

Procédé et machine pour le finissage de roues dentées.

FIRMA CARL HURTH MASCHINEN- UND ZAHNRADFABRIK résidant en République Fédérale d'Allemagne.

Demandé le 4 juin 1965, à 16^h 15^m, à Paris.

Délivré par arrêté du 5 décembre 1966.

(Bulletin officiel de la Propriété industrielle, n° 2 du 13 janvier 1967.)

(Demande de brevet déposée en République Fédérale d'Allemagne le 7 juillet 1964, sous le n° H 53.194, au nom de la demanderesse.)

La présente invention se rapporte à un procédé et à une machine pour le finissage, par exemple pour le rasage, le « honage » (finition à la pierre ou finition à l'émeri) ou le rodage de roues dentées droites ou hélicoïdales en effectuant au moins une avance longitudinale aller et retour (parallèle, diagonale ou perpendiculaire) dans un plan parallèle au plan tangentiel commun à la pièce et à l'outil, les axes de la pièce et de l'outil étant croisés et la pièce étant librement entraînée par l'outil ou inversement.

Avec les procédés de finissage de roues dentées s'effectuant avec un mouvement de développante sans jeu, le résultat du travail, par exemple le résultat du rasage, est fonction des forces survenant lors du mouvement de développante et de l'épaisseur des copeaux à enlever. Suivant un enseignement connu, les forces de rasage ont déjà été prises en considération avec succès, mais on n'a tenu compte à cet effet que des composantes de force les plus remarquables. L'exigence d'une bonne qualité des roues dentées étant plus grande, il convient de tenir compte aussi des composantes de force plus petites. Il est tout aussi important de tenir compte de l'épaisseur des copeaux, étant donné surtout que les petites composantes de force ont une influence notable dans le cas présent.

L'invention concerne notamment un procédé pour le finissage, par exemple pour le rasage, le honage ou le rodage de roues dentées droites ou hélicoïdales, procédé dans lequel on effectue au moins une avance longitudinale aller et retour (parallèle, diagonale ou perpendiculaire) dans un plan parallèle au plan tangentiel commun à la pièce et à l'outil, les axes de la pièce et de l'outil étant croisés et la pièce étant librement entraînée par l'outil ou inversement, procédé caractérisé par ce qu'on modifie automatiquement la vitesse du mouvement de développante, par exemple la vitesse de rotation de la roue

de rasage ou de la pièce, au moins pendant un mouvement aller ou retour de l'avance longitudinale, cette modification étant effectuée par rapport aux autres mouvements d'aller ou de retour, ce qui permet de réaliser une qualité de surface et une précision accrues.

L'invention permet d'obtenir une très grande qualité de surface ainsi qu'une précision d'engrènement des roues dentées par un ajustage précis et judicieux de l'épaisseur des copeaux en fonction des passes de dégrossissage et de finissage.

L'invention présente encore l'avantage supplémentaire que l'accélération du mouvement de développante permet de raccourcir considérablement le temps d'usinage. Par la subdivision de l'opération de rasage en une coupe de dégrossissage avec épaisseur des copeaux importante et en une coupe de finissage avec épaisseur des copeaux très fine, ces coupes étant réglées dans un rapport très précis et fin avec la vitesse de développante, on arrive à un résultat excellent avec un nombre réduit de passes longitudinales. Dans des conditions avantageuses, par exemple avec une passe aller et retour de dégrossissage et avec une passe aller et retour de finissage ou bien même avec une seule passe aller de dégrossissage et une seule passe retour de finissage, l'opération de finissage prend la moitié du temps total de travail. Si alors on accélère pendant cette deuxième moitié la vitesse du mouvement de développante, par exemple la vitesse de rotation de la roue de rasage au double, le temps pur d'usinage tombe à 75 %. Étant donné que les roues dentées utilisées pour la construction des voitures automobiles, donc pour une fabrication de très grande série, sont généralement rasées, ce raccourcissement du temps d'usinage joue un rôle économique de première importance.

