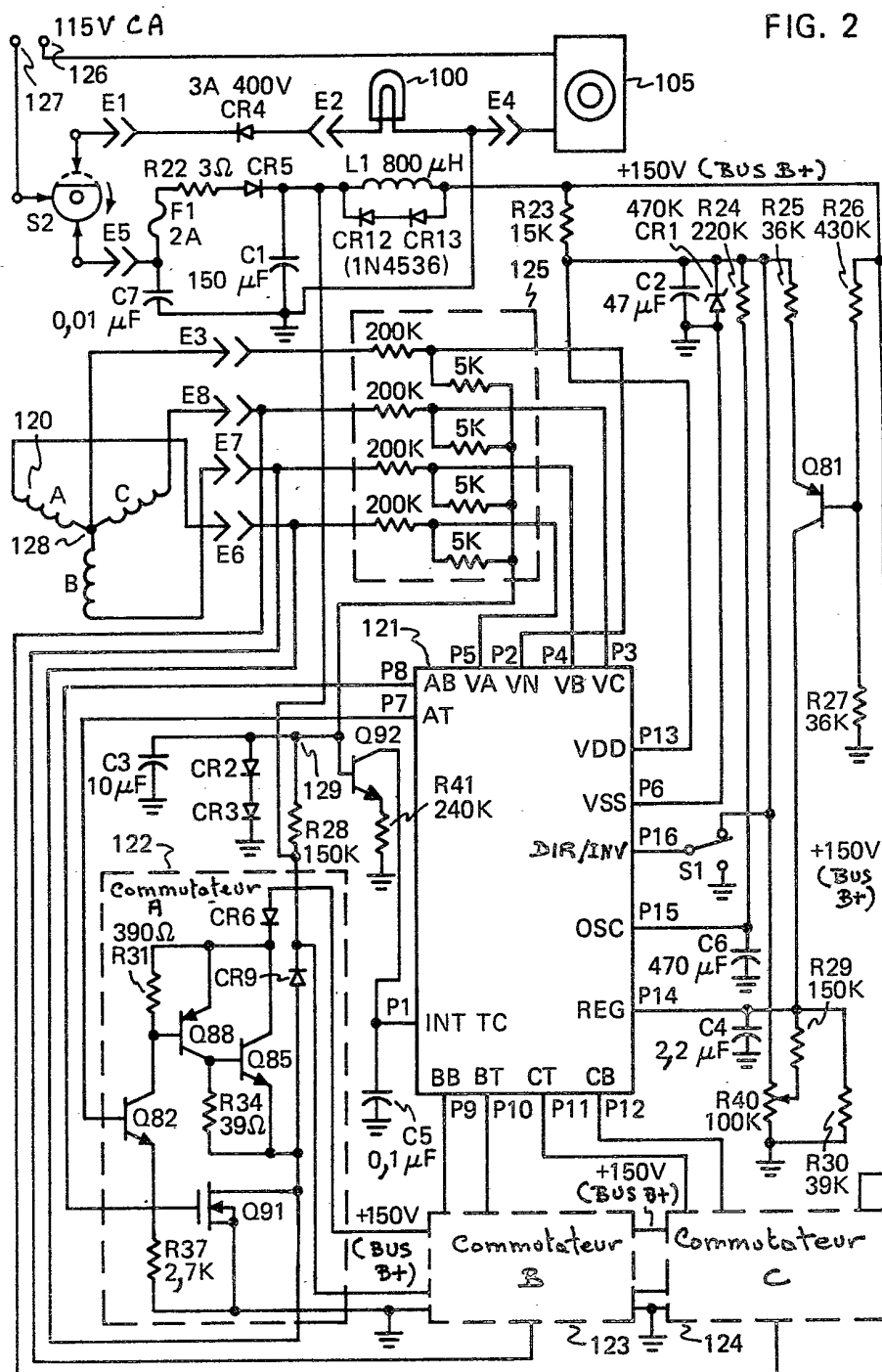
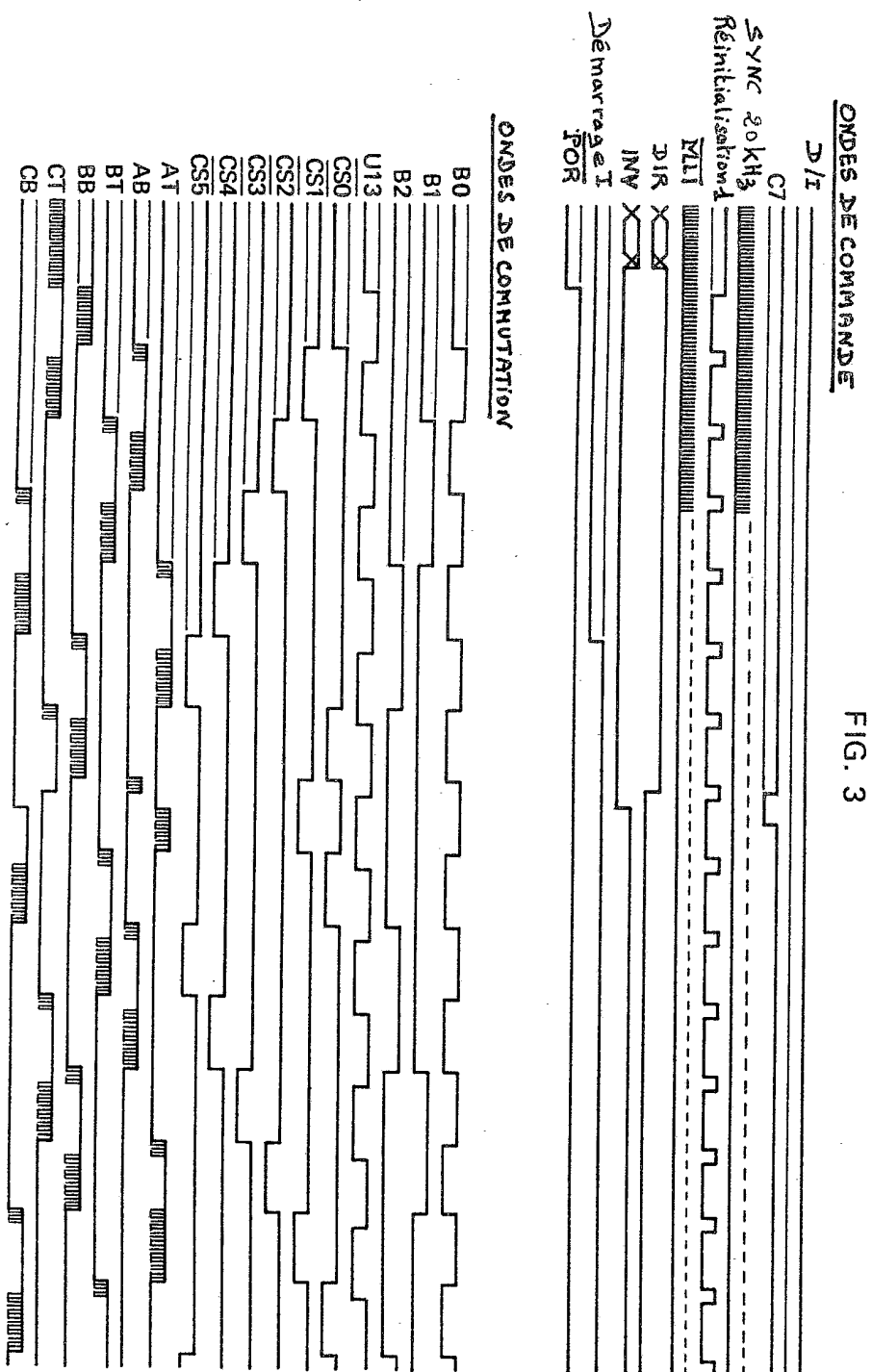


