

①②

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 02.11.00.

③⑦ Priorité : 02.11.99 DE 19952625.

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 04.05.01 Bulletin 01/18.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.*

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : MANNESMANN SACHS AG Aktien-
gesellschaft — DE.

⑦② Inventeur(s) : LUTZ MANFRED, WEIMER
JURGEN, DENNER ARMIN et OPPITZ HORST.

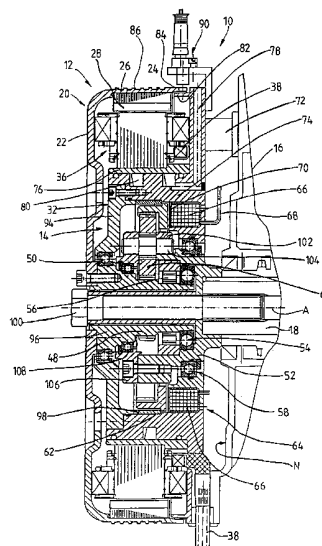
⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.

⑤④ SYSTÈME D'ENTRAÎNEMENT A GROUPE ÉLECTRIQUE, AVEC BOÎTE DE VITESSES ET EMBRAYAGE.

⑤⑦ L'invention concerne un système d'entraînement, comportant un groupe électrique (12) et un organe de sortie (52) couplé ou susceptible d'être couplé pour la rotation à un arbre menant (18) d'une unité d'entraînement (16), groupe électrique (12) au moyen duquel l'arbre menant (18) peut être entraîné en rotation, et/ ou de l'énergie électrique peut être récupérée lors de la rotation de l'arbre menant (18), le groupe électrique (12) comportant un agencement de stator (30).

Selon l'invention le système comprend un agencement de rotor (20) relié ou susceptible d'être relié en rotation à l'organe de sortie (52) via une disposition formant boîte de vitesses (14) avec rapport de conversion variable de la vitesse de rotation, et un premier dispositif d'embrayage (56) au moyen duquel une liaison de transmission de couple de rotation peut être établie entre l'agencement de rotor (20) et l'organe de sortie (52).



La présente invention concerne un système d'entraînement comportant un groupe électrique et un organe de sortie couplé ou susceptible d'être couplé pour la rotation à l'arbre menant d'une unité d'entraînement, groupe électrique au moyen duquel l'arbre menant peut être entraîné en rotation, et/ou de l'énergie électrique peut être récupérée lors de la rotation de l'arbre menant, le groupe électrique comportant un agencement de stator.

On connaît du document WO 98/40647 un système d'entraînement dans lequel un couple d'entraînement peut être transmis aux roues motrices depuis un moteur à combustion interne via un embrayage et via une boîte de vitesses. De plus, on a prévu un groupe électrique par lequel on peut faire démarrer le moteur à combustion interne et par lequel on peut générer de l'énergie électrique lors de la rotation du moteur à combustion interne. Le groupe électrique est intégré dans la boîte de vitesses ou bien il est couplé à la boîte de vitesses avec faculté de transmettre le couple de rotation, un organe de sortie du groupe électrique pouvant être couplé à l'unité d'entraînement de façon variable vis-à-vis des relations de transmission de couple de rotation par des étages de conversion de vitesse de rotation différents de la boîte de vitesses. Cette structure de système d'entraînement est relativement complexe et elle exige en particulier une modification prononcée des boîtes de vitesses habituelles, car on doit mettre à disposition l'interaction entre le groupe électrique et l'unité d'entraînement au niveau de la boîte de vitesses.

L'objectif sous-jacent à la présente invention est de proposer un système d'entraînement dans lequel on peut prévoir de manière simple un groupe électrique variable à l'égard de son accouplement en transmission de couple de rotation à une unité d'entraînement sans modification structurelle considérable d'autres composants d'un train d'entraînement.

Conformément à l'invention, cet objectif est atteint par un système d'entraînement, comportant un groupe électrique et un organe de sortie couplé ou susceptible d'être couplé pour la rotation à l'arbre menant d'une unité d'entraînement, groupe électrique au moyen duquel l'arbre
5 menant peut être entraîné en rotation, et/ou de l'énergie électrique peut être récupérée lors de la rotation de l'arbre menant, le groupe électrique comportant un agencement de stator.

Le système conforme à l'invention comprend un dispositif de rotor
10 relié ou susceptible d'être relié en rotation à l'organe de sortie via une disposition formant boîte de vitesses avec un rapport de conversion variable de la vitesse de rotation, et un premier dispositif d'embrayage au moyen duquel une liaison de transmission de couple de rotation peut être établie entre le dispositif de rotor et l'organe de sortie.

15 Dans le système d'entraînement conforme à l'invention, le groupe électrique est donc réalisé de telle sorte que la boîte de vitesses utilisée finalement pour modifier le rapport de transmission de couple est déjà réunie avec le groupe électrique pour former une unité fonctionnelle,
20 c'est-à-dire qu'elle se trouve dans la zone d'action entre le dispositif de rotor et l'organe de sortie de celui-ci. Ceci signifie finalement qu'il en résulte une unité fermée dans laquelle on peut modifier les rapports de conversion de vitesse de rotation par un pilotage correspondant. Une restructuration constructive au niveau de la boîte de vitesses normale
25 du véhicule n'est pas nécessaire. De plus, le système d'entraînement conforme à l'invention est nettement moins limité que les systèmes connus de l'état de la technique, en particulier à l'égard du positionnement relatif du groupe électrique par rapport à l'unité d'entraînement, car comme déjà mentionné, le groupe électrique forme
30 une unité autonome avec la boîte de vitesses qui lui est associée et peut être prévu par exemple également sur le côté d'entraînement secondaire de l'unité d'entraînement.

On obtient une structure particulièrement simple dans laquelle on peut
35 minimiser le travail de pilotage pour engager différents rapports de conversion de vitesse de rotation, par le fait que le premier dispositif

d'embrayage comporte un dispositif à roue libre au moyen duquel un couple de rotation peut être transmis essentiellement uniquement par l'organe de sortie vers le dispositif de rotor.

5 Pour obtenir le couple de rotation nécessaire pour faire démarrer des moteurs à combustion interne présentant une grande cylindrée, en particulier pour le fonctionnement de démarrage, donc dans le fonctionnement au lancement, on propose que la disposition formant
10 boîte de vitesses comporte au moins un étage de conversion sélectivement activé, dans lequel un rapport entre la vitesse de rotation du dispositif de rotor et la vitesse de rotation de l'organe de sortie est supérieur à 1, dans la condition activée dudit étage.

15 De plus on peut prévoir, dans la condition non activée dudit au moins un étage de conversion de boîte de vitesses avec un rapport de vitesse de rotation différent de 1, que le rapport de vitesse de rotation est égal à 1 lorsque le premier dispositif d'embrayage transmet un couple de rotation.

20 Pour pourvoir soutenir de façon appropriée les couples de rotation qui apparaissent pendant le fonctionnement de démarrage, on propose que ledit au moins un étage de conversion de boîte de vitesse avec un rapport de vitesse de rotation différent de 1 peut être activé par une activation sélective d'un dispositif de soutien à moment de réaction.
25 Dans ce cas, on prévoit de préférence que le dispositif de soutien à moment de réaction comporte un second dispositif d'embrayage susceptible d'être activé et/ou désactivé de préférence par voie électromagnétique et agissant de préférence par coopération de formes et/ou par coopération de friction.