L'invention concerne aussi un procédé avec avance longitudinale aller et retour et avec avance en

profondeur continue ou à gradins, caractérisé par ce qu'on effectue la dernière passe aller ou retour ou les dernières passes aller ou retour de l'avance longitudinale après aucune ou après une très légère avance en profondeur, le mouvement de développante étant accéléré automatiquement lors de cette avance longitudinale ou de ces avances longitudinales par rapport aux passes précédentes.

Suivant un mode de réalisation, on règle automatiquement la vitesse du mouvement de développante pour chaque passe de l'avance longitudinale en fonction de l'avance en profondeur correspondante, en ce sens qu'en l'absence d'une avance en profondeur la vitesse du mouvement de développante est considérablement plus grande que la vitesse du mouvement de développante lors d'une avance en profondeur relativement importante.

En particulier, il est avantageux que la variation de la vitesse du mouvement de développante soit effectuée à l'aide d'un moteur à plusieurs polarités commandé automatiquement par un élément de commande entraîné en synchronisme avec l'avance longitudinale ou en profondeur.

Cette solution présente cependant encore de légers inconvénients en ce sens que le mouvement de développante ne peut être suffisamment ajusté sur l'opération de travail. Il est avantageux alors que la variation de la vitesse du mouvement de développante soit effectuée à l'aide d'un moteur électrique réglable commandé automatiquement par un élément de commande entraîné en synchronisme avec l'avance longitudinale ou en profondeur. Il est également possible que la variation de la vitesse du mouvement de développante soit effectuée à l'aide d'un variateur de vitesse à variation continue mécanique ou hydraulique commandé automatiquement par un élément de commande entraîné en synchronisme avec l'avance longitudinale ou en profondeur.

Suivant un autre mode de réalisation de l'invention, la variation de la vitesse du mouvement de développante est effectuée à l'aide d'un variateur de vitesse à gradins de roues de changement de vitesse, commandé automatiquement par un élément de commande entraîné en synchronisme avec l'avance longitudinale ou en profondeur. Cela présente l'avantage par rapport au moteur à plusieurs polarités d'une graduation plus fine par rapport au variateur de vitesse à variation continue d'un changement de vitesse plus rapide. Par rapport à ce dernier, il présente cependant l'inconvénient qu'il ne peut pas être adapté aussi bien aux exigences requises. Il peut donc être avantageux, conformément à l'invention de combiner un variateur à variation continue avec un variateur à gradins. Si on prévoit un variateur à gradins (avec ou sans variateur à variation continue), le changement de vitesse peut être effectué avantageusement en ce que l'accé-

lération de la vitesse est effectuée à l'aide du branchement d'un étage d'engrenage au moyen d'un embrayage à une voie. A l'aide de pareils embrayages à une voie, c'est-à-dire avec des accouplements dans un sens ou organes similaires on peut réaliser un changement de vitesse très rapide sans interruption de la force de traction. Il peut donc être recommandable de prévoir un variateur continu pour l'ajustage de la vitesse du mouvement de développante et un variateur à deux gradins seulement avec un embrayage à une voie pour le changement de vitesse.

L'invention peut être réalisée aussi de manière qu'un moteur séparé soit prévu pour les vitesses différentes de la roue de rasage et de la pièce, chaque moteur étant alors commandé automatiquement par un élément de commande entraîné en synchronisme avec l'avance longitudinale ou en profondeur, le changement de vitesse pouvant être effectué par inversion des moteurs des roues de changement de vitesse ou de simples engrenages étagés pouvant être prévus pour le choix de différentes vitesses.

Suivant une réalisation particulièrement avantageuse, le moteur de la vitesse la plus grande est relié, lors du changement de vitesse, au moteur à vitesse la plus lente au moyen d'un embrayage à une voie, ce qui permet de réaliser un changement de vitesse très rapide sans interruption de la force de traction et sans perte dans le rendement par une action surabondante des moteurs.

L'invention s'étend à une machine pour la mise en application d'un procédé suivant l'un ou plusieurs des paragraphes ci-dessus ou procédé similaire.

L'invention s'étend également aux caractéristiques résultant de la description ci-après et des dessins annexés ainsi qu'à leurs combinaisons possibles.