FIG. 1

FIG. 2





PL IV-16

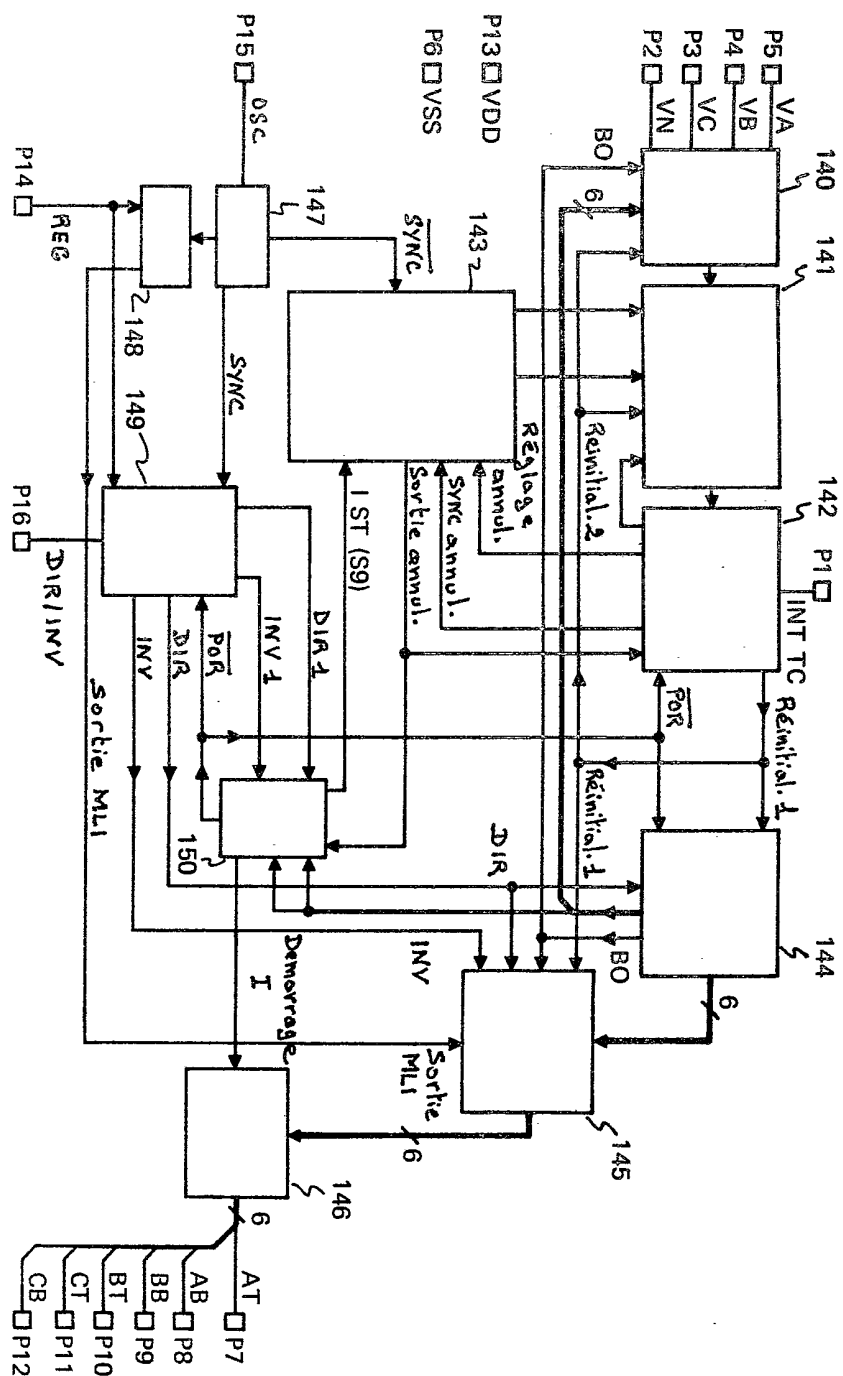


FIG. 4

PL V-16

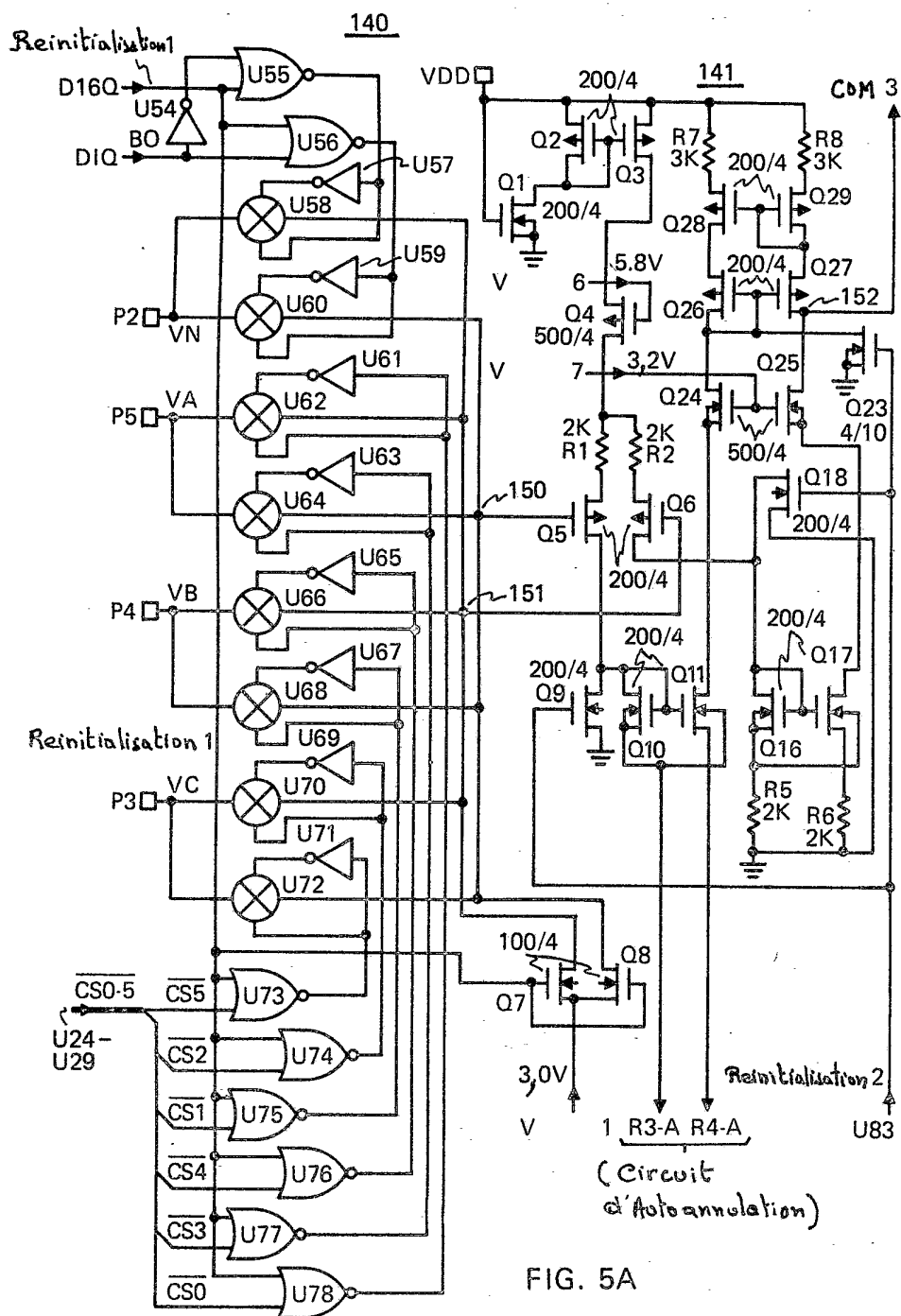


FIG. 5A

PL VI-16