30 On peut obtenir une réalisation très peu encombrante, qui convient néanmoins à la transmission de couples de rotation très importants sans le risque d'usure excessive, par le fait que la disposition formant boîte de vitesses comporte un engrenage planétaire qui comprend une roue
35 solaire reliée à l'agencement de rotor, une couronne intérieure qui peut

être bloquée sélectivement à l'encontre d'une rotation ou qui est libérée en rotation, au moins une roue planétaire portée en rotation sur un porte-planétaire, laquelle est en liaison de transmission de couple de rotation avec la roue solaire et avec la couronne intérieure, le porte-planétaire formant l'organe de sortie ou étant relié à celui-ci.

Avantageusement, la couronne intérieure peut être bloquée à l'encontre d'une rotation par le dispositif de soutien à moment de réaction.

Afin d'assurer que pendant le fonctionnement de rotation, soit en fonctionnement de démarrage, soit en fonctionnement en générateur ou encore en fonctionnement en assistance de couple de rotation, que des irrégularités de rotation qui apparaissent au niveau de l'unité d'entraînement ou bien au niveau du groupe électrique ne soient pas transmises ou bien ne le soient que de façon réduite à l'autre unité respective, on propose qu'une zone d'interaction de l'agencement de rotor soit en liaison avec la roue solaire via un dispositif d'amortissement d'oscillations de torsion.

De préférence, le système d'entraînement conforme à l'invention est conçu de sorte que l'agencement de rotor entoure l'agencement de stator radialement à l'extérieur.

Selon un autre aspect autonome avantageux de la présente invention, on peut assurer un mode de construction très peu encombrant du fait que l'agencement de stator comprend un porte-stator qui porte une zone d'interaction de l'agencement de stator dans une région située radialement à l'extérieur et qui entoure au moins une partie d'une disposition formant boîte de vitesses radialement à l'extérieur.

Selon ce mode de construction, dans lequel le porte-stator se trouve en échelonnement radial entre la zone d'interaction de l'agencement de stator et au moins une partie de la disposition formant boîte de vitesses, on prévoit un dispositif de refroidissement au moyen duquel la zone d'interaction de l'agencement de stator et la disposition formant

boîte de vitesses peuvent être refroidies, et on assure ainsi que ces deux groupes fonctionnels que sont la zone d'interaction de l'agencement de stator et la disposition formant boîte de vitesses soient refroidies simultanément par un dispositif de refroidissement commun.

5 Dans ce cas, on peut par exemple prévoir que le dispositif de refroidissement comporte un système de canaux à réfrigérant dans le porte-stator, ledit système pouvant être amené en liaison ou étant en liaison avec une source de réfrigérant.

10 Comme déjà mentionné ci-dessus, grâce à la réalisation du système d'entraînement conforme à l'invention avec le groupe électrique réuni avec la disposition formant boîte de vitesses, on réalise un positionnement par exemple sur un côté d'entraînement secondaire de l'unité d'entraînement, tout en gardant la possibilité de modifier le
15 rapport de transmission de couple de rotation.

De plus, grâce à la mise en place de la disposition formant boîte de vitesses dans la zone entre l'agencement de rotor et l'organe de sortie du groupe électrique, on a la possibilité de disposer l'agencement de
20 rotor coaxialement à l'arbre menant lorsque l'organe de sortie est couplé à l'arbre menant.

De plus, il est avantageux que le groupe électrique soit relié ou susceptible d'être relié à un groupe structurel stationnaire, de
25 préférence à l'unité d'entraînement de préférence au niveau d'un porte-stator via un dispositif de liaison élastique. De cette manière, on évite en outre que des oscillations ou des mouvements de nutation qui apparaissent pendant le fonctionnement au niveau de l'arbre menant puissent mener à un endommagement des composants mobiles
30 différents par un couplage très rigide du système conforme à l'invention avec un groupe structurel stationnaire au niveau des paliers.

Dans un système d'entraînement tel que décrit auparavant, dans lequel on peut procéder à une adaptation des états de fonctionnement
35 différents dans le trajet de transmission de couple de rotation entre

l'agencement de rotor du groupe électrique et un arbre menant par modification du rapport de conversion de vitesse de rotation, on court fondamentalement le risque que des à-coups de commutation apparaissent pendant cette modification du rapport de conversion de
5 vitesse de rotation. Pour éviter ceci, il est connu de l'état de la technique de faire patiner, pendant les opérations de commutation, différents embrayages utilisés pour exercer les opérations de commutation, ce qui mène cependant à une usure considérable.

10 Conformément à la présente invention, on propose donc un procédé pour piloter un système d'entraînement, le système d'entraînement comportant un groupe électrique et un organe de sortie couplé pour la rotation à l'arbre menant d'une unité d'entraînement, groupe électrique au moyen duquel l'arbre menant peut être entraîné en rotation, et/ou de
15 l'énergie électrique peut être récupérée lors de la rotation de l'arbre menant, le groupe électrique comportant en outre un agencement de stator et un agencement de rotor relié ou susceptible d'être relié en rotation à l'organe de sortie via une disposition formant boîte de vitesses avec un rapport de conversion variable de la vitesse de rotation, la disposition formant boîte de vitesses comprenant au moins
20 deux étages de conversion de boîte de vitesses avec des rapports différents entre la vitesse de rotation de l'agencement de rotor et la vitesse de rotation de l'organe de sortie, et le procédé pour exécuter une opération pour passer d'un étage de conversion de boîte de vitesse engagé à un étage de conversion de boîte de vitesses à engager
25 comprend les étapes suivantes :

- a) on détermine la vitesse de rotation de l'arbre menant et/ou on détermine la vitesse de rotation de l'agencement de rotor,
- b) au cas où la vitesse de rotation de l'arbre menant ou la vitesse de
30 rotation de l'agencement de rotor atteint une vitesse de rotation limite prédéterminée, on modifie un couple de rotation transmis entre l'agencement de rotor et l'organe de sortie pour obtenir une valeur de découplage,
- c) au cas où le couple de rotation transmis entre l'agencement de rotor
35 et l'organe de sortie se trouve dans la plage de la valeur de découplage,

on interrompt la liaison de transmission de couple de rotation entre l'organe de sortie et l'agencement de rotor,

d) on modifie la vitesse de rotation de l'agencement de rotor dans le sens d'une vitesse de rotation de consigne associée à l'étage de conversion de boîte de vitesses à engager,

e) au cas où la vitesse de rotation de l'agencement de rotor est dans la plage autour de la vitesse de rotation de consigne, on établit la liaison de transmission de couple de rotation entre l'organe de sortie et l'agencement de rotor pour atteindre l'étage de conversion de boîte de vitesse à engager.

Grâce à un tel procédé, on atteint qu'en raison du rapprochement ou de l'adaptation des vitesses de rotation des groupes structurels en interaction mutuelle, on peut éviter l'apparition d'à-coups de commutation même lorsque l'on utilise par exemple des dispositifs d'embrayage agissant en coopération de formes, de sorte que l'on augmente d'une part le confort de roulement et que l'on réduit d'autre part les charges qui se produisent au niveau du système d'entraînement.