La description ci-après se rapporte aux dessins ci-joints représentant des exemples de réalisation de l'invention, dessins dans lesquels :

La figure 1 représente une machine conforme à l'invention avec coupe partielle;

La figure 2 représente une partie de la machine de la figure 1 vue de côté avec éclatement;

La figure 3 représente un exemple d'un variateur de vitesse à gradins commandé à l'aide d'un embrayage à une voie;

La figure 4 représente un exemple d'un variateur de vitesse à variation continue;

La figure 5 représente un schéma électrique pour un moteur à courant continu réglable dans un groupe dit Ward-Léonard;

La figure 6 représente un moteur à courant continu commandé par un redresseur en silicium.

La figure 1 représente schématiquement une machine de rasage pour des roues dentées conforme à l'invention dans laquelle toutes les pièces qui ne

sont pas nécessaires pour la compréhension de l'invention ont été omises. On a choisi comme exemple une machine avec un bâti 13 en forme de C. La partie supérieure de la colonne porte un porte-outil 14 dans lequel est montée une roue 15 de rasage, de honage ou de rodage. Le porte-outil 14 peut être orienté et bloqué de manière que les axes de l'outil 15 et de la pièce 16 soient croisés. La pièce 16 est montée entre des contre-poupées 17 et 18 sur une table basculante 19. La table basculante 19 est montée sur un plateau 21 au moyen d'un axe 20, le plateau pouvant être orienté et bloqué autour d'un axe perpendiculaire à l'axe de la pièce et de l'outil et disposé sur un chariot longitudinal 22. La table basculante peut être mise en mouvement au cours de l'avance longitudinale du chariot longitudinal à l'aide d'un dispositif de commande composé essentiellement par une règle de guidage 23 et un galet de roulement 24 ou plusieurs galets de roulement pour exécuter un mouvement basculant alternatif afin de réaliser des dents à flancs bombés. Ce dispositif pour la réalisation du bombage ne fait pas partie de l'invention qui est applicable même sans un pareil dispositif basculant.

Le chariot longitudinal 22 est agencé sur un guidage longitudinal 27 orientable et bloquable sur une console 26 dans un guidage circulaire 26a autour d'un axe parallèle au premier axe. Par cette disposition on peut choisir de façon en soi connue la direction de l'avance longitudinale. La console comportant également la règle de guidage 23 peut être montée et descendue à la main ou par une machine à l'aide d'une broche d'avance 128, ce qui provoque l'avance en profondeur de la pièce par rapport à l'outil. La commande de ce dispositif est connue et ne nécessite donc aucune explication.

Le chariot longitudinal 22 est entraîné par un moteur électrique 29 par l'intermédiaire d'un variateur de vitesse continu ou à gradins 31, au besoin un engrenage à roues de changement de vitesse, une paire de pignons 33, une paire de roues coniques non représentée, un arbre 35 disposé dans l'axe susmentionné, une autre paire de roues coniques 36, une denture 37 et un pignon 38 disposé sur la broche d'avance 39. La broche d'avance est agencée dans le carter supportant le guidage longitudinal et engrène avec un écrou 40, disposé sur le chariot d'avance. Un arbre de commande 40 est entraîné en synchronisme avec la broche d'avance 39, cet arbre comportant des cames variables coopérant avec des interrupteurs non représentés. Ces interrupteurs peuvent émettre des impulsions dépendantes de l'avance. Au lieu d'être disposés sur un arbre de commande, les interrupteurs peuvent être disposés aussi sur la voie du chariot longitudinal. Les éléments inutiles pour la compréhension de l'invention n'ont pas été représentés.

L'outil 15 (fig. 2) est entraîné par un moteur

électrique 41 par l'intermédiaire d'un embrayage 42, un mécanisme 243 décrit ultérieurement une vis sans fin 44, une roue hélicoïdale 45, une paire de roues de changement de vitesse 46, une paire de pignons 47, une paire de roues coniques 48, une autre paire de pignons 49 et un arbre porte-outil 50 sur lequel l'outil 15 est monté de façon échangeable.