FIG. 5B

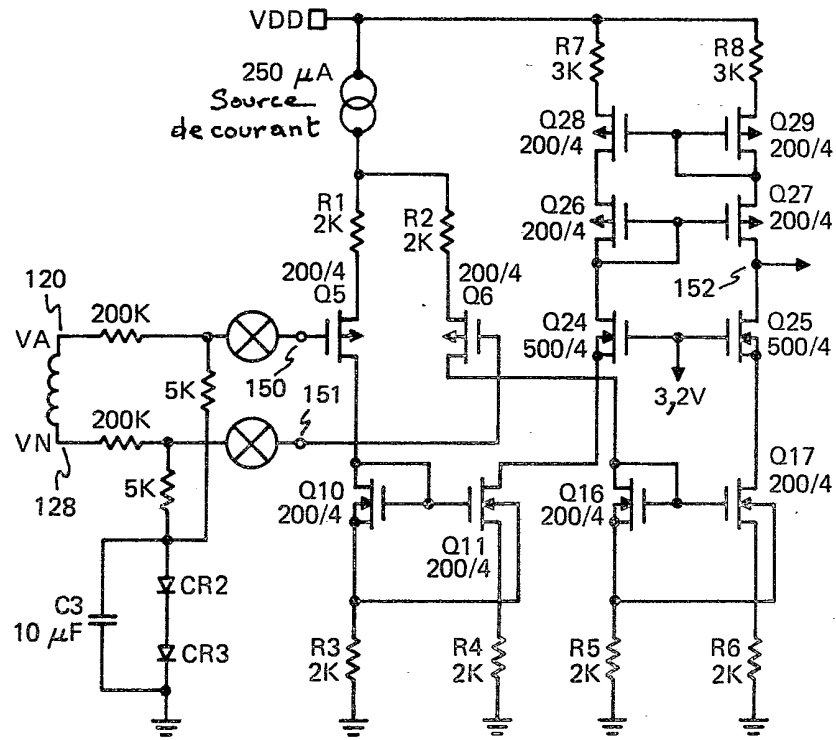


FIG. 5C

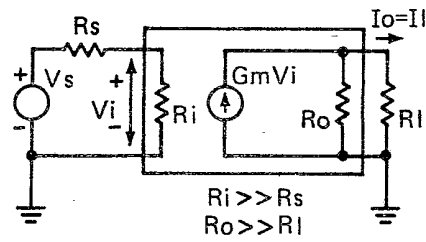
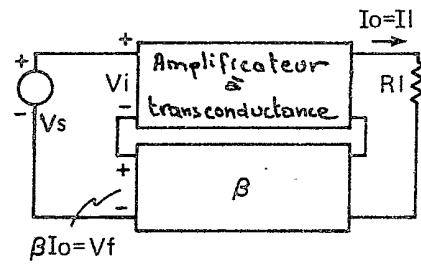