Par exemple, on peut prévoir que la vitesse de rotation de consigne est une vitesse de rotation que l'on obtient par multiplication de la vitesse de rotation de l'arbre menant par le rapport de vitesse de rotation de l'étage de conversion de boîte de vitesses à engager.

Étant donné que des à-coups de commutation peuvent apparaître même lorsqu'il y a coïncidence des vitesses de rotation lors de l'adaptation des vitesses de rotation des groupes structurels en interaction mutuelle, à savoir lorsque les modifications de vitesse de rotation de ces deux groupes structurels diffèrent fortement, on propose conformément à l'invention que l'étape e) comprenne une étape e') dans laquelle, lorsque la vitesse de rotation de l'agencement de rotor est dans la plage de la vitesse de rotation de consigne, on adapte une modification de vitesse de rotation de l'agencement de rotor à une modification de vitesse de rotation de l'arbre menant, et on établit la liaison de transmission de couple de rotation entre l'agencement de rotor et

l'organe de sortie lorsque la modification de vitesse de rotation de l'agencement de rotor est adaptée à la modification de vitesse de rotation de l'arbre menant. Il est alors avantageux de procéder à l'étape e') uniquement lorsque la modification de vitesse de rotation de l'arbre menant est supérieure à une modification seuil de la vitesse de rotation.

On peut prévoir un dispositif à roue libre au moins pour un étage de conversion de boîte de vitesses, au moyen duquel un couple de rotation peut être transmis essentiellement uniquement depuis l'organe de sortie vers l'agencement de rotor.

Lorsque l'on utilise un tel dispositif à roue libre, on simplifie la mise en œuvre du procédé conforme à l'invention dans la mesure où, par exemple lors de la commutation d'un étage de conversion de la boîte de vitesses à un autre étage de conversion avec un rapport de vitesse de rotation plus élevé, l'étape b) comprend une étape b') pour générer un couple de rotation d'entraînement dans l'agencement de rotor, afin de modifier le couple de rotation transmis entre l'agencement de rotor et l'organe de sortie à une valeur dans la plage autour de 0 en tant que valeur de découplage, et en ce que dans l'étape c) l'interruption de la liaison de transmission de couple de rotation apparaît automatiquement, lorsque la valeur de découplage est atteinte ou dépassée.

De plus, on prévoit préférablement que dans l'un des étages de conversion de la boîte de vitesses, le rapport de vitesse de rotation est égal à 1, et que dans au moins un autre des étages de conversion de la boîte de vitesses, le rapport de vitesse de rotation est supérieur à 1. Dans ce cas, le dispositif à roue libre est prévu de préférence dans celui des étages de conversion de la boîte de vitesses dans lequel le rapport de vitesse de rotation est égal à 1.

Conformément à la présente invention, on peut prévoir que lorsque l'on passe d'un étage de conversion de la boîte de vitesses avec un rapport de vitesse de rotation plus faible à un étage de conversion de la boîte

de vitesses avec un rapport de vitesse de rotation plus grand, l'étape d) comprend la génération d'un couple de rotation d'entraînement dans l'agencement de rotor. Dans ce cas, il est avantageux que, lorsque la vitesse de rotation de l'agencement de rotor est dans la plage autour de la vitesse de rotation de consigne, on termine dans l'étape e) la
5 génération du couple de rotation d'entraînement. De plus, on peut mettre en œuvre le procédé conforme à l'invention de telle sorte que, lorsque l'on passe d'un étage de conversion de la boîte de vitesses avec un rapport de vitesse de rotation plus grand à un étage de conversion
10 de la boîte de vitesses avec un rapport de vitesse de rotation plus faible, l'étape d) comprend la génération d'un couple de rotation de freinage dans l'agencement de rotor. Ici également, il est avantageux que, lorsque la vitesse de rotation de l'agencement de rotor est dans la plage autour de la vitesse de rotation de consigne, on termine dans
15 l'étape e) la génération du couple de rotation de freinage.

Pour éviter l'apparition d'à-coups de commutation en particulier également lors d'une opération de découplage, donc lors du dégagement ou de la terminaison d'un étage de conversion de la boîte
20 de vitesses, on propose que l'étape b) comprenne la réduction d'un couple de rotation de freinage généré dans l'agencement de rotor, de préférence à une valeur dans la plage autour de 0, et le cas échéant la génération d'un couple de rotation d'entraînement dans l'agencement de rotor.

25 Dans de tels dispositifs également, dans lesquels on évite l'apparition d'à-coups par un pilotage ciblé de la disposition formant boîte de vitesses, il est avantageux de maintenir faible le nombre des opérations de commutation à exécuter. On propose donc en outre que dans l'étape
30 b), le couple de rotation transmis entre l'organe de sortie et l'agencement de rotor soit modifié uniquement après écoulement d'une période prédéterminée mesurée à partir de l'obtention de la vitesse de rotation limite. Les brèves modifications de vitesses de rotation ne peuvent donc pas mener à l'exécution précoce d'opérations de
35 commutation.

De plus, pour éviter des opérations de commutation non nécessaires, il est avantageux que dans l'étape b), le couple de rotation transmis entre l'organe de sortie et l'agencement de rotor soit modifié uniquement lorsque, après avoir atteint la vitesse de rotation limite, la vitesse de rotation de l'arbre menant ou de l'agencement de rotor reste pour une période prédéterminée au-delà de la vitesse de rotation limite.

Grâce à un mode d'opération décrit ci-dessus, il est possible de poursuivre différentes stratégies de commutation, afin de pouvoir utiliser ainsi un tel système de façon optimale. Par exemple, on peut prévoir que la vitesse de rotation limite est déterminée comme étant une vitesse de rotation dont le dépassement mène, dans l'étage de conversion à engager de la boîte de vitesses, à ce que la puissance débitée maximale du groupe électrique lors de la génération d'énergie électrique est supérieure à celle de l'étage de conversion de boîte de vitesses engagé. En variante, pour un état de fonctionnement respectif, il est possible que la vitesse de rotation limite soit déterminée comme étant une vitesse de rotation dont le dépassement mène, dans l'étage de conversion de boîte de vitesses à engager, à ce que le rendement du groupe électrique lors de la génération d'énergie électrique est supérieur à celui de l'étage de conversion de boîte de vitesses engagé, l'état de fonctionnement étant déterminé au moins par la demande de puissance posée au groupe électrique.

L'efficacité d'un tel mode opératoire ou l'efficacité d'un tel système peut être optimisée, en se rapportant à de telles stratégies de commutation, par le fait que la vitesse de rotation limite pour optimiser la puissance débitée maximale du groupe électrique lors de la génération d'énergie électrique est déterminée lorsque se présente, dans un système alimenté en énergie électrique par le groupe électrique, une demande de puissance élevée de préférence dans la plage autour de 60 % à 100 % de la puissance maximale du groupe électrique lors de la génération d'énergie électrique, et que la vitesse de rotation limite pour optimiser le rendement du groupe électrique lors de la génération d'énergie électrique est déterminée lorsque la demande de puissance du

système est dans la plage de moins de 60 % de la puissance maximale du groupe électrique lors de la génération d'énergie électrique.