La figure 3 représente un mode de réalisation du mécanisme 243. Le moteur 41 entraîne l'arbre d'entrée 101 sur lequel est calé le pignon 102 engrenant avec un pignon 103 disposé rotatif autour d'un arbre 104. Sur l'arbre d'entrée 101 est disposé en outre un pignon 105 engrenant avec un pignon 106 disposé fixe sur l'arbre de sortie 104. Le pignon 103 peut être accouplé avec l'arbre de sortie 104 à l'aide d'un embrayage à une voie 107 alors que le pignon 105 peut être accouplé avec l'arbre d'entrée à l'aide d'un embrayage 108.

Sur le chariot longitudinal 22 (fig. 1) est disposée une came 109 de façon à pouvoir être déplacée, cette came 109 pouvant coopérer au cours de l'avance longitudinale du chariot avec un interrupteur 110. La came 109 est utilement disposée de manière qu'elle agisse sur l'interrupteur à la fin d'une avance du chariot, c'est-à-dire à la fin de l'avance longitudinale pouvant être effectuée en parallèle, en diagonale ou perpendiculairement par rapport à l'axe de la pièce. L'interrupteur 110 agit sur l'embrayage 108. Le signal venant de l'interrupteur 110 ne doit pas être donné nécessairement à la fin de chaque avance. Bien au contraire un levier 111 peut être prévu pour agir par exemple sur un mécanisme à rochet ou similaire qui n'agit sur l'embrayage 108 qu'après un nombre déterminé d'avances par l'intermédiaire de l'interrupteur. Etant donné que l'arbre de commande 40 tourne avec la broche 39 avec un rapport fixe, l'interrupteur 110 agissant sur l'embrayage 108 peut être actionné par lui. L'arbre de commande 40 peut être entraîné par exemple par l'intermédiaire d'un mécanisme à vis sans fin et à roue hélicoïdale ou bien un engrenage à roues planétaires, de telle sorte qu'il effectue une rotation avec le nombre le plus grand et utile des mouvements longitudinaux aller et retour. L'impulsion de branchement peut alors être donnée pour l'embrayage après un nombre voulu de passes de dégrossissage, ces passes étant alors suivies d'un nombre voulu de passes de finissage.

Le fonctionnement d'une machine pour le finissage des roues dentées est supposé connu. Par la suite on se limitera donc à décrire le fonctionnement de l'invention dans un cadre plus étroit.

Pour l'opération de dégrossissage la roue de rasage est entraînée par le moteur 41 (fig. 2) par l'intermédiaire de l'arbre d'entrée 101 (fig. 3), la paire de pignons 102, 103, l'embrayage à une voie 107, l'arbre de sortie 104 et ensuite par les éléments

44 à 50. Après l'opération de dégrossissage c'est-à-dire après un nombre déterminé de passes aller et retour du chariot 22, la console 26 ayant effectué des avances en profondeur au moyen de la broche 128, la came 109 par l'intermédiaire de l'interrupteur 110 ou bien l'arbre de commande 40 actionne l'embrayage 108, l'entraînement s'effectue maintenant par les pignons 105, 106, l'arbre de sortie 104 va alors plus vite que le pignon 103 et l'embrayage à une voie 107 débraye. L'entraînement accéléré de la roue de rasage 15 s'effectue sans autre avance en profondeur de la console 26, de telle sorte qu'un copeau de rasage extrêmement fin est enlevé à une vitesse plus grande. Cette opération de rasage peut durer une passe aller ou retour, une passe aller et retour ou plusieurs passes.

La figure 4 représente un mode de réalisation du variateur 243 réalisé alors sous forme de variateur à variation continue.

L'entraînement s'effectue encore par l'arbre 101' sur deux plateaux coniques 113, 114 coulissants reliés entre eux par une courroie ou une chaîne 115. L'arbre 104' est encore l'arbre de sortie. Pour le coulisement des plateaux coniques 113, 114 on prévoit un moteur 116 électrique ou hydraulique agissant au besoin par l'intermédiaire d'un engrenage 117, une broche d'ajustage 118 sur les leviers 119 effectuant le déplacement de plateaux coniques. Le déplacement des plateaux coniques s'effectue dans l'esprit de l'accélération de la vitesse du mouvement de développante de la façon décrite plus haut au moyen du moteur 116.