FIG. 5D



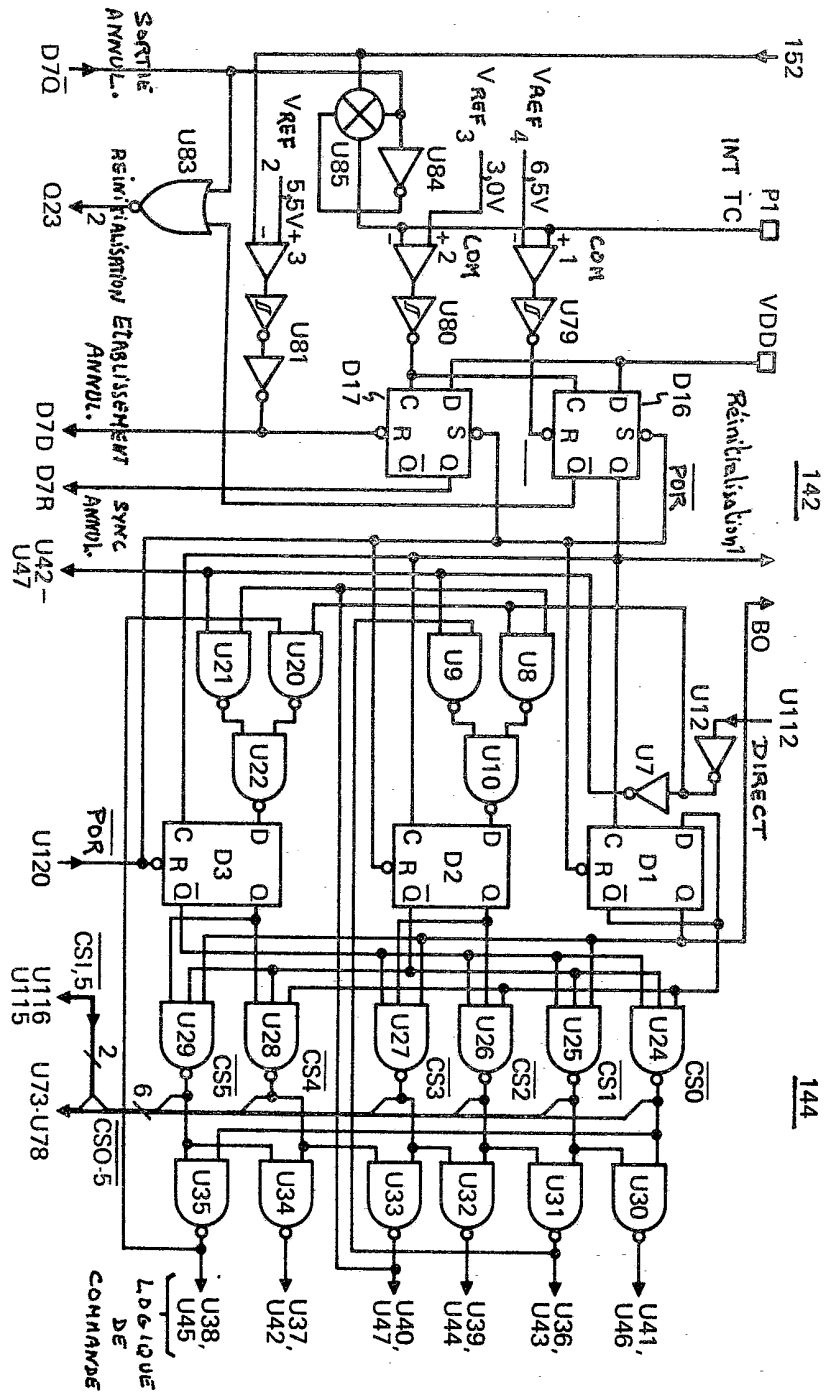
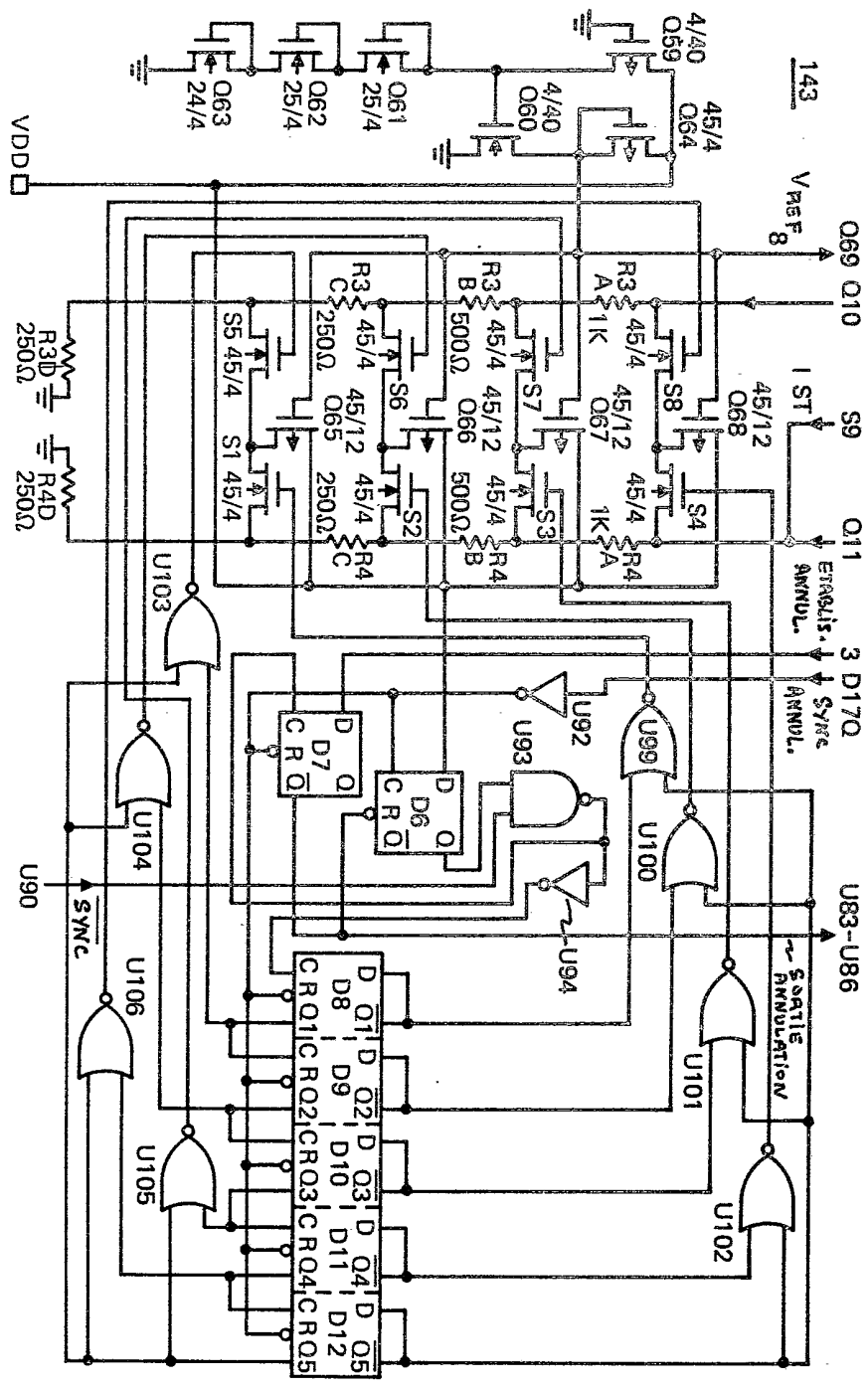