5 On peut obtenir une autre optimisation dans l'utilisation d'un système conforme à l'invention ou du procédé conforme à l'invention du fait que pour faire démarrer l'unité d'entraînement, on engage un étage de conversion de la boîte de vitesses avec un rapport de vitesse de rotation plus élevé, de préférence de l'ordre de 4, et en ce qu'après avoir atteint la vitesse de rotation limite, on engage un étage de
10 conversion de la boîte de vitesses avec un rapport de vitesse de rotation plus faible, de préférence de l'ordre de 1 ; ici également, on peut prévoir qu'après avoir engagé l'étage de conversion de boîte de vitesse avec un rapport de vitesse de rotation plus faible, on renonce sensiblement à une commutation des étages de conversion de la boîte
15 de vitesses indépendamment de la vitesse de rotation de l'arbre menant ou de l'agencement de rotor. De cette manière, on peut éviter de commuter de façon inutile.

20 Par exemple, on peut prévoir de renoncer à une commutation de l'étage de conversion de la boîte de vitesses sensiblement lorsqu'une demande de puissance d'un système alimenté en énergie électrique par le groupe électrique se trouve dans une plage basse, de préférence de moins de 30 % de la puissance maximale du groupe électrique lors de la génération d'énergie électrique.

25 Le mode opératoire conforme à l'invention et décrit ci-dessus est exécuté de préférence dans une disposition formant boîte de vitesses qui comprend un engrenage planétaire. Cet engrenage planétaire comporte alors de préférence une roue solaire reliée à l'agencement de rotor, une couronne intérieure qui peut être bloquée sélectivement à
30 l'encontre d'une rotation par un dispositif d'embrayage, au moins une roue planétaire portée en rotation sur un porte-planétaire, laquelle est en liaison de transmission de couple de rotation avec la roue solaire et avec la couronne intérieure, le porte-planétaire formant l'organe de
35 sortie ou étant relié à celui-ci, un autre dispositif d'embrayage au moyen duquel une liaison de transmission de couple de rotation de

préférence essentiellement directe peut être établi entre le porte-planétaire et l'agencement de rotor, procédé dans lequel, pour engager un étage de conversion de la boîte de vitesses avec un rapport de vitesse de rotation plus élevé, la couronne intérieure est retenue
5 sensiblement solidairement en rotation par le dispositif d'embrayage, et l'autre dispositif d'embrayage n'établit sensiblement pas de liaison de transmission de couple de rotation entre l'agencement de rotor et le porte-planétaire, et pour engager un étage de conversion de la boîte de vitesses avec un rapport de vitesse de rotation plus faible, de
10 préférence un rapport de vitesse de rotation égal à 1, le dispositif d'embrayage ne bloque sensiblement pas la couronne intérieure à l'encontre d'une rotation, et l'autre dispositif d'embrayage établit une liaison de transmission de couple de rotation entre le porte-planétaire et l'agencement de rotor.

15

Comme déjà mentionné ci-dessus, le second dispositif d'embrayage peut comprendre un dispositif à roue libre au moyen duquel un couple de rotation peut être transmis sensiblement uniquement depuis le porte-planétaire vers l'agencement de rotor.

20

La présente invention sera décrite plus en détail dans ce qui suit en se rapportant aux modes de réalisation préférés illustrés dans les figures annexées. Celles-ci montrent :

figure 1, une vue en coupe longitudinale schématique d'un système d'entraînement conforme à l'invention,

25

figure 2, une vue axiale de principe de l'engrenage planétaire utilisé dans le système d'entraînement selon la figure 1,

figure 3, une vue en coupe longitudinale d'un mode de réalisation du système d'entraînement conforme à l'invention,

30

figure 4a), un diagramme temporel de la modification de vitesse de rotation d'un arbre menant et de la modification de vitesse de rotation d'un agencement de rotor,

35

figure 4b), un diagramme temporel associé à la figure 4a) de l'évolution du couple de rotation d'un groupe électrique utilisé dans le système d'entraînement conforme à l'invention,

figure 5a), un diagramme temporel de la modification de vitesse de rotation de l'arbre menant et de la modification de vitesse de rotation de l'agencement de rotor,

5 figure 5b), un diagramme temporel associé à la figure 5a) de l'évolution du couple de rotation d'un groupe électrique utilisé dans le système d'entraînement conforme à l'invention,

figure 6, la dépendance de la puissance électrique que le groupe électrique peut générer au maximum en fonction de la vitesse de rotation d'un arbre menant et pour différents rapports de conversion d'une disposition formant boîte de vitesses, et

10 figure 7, un diagramme correspondant à celui de la figure 6, dans lequel on a illustré en outre des lignes de rendement constant pour différents étages de conversion de la boîte de vitesses.

15 On décrira tout d'abord la structure du système d'entraînement conforme à l'invention en se rapportant aux figures 1 à 3. Ce système d'entraînement 10 comporte, en tant que groupes fonctionnels essentiels, un groupe électrique 12, une disposition formant boîte de vitesses 14, ces groupes fonctionnels étant en coopération avec une

20 unité d'entraînement 16 illustrée schématiquement dans la figure 3, c'est-à-dire son arbre menant 18, par exemple le vilebrequin d'un moteur à combustion interne.

25 Le groupe électrique 12, qui est dans l'exemple de réalisation illustré un groupe à induit extérieur, comprend un agencement de rotor 20 avec un porte-rotor 22 qui porte dans sa zone radialement extérieure une zone d'interaction de rotor 24. Comme illustré par exemple dans la figure 3, celle-ci peut comprendre une pluralité de plaques en tôle 26 ou similaires, qui sont reliées sur leur côté extérieur au porte-rotor 22

30 et qui portent sur leur côté intérieur plusieurs aimants permanents 28.

Le groupe électrique 12 comprend en outre un agencement de stator désigné dans son ensemble par la référence 30, comportant un porte-stator 32 et une zone d'interaction 34 portée radialement à l'extérieur

35 sur le porte-stator de l'agencement de stator 30. Cette zone

d'interaction peut comprendre plusieurs bobines 36 qui sont alimentées en énergie de façon connue en soi par un système de lignes 38. Comme décrit ci-dessus, le groupe électrique 12 est de préférence un moteur synchrone à induit extérieur et excitation permanente.

5

L'agencement de rotor 20, c'est-à-dire le porte-rotor 22 peut comprend un dispositif d'amortissement d'oscillations de torsion 40, comme suggéré schématiquement dans la figure 1, qui comprend plusieurs ressorts ou dispositifs élastiques 42 qui se suivent en direction
10 périphérique et qui s'appuient en direction périphérique contre deux pièces 44, 46 du porte-rotor 22 et qui permettent ainsi un mouvement relatif en direction périphérique de ces deux pièces 44, 45 l'une par rapport à l'autre. Cependant, cette réalisation avantageuse pour remplir une fonction d'amortissement d'oscillations n'est pas forcément
15 nécessaire, comme on le voit dans la figure 3.