Suivant un autre mode de réalisation de l'invention, le variateur 243 est remplacé par un moteur 41' remplaçant aussi le moteur 41. Ce moteur 41' est alimenté par un générateur 120 entraîné à vitesse constante à partir par exemple d'un moteur à courant triphasé non représenté. Si on dispose d'un secteur à courant continu, le courant d'excitation pour le générateur peut être prélevé sur ce secteur 121, comme représenté figure 5. Autrement il convient de prévoir encore un générateur à courant continu pour la tension de générateur et d'excitation. La commande du moteur 41' est effectuée de façon connue en l'alimentant suivant la vitesse désirée à une tension plus ou moins importante. Cette tension est obtenue par la modification de l'intensité de courant dans l'enroulement d'excitation 122 du générateur 120 tandis que l'excitation 123 du moteur 41' reste en général invariable. Dans cette réalisation on modifie donc l'excitation 122 lorsqu'on passe du dégrossissage au finissage. La variabilité de l'excitation 122 est représentée schématiquement à la figure 5 par une résistance réglable 124. On pourrait prévoir aussi sur la résistance deux prises occupant, à chaque fois des positions fixes et commandées par des interrupteurs.

La figure 6 représente schématiquement un autre

réglage du moteur à courant continu 41". Le courant est prélevé sur un secteur RST en passant par un transformateur 130 pour être envoyé au moteur par, d'une part, un redresseur normal au silicium 131 et d'autre part, par un redresseur au silicium 132 réglable ainsi que par un self de lissage 133 et un transformateur d'intensité pour courants continus 134, 134a. Les deux alimentations en courant peuvent être reliées par un condensateur 133a en vue du lissage. Le régulateur 135 est relié au secteur RST, au transformateur d'intensité 134, 134a, au redresseur au silicium 132 et à un tachymètre 136 entraîné par le moteur 41" par l'intermédiaire d'un organe de réglage de la valeur de consigne 140. Le régulateur 135 comporte une commande des phases 137, une limitation de courant 138 et un organe comparateur 139 comparant les valeurs théoriques aux valeurs effectives.

Dans l'organe de comparaison 139 les valeurs théoriques W sont comparées avec les valeurs m venant du tachymètre pour envoyer des impulsions de variation a vers un amplificateur. Le régulateur 135 est combiné en plus avec un circuit amortisseur 141 et avec un inverseur 142 pour choisir entre un fonctionnement commandé à la main ou automatiquement. En outre, un potentiomètre 143 est prévu pour un réglage à la main. Le fonctionnement d'un pareil régulateur est connu et puisqu'il ne fait pas partie de l'invention il est inutile de le décrire plus amplement. D'une façon analogue à celle décrite en combinaison avec les autres modes de réalisation, le moteur est ajusté sur une vitesse plus grande lorsqu'on passe de la passe de dégrossissage à la passe de finissage.

Il est bien évident que l'invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation ci-dessus décrits et représentés et à partir desquels on pourra prévoir d'autres formes et d'autres modes de réalisation sans pour cela sortir du cadre de l'invention.

RÉSUMÉ

L'invention s'étend notamment aux caractéristiques ci-après et à leurs combinaisons possibles.

1° Procédé pour le finissage, par exemple pour le rasage, le honage ou le rodage de roues dentées droites ou hélicoïdales, procédé dans lequel on effectue au moins une avance longitudinale aller et retour (parallèle, diagonale ou perpendiculaire) dans un plan parallèle au plan tangentiel commun à la pièce et à l'outil, les axes de la pièce et de l'outil étant croisés et la pièce étant librement entraînée par l'outil ou inversement, procédé caractérisé parce qu'on modifie automatiquement la vitesse du mouvement de développante, par exemple la vitesse de rotation de la roue de rasage ou de la pièce, au moins pendant un mouvement aller ou retour de l'avance longitudinale, cette modification étant effectuée par rapport aux autres mouvements d'aller

ou de retour, ce qui permet de réaliser une qualité de surface et une précision accrues.

2° On opère des avances longitudinales aller et retour et avec une avance en profondeur continue ou à gradins, la dernière passe aller ou retour ou les dernières passes aller ou retour de l'avance longitudinale étant effectuées après aucune ou après une très légère avance en profondeur, le mouvement de développante étant accéléré automatiquement lors de cette avance longitudinale ou de ces avances longitudinales par rapport aux passes précédentes.