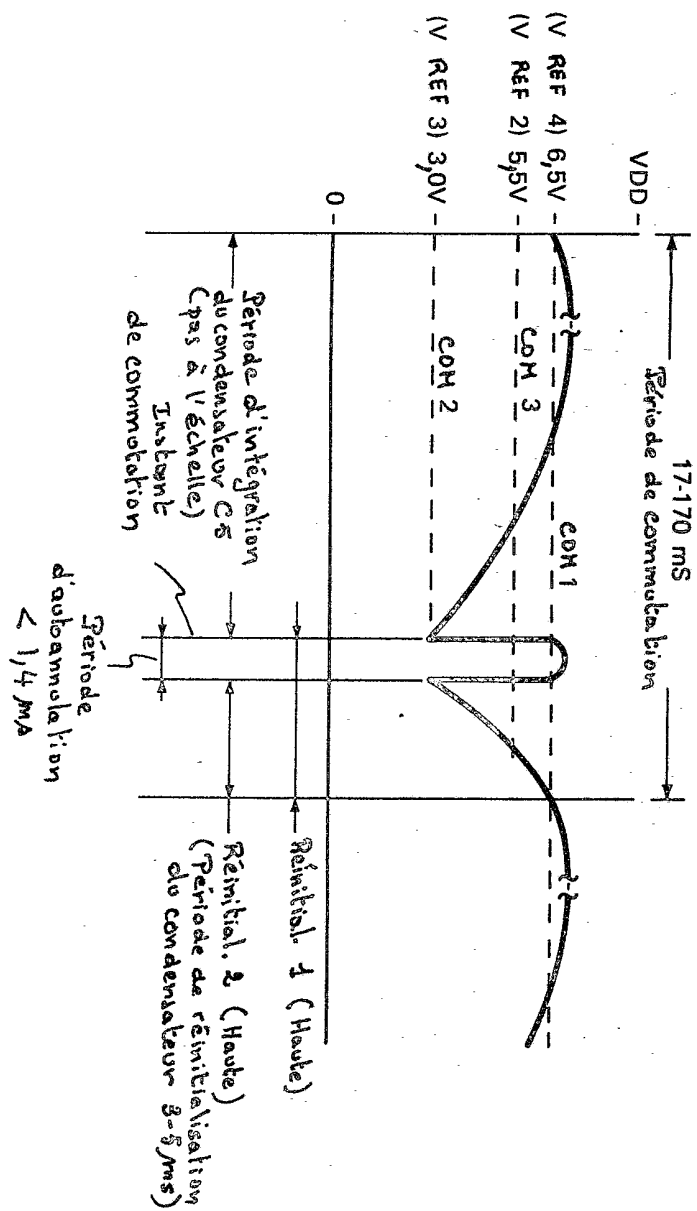
FIG. 6

FIG. 7

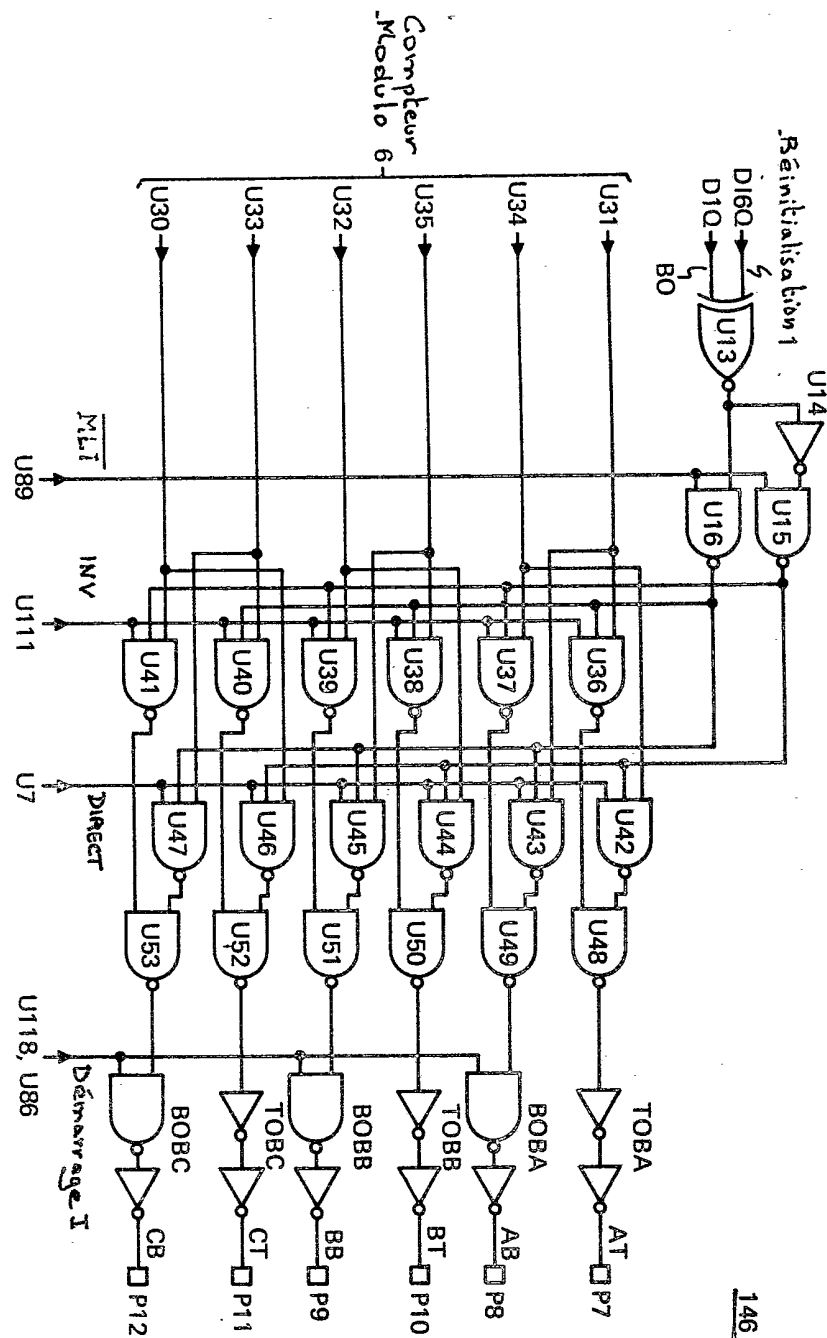


PL IX-16

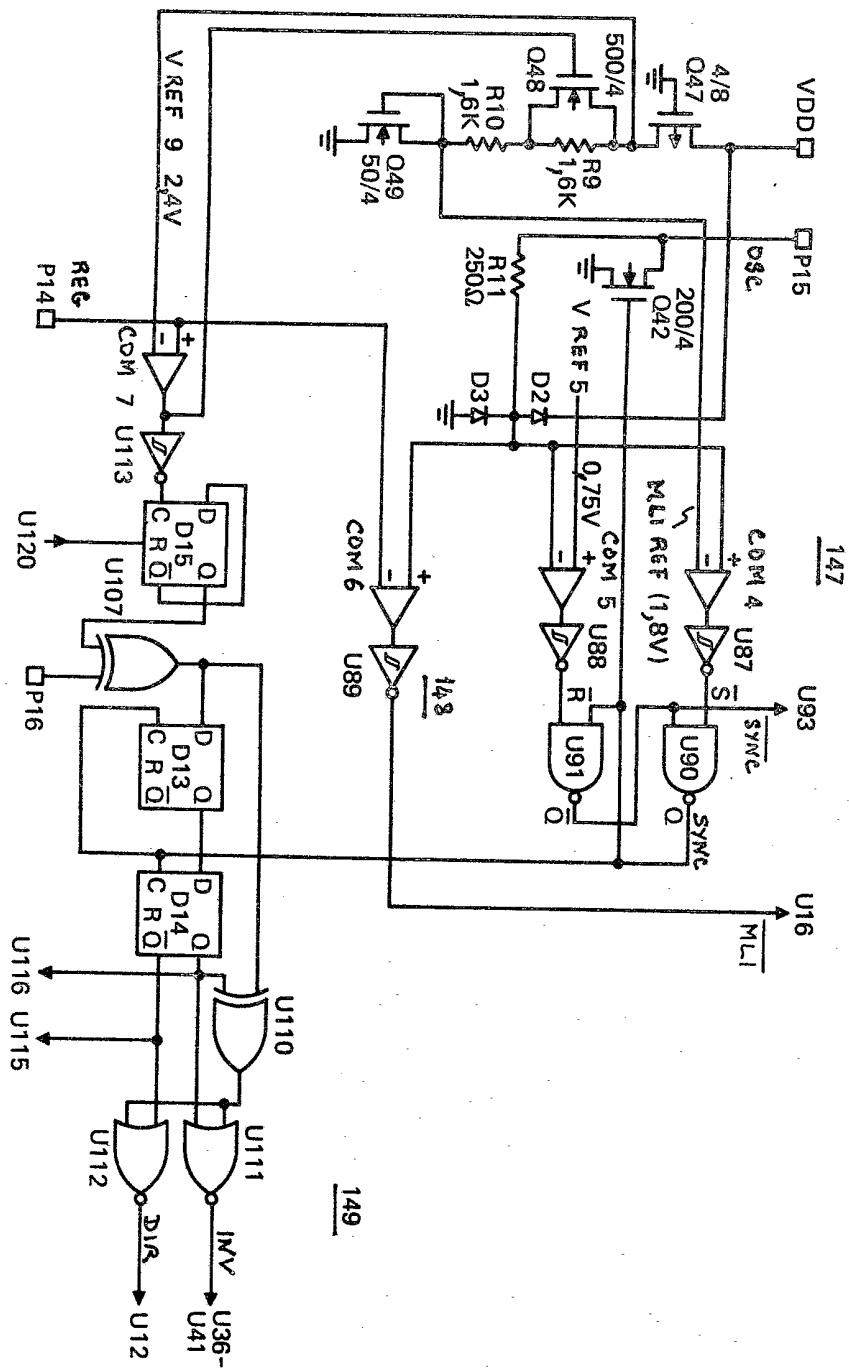