Dans sa zone radialement intérieure, la pièce 46 du porte-rotor 22 est reliée solidairement en rotation à une roue solaire 48 de la disposition formant boîte de vitesses 14 qui forme donc une disposition à
20 engrenages planétaires, et elle est portée en rotation via un palier 50 sur le porte-stator 32. De plus, un porte-planétaire désigné dans son ensemble par la référence 52 est porté en rotation via un palier 54 sur la pièce 46 du porte-rotor 22. Entre la pièce 46 du porte-rotor 22 et le porte-planétaire 52 est prévu en outre un dispositif à roue libre 56 qui
25 permet une rotation sensiblement libre du porte-planétaire 52 par rapport au porte-rotor 22 et ainsi à l'agencement de rotor dans une direction de rotation, mais qui couple cependant les deux parties ou groupes structurels que sont l'agencement de rotor 20 et le porte-planétaire 52 solidairement en rotation l'un à l'autre dans l'autre
30 direction de rotation relative.

Le porte-planétaire 52 est en outre monté en rotation via un palier 58 sur le porte-stator 32 ou sur un composant ou groupe structurel fermement relié à celui-ci.

35

Le porte-planétaire 52 porte une pluralité de roues planétaires 60 qui se suivent mutuellement en direction périphérique, qui engrènent radialement avec la roue solaire 48 et qui engrènent radialement à l'extérieur avec une couronne intérieure 62. La couronne intérieure 62 est agencée sensiblement en flottement à l'intérieur de l'espace entouré par le porte-stator 32, c'est-à-dire qu'elle peut tourner librement par rapport au porte-stator 32. Cependant, on prévoit un dispositif d'embrayage 64 au moyen duquel la couronne intérieure 62 peut être bloquée sélectivement à l'encontre d'une rotation lorsque celui-ci est activé. Dans le mode de réalisation illustré, le dispositif d'embrayage 64 est un dispositif d'embrayage qui agit par voie électromagnétique et qui comprend un agencement de bobine excité 66 alimenté en énergie électrique via une ligne 68. Lors d'une excitation de l'agencement de bobine 66, la couronne intérieure 62 est attirée axialement vers celui-ci et elle est retenue solidairement en rotation par exemple avec interposition d'une surface de friction ou d'une garniture de friction 70 ou similaire par coopération de friction. Dans ce cas, on peut réaliser également un agencement par coopération de formes sur la couronne intérieure 62 ou sur le dispositif d'embrayage 64 ou encore sur un composant prévu ici, de sorte que dans la condition embrayée ou activée du dispositif d'embrayage 64, la couronne intérieure 62 est retenue à l'encontre d'une rotation par coopération de formes. On notera également que le dispositif d'embrayage peut assurer un montage solidaire en rotation de la couronne intérieure 32 par exemple par des poussoirs à actionnement hydraulique ou similaire.

De plus, on voit que l'ensemble du groupe structurel, formé par le groupe électrique 12 et par la disposition formant boîte de vitesses 14, est fixé dans la zone du porte-stator 32 de manière élastique sur un groupe structurel stationnaire, par exemple sur l'unité d'entraînement 16. Ceci peut se faire par l'intermédiaire d'éléments de suspension élastiques en caoutchouc, des ressorts ou bien d'autres éléments de suspension 72 qui permettent un découplage vis-à-vis des oscillations de ces groupes structurels 12, 14 par rapport à l'unité d'entraînement 16. Ainsi, on peut éviter que des oscillations radiales et axiales de l'arbre menant ou du vilebrequin 18 soient transmises excessivement à ces groupes structurels 12, 14. De plus, on peut associer aux éléments

de suspension 72 un dispositif de friction, de sorte que des oscillations qui apparaissent sont non seulement captées mais également amorties en ce qui concerne leur amplitude.

5 En se rapportant à la figure 3, on décrira dans ce qui suit des détails structurels avantageux d'un mode de réalisation du système d'entraînement 10 conforme à l'invention. On voit dans la figure 3 que le porte-stator 32 est composé de plusieurs composants. Il comporte un premier composant 74 avec une zone périphérique extérieure sur
10 laquelle est formé un système de canaux en forme de gorges, qui est refermé par un élément de couverture annulaire ou cylindrique 76, sur lequel sont formées finalement les bobines 36. Sur le côté des bobines 32 orienté vers l'unité d'entraînement 16, le composant 74 s'étend radialement au-delà de ces bobines vers l'extérieur et il comprend dans
15 cette zone plusieurs canaux d'amenée 78 qui sont en communication avec les canaux en forme de gorges 80. Dans cette zone radialement extérieure, le porte-stator 32 forme par une saillie axiale cylindrique 82 avec une zone cylindrique chevauchante 84 du porte-rotor 22 un étanchement à labyrinthe, de sorte que tout le système est protégé
20 contre la pénétration de saletés. Le porte-rotor 22 comprend dans la zone radialement extérieure des nervures de refroidissement 86, mais il peut être réalisé dans cette région également pour l'entraînement d'une transmission à courroie qui entraîne par exemple le compresseur d'une installation de conditionnement d'air ou similaire. Cependant, cela peut
25 être également réalisé en reliant solidairement en rotation au porte-rotor 22 une poulie à gorge séparée. De plus, dans la zone radialement extérieure, on prévoit sur le porte-stator 32 un agencement de détecteur 90 qui palpe un marquage 92 suggéré schématiquement dans la figure 2, formé par exemple par une pluralité de saillies ou similaires sur le
30 porte-rotor 22, et qui peut de cette manière produire des informations sur la position en rotation et sur la vitesse de rotation de l'agencement de rotor 20. Les informations sur la position en rotation sont nécessaires en particulier pour la commutation des bobines de stator 36. Étant donné que le porte-rotor 22 termine l'ensemble du système radialement vers l'extérieur et axialement, et qu'il forme ainsi en
35 quelque sorte un boîtier pour celui-ci, on peut renoncer à l'agencement d'un élément de boîtier supplémentaire, de sorte que l'écoulement d'air

de refroidissement peut mieux parvenir jusqu'au système d'entraînement conforme à l'invention.

5 Pour le refroidissement, on amène en outre un fluide réfrigérant, par exemple de l'eau de refroidissement, dans le porte-stator 32 via les canaux 78 et via le système à canaux 80, de sorte qu'en raison de l'agencement de ce système de canaux 78, 80 dans le porte-stator 32, on peut utiliser, dans une zone radialement entre les bobines de stator 36 et la disposition formant boîte de vitesses 14, le système de canaux
10 de refroidissement 78, 80 pour refroidir ces deux groupes fonctionnels. Il n'est pas nécessaire de prévoir un système de refroidissement séparé pour la boîte de vitesses 14 ni un système de refroidissement séparé pour la zone d'interaction 34 de l'agencement de stator 30. Un aspect essentiel est la réalisation sous forme de moteur à induit extérieur, de sorte qu'aucun groupe structurel de l'agencement de rotor 20 ne doit se
15 trouver entre la zone d'interaction 34 de l'agencement de stator 30 et la disposition formant boîte de vitesses 14.

20 On notera encore que les canaux 78 sont reliés à une source de réfrigérant via un système de conduites flexibles, afin de permettre la suspension élastique décrite ci-dessus du groupe électrique 12 conjointement avec la disposition formant boîte de vitesses 14.