3° On règle automatiquement la vitesse du mouvement de développante pour chaque passe de l'avance longitudinale en fonction de l'avance en profondeur correspondante en ce sens qu'en l'absence d'une avance en profondeur la vitesse du mouvement de développante est considérablement plus grande que la vitesse du mouvement de développante lors d'une avance en profondeur relativement importante.

4° On effectue la variation de la vitesse du mouvement de développante :

a. A l'aide d'un moteur à plusieurs polarités commandé automatiquement par un élément de commande entraîné en synchronisme avec l'avance longitudinale ou en profondeur;

b. A l'aide d'un moteur électrique réglable commandé automatiquement par un élément de commande entraîné en synchronisme avec l'avance longitudinale ou en profondeur;

c. A l'aide d'un engrenage à variation continue

mécanique ou hydraulique, commandé automatiquement par un élément de commande entraîné en synchronisme avec l'avance longitudinale ou en profondeur;

d. A l'aide d'un engrenage à gradins de roues de changement de vitesse, commandé automatiquement par un élément de commande entraîné en synchronisme avec l'avance longitudinale ou en profondeur.

5° On effectue l'accélération de la vitesse à l'aide du branchement d'un étage d'engrenage au moyen d'un embrayage à une voie.

6° On prévoit un moteur séparé pour les vitesses différentes de la roue de rasage et de la pièce, chaque moteur étant alors commandé automatiquement par un élément de commande entraîné en synchronisme avec l'avance longitudinale ou en profondeur.

7° On relie, lors du changement de vitesse, le moteur de la plus grande vitesse sur le moteur à vitesse plus lente au moyen d'un embrayage à une voie.

8° Machine pour la mise en application d'un procédé suivant l'un ou plusieurs des paragraphes ci-dessus ou procédé similaire.

FIRMA CARL HURTH MASCHINEN-
UND ZAHNRADFABRIK

Par procuration :