FIG. 8 Sortie Amplificateur 141



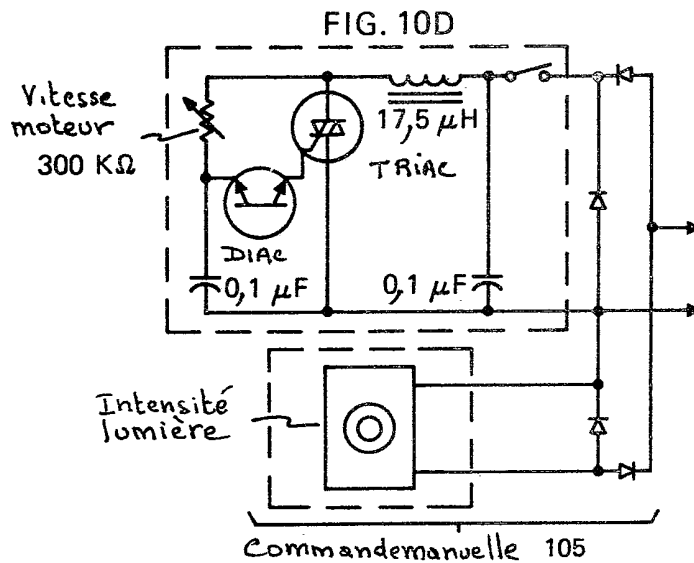
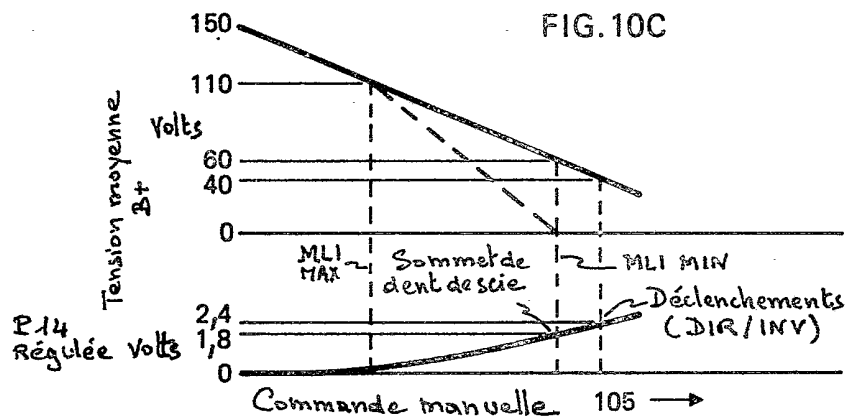
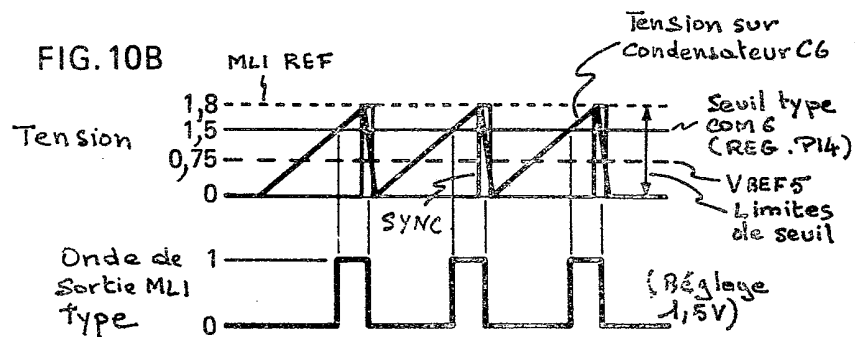
145