25 Un autre composant 94 du porte-stator 32 est fermement relié au composant 74 par des boulons ou similaires, et il supporte radialement à l'intérieur un composant 96 portant ou formant la roue solaire 48 via un palier 50. Ce composant 96 peut être fermement relié au porte-rotor 22 au moyen de boulons ou similaires, comme on le voit dans la figure 3. Entre les composants 94 et 74 est coïncé un élément de blocage
30 annulaire 98 qui forme une butée de mouvement axial pour la couronne intérieure 62. Dans la condition non bloquée à l'encontre d'une rotation par le dispositif d'embrayage 64, la couronne intérieure 62 peut ainsi s'éloigner axialement uniquement d'une faible valeur depuis le dispositif d'embrayage 64, c'est-à-dire depuis l'agencement de
35 bobine 66.

Le porte-planétaire 52 qui est fermement relié à l'arbre menant ou au vilebrequin 18 via une vis de fixation 100 dans sa zone centrale comprend dans sa zone radialement extérieure plusieurs secteurs de montage 102 sur lesquels sont portées en rotation les roues planétaires 60 avec des arbres de montage respectifs 104. Sur leur autre côté axial, les roues planétaires sont montées en rotation par leurs arbres de montage 104 dans un anneau de montage 106 auquel le porte-planétaire 52 est fermement relié dans une zone périphérique entre deux roues planétaires 62 respectives par des boulons ou similaires, et qui est en outre porté en rotation par un palier 108 sur la pièce 96 qui porte ou qui forme la roue solaire 48.

Le système d'entraînement, tel qu'illustré dans les figures 1 à 3, est réalisé de manière à pouvoir être fixé de préférence sur le côté d'entraînement secondaire N de l'unité d'entraînement 16, c'est-à-dire sur ce côté sur lequel l'unité d'entraînement 16 n'est pas en liaison d'entraînement de rotation avec un train d'entraînement qui comprend par exemple un embrayage, une boîte de vitesses ou similaire. De cette manière, on peut profiter de façon optimale de l'espace structurel disponible dans un véhicule. Étant donné que les groupes structurels essentiels que sont le groupe électrique 12 et la disposition formant boîte de vitesses 14 sont positionnés coaxialement à l'axe de rotation A de l'ensemble du système d'entraînement, c'est-à-dire en particulier à l'arbre menant 18, on peut renoncer à la liaison via une transmission à courroie ou similaire. Ceci mène également à une réduction du volume structurel occupé par le système conforme à l'invention et réduit simultanément l'usure à une valeur non notable, car des engrenages planétaires de ce type, comme illustré dans les figures 1 à 3, peuvent travailler sensiblement sans usure, et il n'est pas nécessaire de prévoir par ailleurs des groupes structurels à forte usure, comme des transmissions à courroie ou analogue.

En se rapportant en particulier à la figure 2, on décrira dans ce qui suit le mode de fonctionnement du système d'entraînement conforme à l'invention. On supposera tout d'abord que pendant le fonctionnement

de démarrage, donc pendant un fonctionnement dans lequel le système conforme à l'invention, en particulier le groupe électrique 12, travaille comme démarreur, l'agencement de rotor 20 est tourné en direction d'une flèche P_1 dans la figure 2 par une excitation correspondante des bobines de stator 36 et par l'interaction magnétique ainsi générée entre le champ magnétique des bobines de stator 36 et le champ magnétique des aimants de rotor permanents 28. Ceci mène à ce que la roue solaire 48 reliée solidairement en rotation à l'agencement de rotor 20 tourne également dans la même direction, à savoir en direction de la flèche P_2 . Les roues planétaires 60 qui engrènent avec la roue solaire 48 sont ainsi entraînées en rotation en direction d'une flèche P_3 . Dans cet état de démarrage, la couronne intérieure 62 est retenue solidairement en rotation par exemple par excitation de l'agencement de bobine 66, de sorte que les roues planétaires 60 qui tournent ne peuvent pas mener à ce que la couronne intérieure 62 tourne également, mais qu'elles se déplacent en direction d'une flèche P_4 le long de la périphérie intérieure de la couronne intérieure 62 en raison de leur mouvement de roulement induit. Dans ce cas, les roues planétaires 60 entraînent le porte-planétaire 52 dans la même direction, de sorte que l'arbre menant 18 tourne également dans la même direction que les porte-planétaires 52 et ainsi également dans la même direction que l'agencement de rotor 20. L'arbre menant 18 tourne cependant à une vitesse de rotation réduite, en correspondance du rapport de conversion de vitesse de rotation de cet étage de conversion de la boîte de vitesses, qui est activé lorsque le dispositif d'embrayage 64 est excité, c'est-à-dire activé, et que la couronne intérieure 62 est donc bloquée à l'encontre d'une rotation. Selon un mode de réalisation préféré, le rapport de conversion de vitesse de rotation entre la vitesse de rotation de l'agencement de rotor 20 et la vitesse de rotation du porte-planétaire 52 qui forme ici un organe de sortie de la disposition formant boîte de vitesses 14 et ainsi de l'ensemble du système 10, est de l'ordre de 4. Ainsi, suite à la réduction de la vitesse de rotation, on obtient une conversion du couple de rotation, de sorte que le système d'entraînement conforme à l'invention convient en particulier également au démarrage de moteurs à combustion interne de grande taille.

Lorsque le moteur à combustion interne est démarré, on peut terminer l'excitation des bobines de stator 36 et, le dispositif d'embrayage 64 étant toujours maintenu activé, on fait maintenant tourner l'agencement de rotor à une vitesse de rotation plus élevée que celle de l'arbre menant 18, au moyen de cet étage de conversion activé de la boîte de vitesses. Le groupe électrique 12 peut travailler maintenant comme générateur, c'est-à-dire qu'il peut convertir l'énergie cinétique de l'agencement de rotor 20 en énergie électrique et alimenter celle-ci dans un système électrique d'un véhicule ou dans un accumulateur.

Étant donné que de tels générateurs opérant par voie électromécanique présentent une efficacité qui dépend de la vitesse de rotation du rotor, il peut être nécessaire, à des vitesses de rotation élevées de l'arbre menant 18, d'assurer que le rapport de conversion de vitesse de rotation, relativement élevé pour le fonctionnement de démarrage, de cet étage de conversion engagé de la boîte de vitesses pour le dispositif d'embrayage 64 activé, soit quitté et que l'on applique un rapport de conversion plus faible, par exemple un rapport de conversion égal à 1. On atteint ceci automatiquement lorsque l'activation du dispositif d'embrayage 64 est terminée, c'est-à-dire que la couronne intérieure 62 est libérée pour tourner. Dans cet état dans lequel une assistance de couple de rotation des roues solaires 16 via la couronne intérieure 62 sur le porte-stator 32 n'a plus lieu, la roue libre 56 devient efficace lorsque la vitesse de rotation de l'agencement de rotor 20 coïncide avec la vitesse de rotation de l'arbre menant 18 ou que la vitesse de rotation de l'arbre menant 18 devient plus élevée que la vitesse de rotation de l'agencement de rotor 20, de telle sorte ladite roue libre établit maintenant une liaison solidaire en rotation directe entre l'agencement de rotor 20, c'est-à-dire le porte-rotor 22 comportant la pièce 96 illustrée dans la figure 3, et le porte-planétaire 52 et ainsi l'arbre menant 18. Dans ce contexte, l'agencement de rotor 20 tourne maintenant à la même vitesse de rotation que l'arbre menant 18.