BERT & DE KERAVENT

Maschinen- und Zahnradfabrik

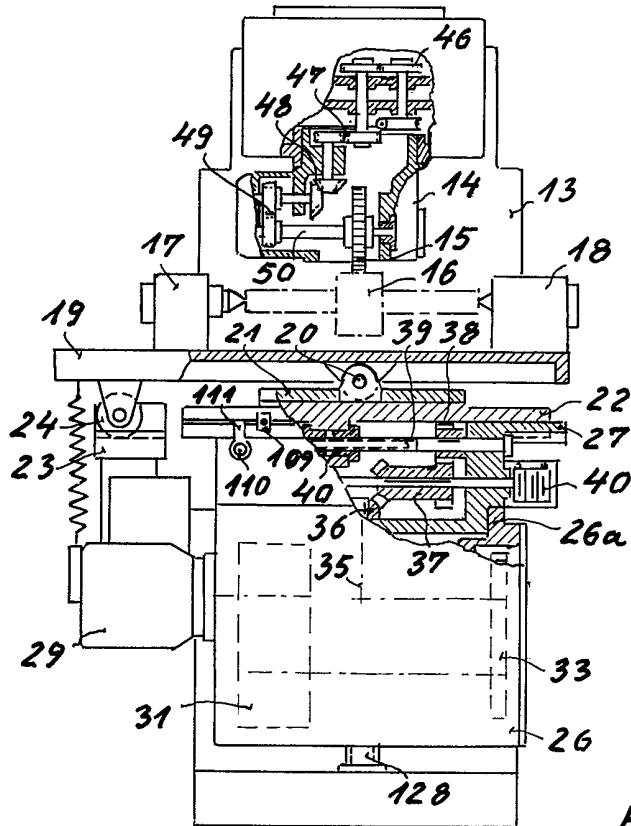


Fig. 1

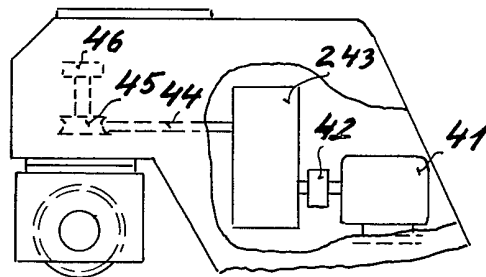
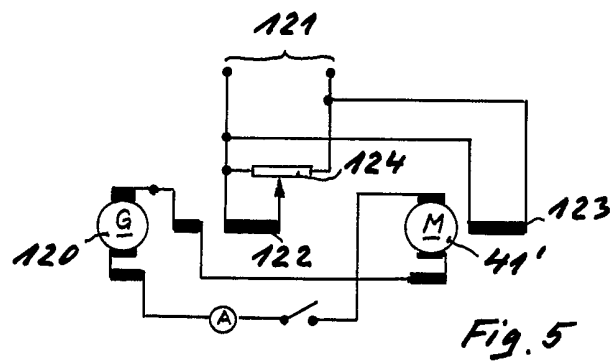
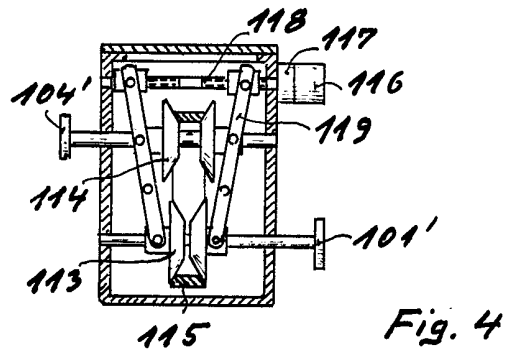
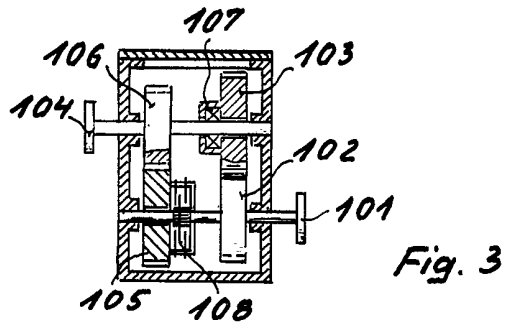


Fig. 2



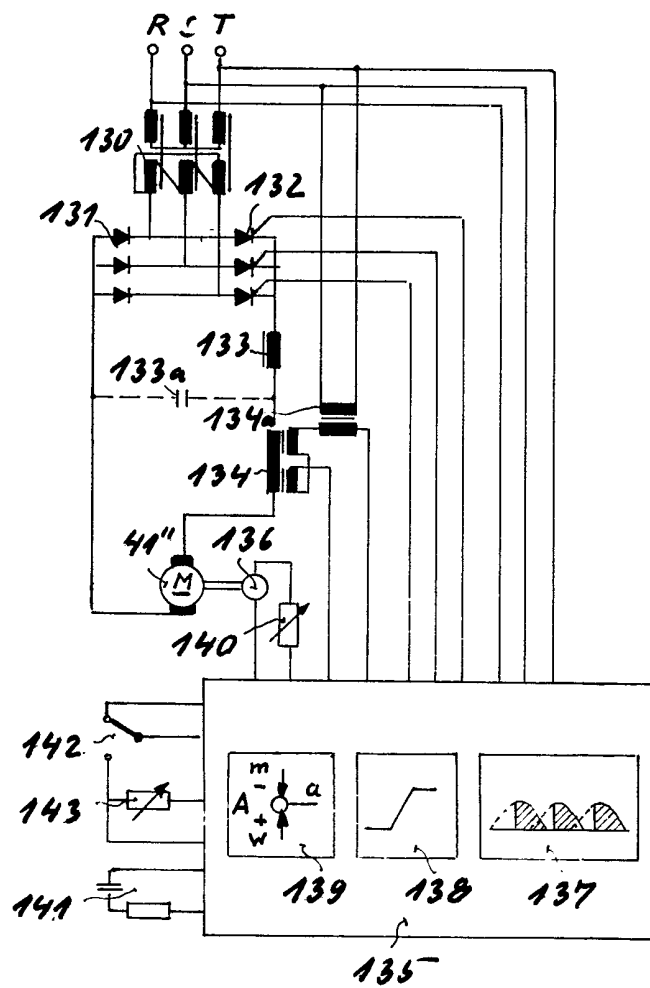


Fig. 6