PL XI-16



PL XII-16



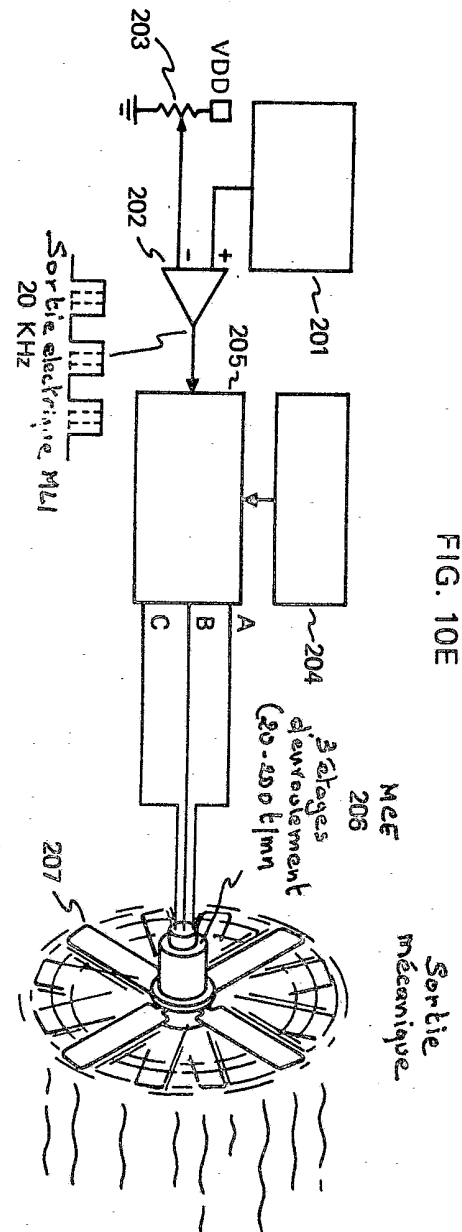


FIG. 10F ONDE 'AT'