Grâce à la réalisation conforme à l'invention de la disposition formant boîte de vitesses 14 avec ses deux étages de conversion dont l'un assure un rapport de vitesse de rotation différent de 1 entre la vitesse

de rotation de l'agencement de rotor 20 et la vitesse de rotation du porte-planétaire 52 faisant office d'organe de sortie, et dont l'autre assure un couplage direct entre l'agencement de rotor 20 et l'arbre menant 18, on réalise une structure très simple et très efficace. En règle générale, le rapport de conversion de vitesse de rotation égal à 1 est
5 nécessaire uniquement lorsqu'un fonctionnement en générateur doit avoir lieu et qu'un couple de rotation doit donc être transmis depuis l'arbre menant 18 vers le groupe électrique 12. Dans cet état, la roue libre 56 devient cependant efficace automatiquement, si le dispositif d'embrayage 64 n'est pas activé. Ceci signifie que sans activation du
10 dispositif d'embrayage 64, aucune mesure n'est nécessaire pour assurer ce flux de couple de rotation depuis l'arbre menant 18 jusqu'au groupe électrique 12. Cependant, dans la direction opposée du flux de couple de rotation, un rapport de conversion égal à 1 n'est pratiquement pas
15 nécessaire, car pour faire démarrer l'unité d'entraînement 16, on applique de préférence celui des étages de conversion de la boîte de vitesses dans lequel la couronne intérieure 62 est retenue solidairement en rotation par activation du dispositif d'embrayage 64, et qu'une conversion de couple de rotation a donc lieu. La conséquence en est
20 qu'avec un minimum d'opérations de pilotage, à savoir uniquement un pilotage correspondant du dispositif d'embrayage 64, on peut commuter entre des étages de conversion différents de la boîte de vitesses. On peut donc choisir avec un minimum d'opérations de commutation le fonctionnement de démarrage, une assistance à
25 l'accélération de l'unité d'entraînement, le fonctionnement en générateur ou le fonctionnement en frein moteur, ainsi que la génération d'un couple d'assistance.

On notera cependant, qu'à la place de la roue libre 56, on peut
30 également prévoir un embrayage commutable par pilotage, ce qui peut être avantageux en particulier lorsque le groupe électrique 12 est utilisé comme unité d'entraînement ou comme unité d'entraînement auxiliaire dans de petits véhicules.

35 Pour éviter l'apparition d'à-coups de commutation pendant des opérations de commutation entre les deux étages de conversion de

boîte de vitesses décrits auparavant, ce qui peut être le cas en particulier lorsque le dispositif d'embrayage 64 bloque la couronne intérieure 62 à l'encontre d'une rotation par action en coopération de formes, on peut procéder à une opération telle que décrite dans ce qui

5 suit en se rapportant aux figures 4 et 5. Dans ce cas, la figure 4 montre une opération dans laquelle on fait commencer à l'instant t_0 le démarrage de l'unité d'entraînement 16 en fonctionnement en démarreur, tout comme décrit auparavant. Dans cet état, le dispositif d'embrayage 64 est donc activé, la couronne intérieure 62 est bloquée à

10 l'encontre d'une rotation et on active celui des étages de conversion de la boîte de vitesses, pour lequel on prévoit un rapport de conversion de vitesse de rotation relativement élevé entre la vitesse de rotation de rotor et la vitesse de rotation du porte-planétaire, par exemple de l'ordre de 4. Jusqu'à atteindre, à l'instant t_1 , la vitesse de rotation au

15 ralenti de l'unité d'entraînement de l'ordre de 500 tours par minute, ce qui est illustré par la courbe AA dans la figure 4a), un couple de rotation est généré par l'unité d'entraînement, comme on le voit dans la figure 4b). La plage de couple de rotation positive dans la figure 4b) signifie donc l'état dans lequel un couple de rotation d'entraînement est

20 généré au niveau de l'agencement de rotor 20 par une alimentation en courant des bobines de stator 36. À l'instant t_1 , on termine cette génération d'un couple de rotation d'entraînement et on amène le groupe électrique 12 dans un état de fonctionnement en générateur, dans lequel un flux de courant est induit dans les spires des bobines de

25 stator 36 par alimentation correspondante des bobines de stator 36 au moyen d'un étage électronique de puissance non illustré par l'interaction magnétique avec les aimants de rotor permanents 28 en déplacement, et on génère en correspondance un couple de rotation de freinage au niveau de l'agencement de rotor 20. En raison du rapport

30 de conversion de vitesse de rotation engagé entre l'agencement de rotor 20 et l'arbre menant 18 ou le porte-planétaire 52, pour une vitesse de rotation au ralenti de l'unité d'entraînement d'environ 500 tours par minute, l'agencement de rotor 20 tourne à environ 2000 tours par minute. À l'instant t_2 , le chauffeur du véhicule actionne une pédale

35 d'accélération, de sorte que la vitesse de rotation de l'unité d'entraînement monte et que l'on quitte la plage de la vitesse de rotation au ralenti. En correspondance, la vitesse de rotation,

représentée par la courbe R, de l'agencement de rotor 20 monte également, mais de façon plus raide en raison du rapport de conversion de vitesse de rotation engagé. Comme ceci sera expliqué encore plus en détail dans ce qui suit, pour faire travailler le groupe électrique 12 en fonctionnement en générateur avec un maximum d'efficacité et pour empêcher en outre que l'agencement de rotor 20 parvienne dans une plage de vitesse de rotation dans laquelle des endommagements irréversibles ne peuvent pas être exclus, par exemple dans une plage de vitesse de rotation de plus de 6000 tours par minute, une opération de commutation est déclenchée maintenant à l'instant t_3 lors du dépassement d'une certaine vitesse de rotation limite n_{Schalt} de par exemple 4000 tours par minute, où on passe depuis l'étage de conversion de boîte de vitesses avec un rapport de conversion plus élevé vers l'étage ou vers un étage de conversion avec un rapport de conversion plus faible, par exemple l'étage de conversion de boîte de vitesses illustré ou décrit avec un rapport de conversion égal à 1. Donc, lorsque la vitesse de rotation de commutation ou de limite n_{Schalt} est atteinte ou dépassée à l'instant t_3 , ce que l'on peut détecter par exemple par une détection ou par surveillance continue de la vitesse de rotation de l'arbre menant 18 ou de la vitesse de rotation de l'agencement de rotor 20, le couple de freinage généré au niveau de l'agencement de rotor 20 est réduit à un couple de freinage plus petit, par exemple de l'ordre de 0, par une commutation modifiée des bobines de stator 36. La conséquence en est que sensiblement aucun couple de rotation n'est transmis entre l'agencement de rotor 20 et le porte-planétaire 52, et que la couronne intérieure 62 n'est plus appuyée sur le porte-stator 32 via le dispositif d'embrayage 64, en ce qui concerne le couple de rotation. Lorsque l'on atteint cet état sensiblement exempt de couple de rotation à l'instant t_4 , on induit l'ouverture ou la désactivation du dispositif d'embrayage 64 qui est alors débrayé à l'instant t_5 . À cet instant t_5 , la couronne intérieure 62 n'est donc plus bloquée à l'encontre d'une rotation et le flux de couple de rotation via cet étage de conversion de boîte de vitesses est entièrement interrompu. On peut détecter ceci par exemple en comparant la vitesse de rotation de l'arbre menant 18 et la vitesse de rotation de l'agencement de rotor 20. Lorsque le dispositif d'embrayage 64 est désactivé à l'instant t_5 , et que la couronne intérieure 62 est libérée pour tourner, cette libération s'effectuant sensiblement