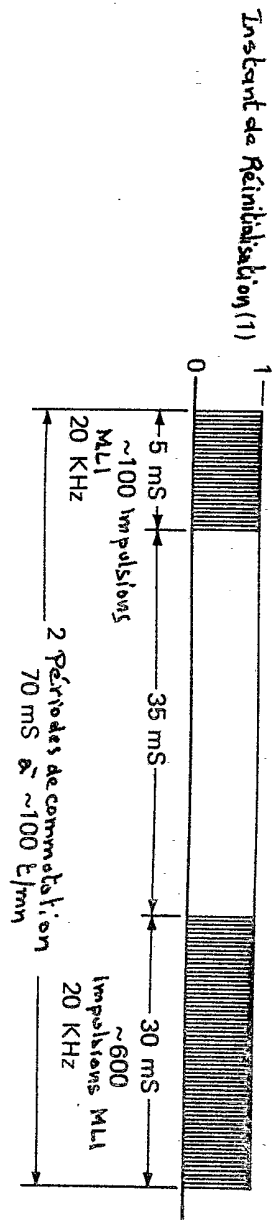


FIG. 11A 150

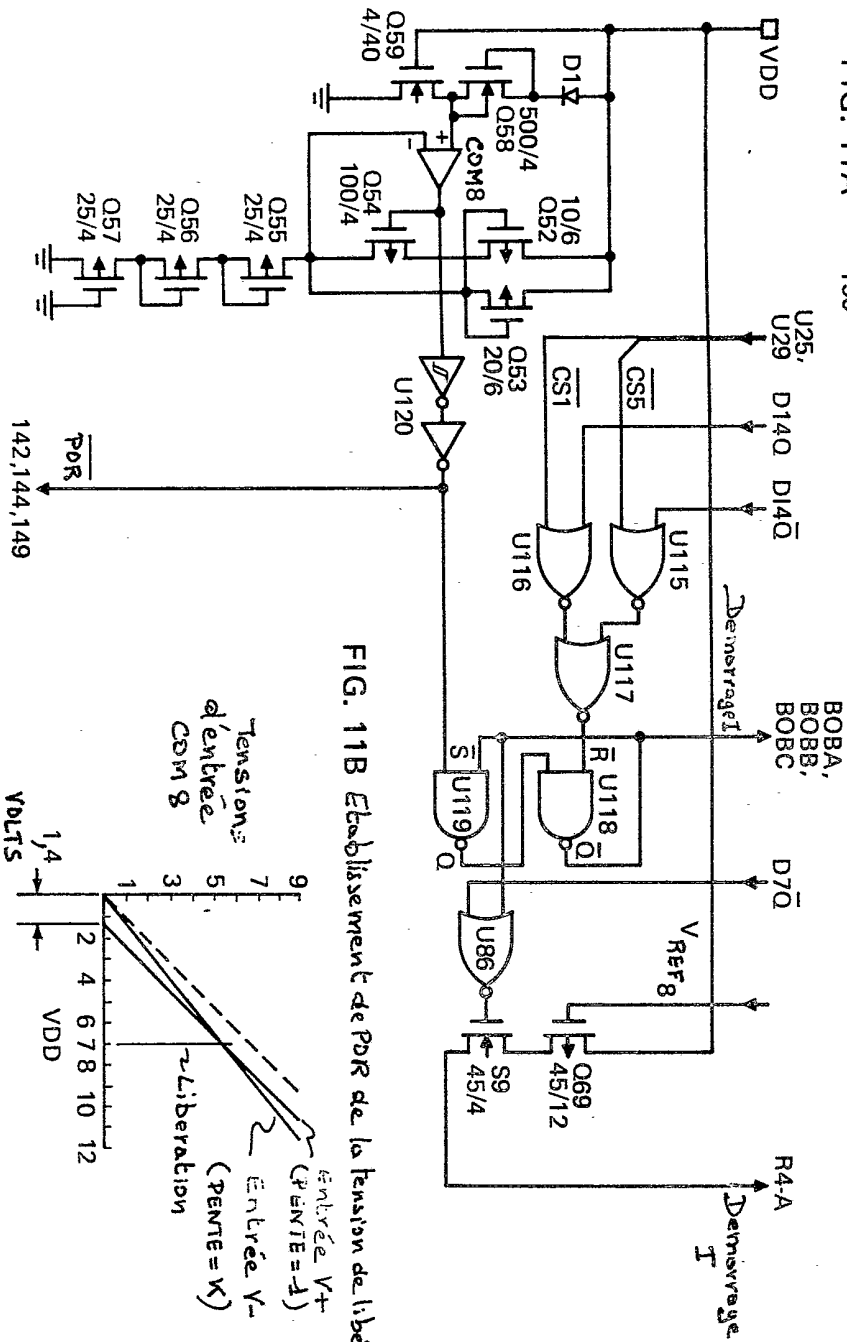
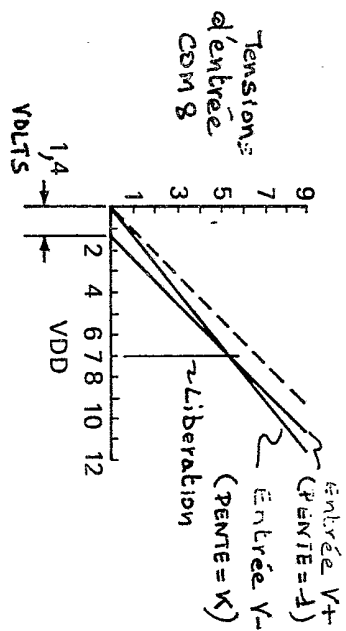


FIG. 11B Établissement de PDR de la tension de libération VDD.



PL XV-16

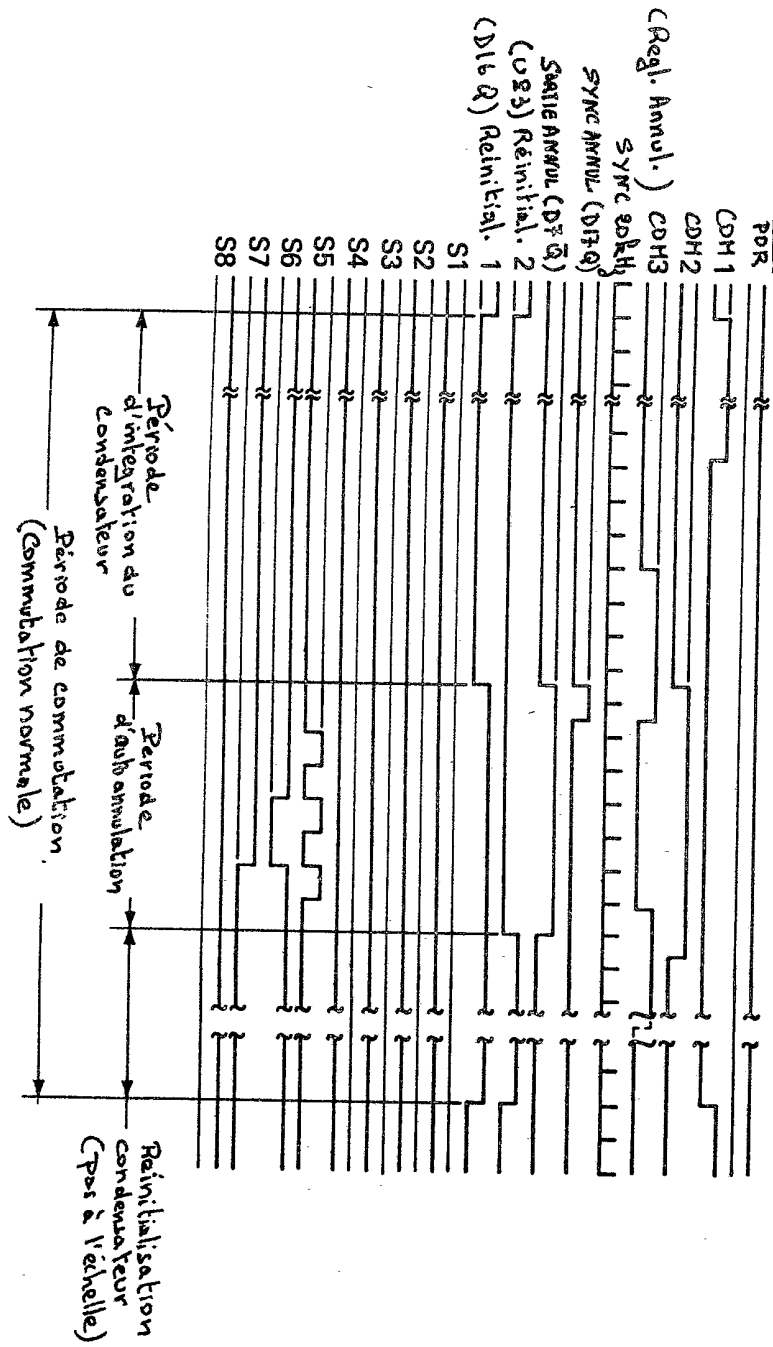


FIG. 12A