sans à-coups même pour un dispositif d'embrayage 64 qui agit par coopération de formes en raison de l'absence de couple de rotation à transmettre, on commence donc à l'instant t_5 , par modification du branchement des bobines de stator 36, à rétablir au niveau de l'agencement de rotor 20 de nouveau un couple de freinage accru qui est atteint finalement à l'instant t_6 . Selon les conditions de fonctionnement qui se présentent, on peut aller en l'occurrence jusqu'au couple de rotation de freinage maximal admissible, ce qui mène alors à un ralentissement aussi rapide que possible de l'agencement de rotor 20. Pour un couple de rotation de freinage sensiblement constant, la vitesse de rotation de l'agencement de rotor 20 se modifie de façon sensiblement constante entre les instants t_6 et t_7 , et elle se rapproche de la vitesse de rotation qui se modifie également de l'unité d'entraînement 16 qui détermine ici la vitesse de rotation de consigne à régler pour l'agencement de rotor.

En raison de la surveillance continue de la vitesse de rotation de l'unité d'entraînement 16 et de la vitesse de rotation de l'agencement de rotor 20, on peut détecter à l'instant t_7 que la différence entre ces vitesses de rotation est maintenant très faible, c'est-à-dire que l'écart entre la vitesse de rotation de l'agencement de rotor 20 et de la vitesse de rotation de l'unité d'entraînement 16 se trouve maintenant dans une plage dans laquelle un couplage sensiblement sans à-coups de l'agencement de rotor 20 à l'arbre menant 18 via la roue libre 56 ou le cas échéant également via un embrayage commutable pourrait en principe avoir lieu. Lorsqu'à l'instant t_7 , on atteint l'instant auquel la vitesse de rotation de l'agencement de rotor 20 coïncide avec la vitesse de rotation de l'unité d'entraînement 16, exception faite d'un écart minimal, la génération du couple de rotation de freinage au niveau de l'agencement de rotor 20 est terminée, de sorte que l'on atteint finalement de nouveau un état sensiblement sans transmission de couple de rotation. Cependant, conformément à l'invention, on surveille ici en supplément le gradient de vitesse de rotation de l'unité d'entraînement 16. Lorsque la vitesse de rotation de l'unité d'entraînement 16 ne se modifie que relativement lentement, on peut supposer qu'aucun à-coup n'est produit même lors d'une roue libre 56 qui fonctionne brusquement ou un embrayage qui s'engage

brusquement, en raison de la petite différence de vitesse de rotation ou de la vitesse de rotation qui se modifie lentement. Cependant, si la modification de vitesse de rotation de l'unité d'entraînement 16 était relativement importante, le fonctionnement brusque de la roue libre 56 ou l'engagement d'un embrayage agissant le cas échéant en coopération de formes mènerait à une augmentation brusque de la vitesse de rotation au niveau de l'agencement de rotor 20 et ainsi à un à-coup de commutation qui se ferait ressentir de façon désagréable dans le véhicule. Conformément à l'invention, dans cet état dans lequel la modification de vitesse de rotation de l'unité d'entraînement est supérieure à la valeur seuil, on commence donc à l'instant t_8 d'adapter la modification de vitesse de rotation de l'agencement de rotor 20 à la modification de vitesse de rotation de l'unité d'entraînement 16. Étant donné que l'agencement de rotor 20 était auparavant dans un état de freinage, on doit donc générer à partir de l'instant t_8 un couple de rotation d'entraînement au niveau de l'agencement de rotor 20, pour l'adaptation à une vitesse de rotation accrue de l'unité d'entraînement 16, comme on le voit dans la figure 4b), pour accélérer celui-ci et pour adapter sa modification de vitesse de rotation à la modification de vitesse de rotation de l'unité d'entraînement. Ceci dure jusqu'à un instant t_9 auquel il se produit une coïncidence sensiblement complète entre la vitesse de rotation de l'arbre menant 18 et la vitesse de rotation de l'agencement de rotor 20 et également entre le gradient de vitesse de rotation de l'arbre menant 18 et le gradient de vitesse de rotation de l'agencement de rotor 20. Par conséquent, lorsque l'on utilise un embrayage commutable, celui-ci est embrayé à l'instant t_9 et on commence d'établir la liaison en couple de rotation entre le porte-planétaire 52 et l'agencement de rotor 20. Lorsque l'on utilise une roue libre, celle-ci devient automatiquement efficace lors de la coïncidence de vitesse de rotation, de sorte qu'à partir de l'instant t_{10} , la coopération de forces complète s'établit entre l'arbre menant 18 et l'agencement de rotor, mais c'est le rapport de conversion plus faible égal à 1 qui se présente maintenant. À partir de l'instant t_{10} l'agencement de rotor 20 et l'arbre menant 18 tournent à la même vitesse de rotation et on peut alors utiliser l'agencement de rotor 20 ou le groupe électrique 12 pour générer de l'énergie électrique.

Dans cet état qui se présente à partir de l'instant t_{10} et qui prévoit une liaison de transmission de couple de rotation depuis l'arbre menant 18 via le porte-planétaire 52 et via la roue libre 56 vers l'agencement de rotor 20, on atteint un autre effet avantageux de l'utilisation de la roue libre 56. Lors de l'apparition d'oscillations de torsion au niveau de l'arbre menant 18, celles-ci sont transmises à l'agencement de rotor 20 uniquement dans la plage de leur demi-onde en accélération par rapport à l'agencement de rotor 20, mais dès que l'oscillation de torsion se transforme vers la plage de demi-onde en décélération, l'agencement de roue libre 56 provoque un découplage. Ceci mène au fait que dans la région du groupe électrique 12, de telles oscillations de torsion se font ressentir uniquement de façon réduite, et que des fluctuations de puissance apparaissent de façon diminuée.

Une opération de commutation où l'on passe depuis un étage de conversion de boîte de vitesses avec un rapport de conversion de vitesse de rotation plus petit vers un étage de conversion avec un rapport de conversion de vitesse de rotation plus grand, en raison de la réduction de la vitesse de rotation de l'unité d'entraînement, est illustrée dans les figures 5a) et 5b). On suppose ici qu'à l'instant t_2 , la vitesse de rotation de l'unité d'entraînement 16 se réduit pour prendre une valeur seuil n_{Schalt} par exemple d'environ 1500 tours par minute. On voit que le couple de rotation de freinage généré et ainsi également la puissance électrique générée du groupe électrique 12 diminuent. Lorsqu'un intervalle de temps Δt s'est écoulé depuis avoir atteint ou dépassé la valeur, en l'occurrence "dépassé" dans le sens négatif, on commence à l'instant t_3 de réduire le couple de rotation transmis entre l'unité d'entraînement 16 et l'agencement de rotor 20. Ici également, comme on le voit dans la figure 5b), le couple de freinage est encaissé ou généré au niveau de l'agencement de rotor 20 par un branchement correspondant des bobines de stator 36. À l'instant t_4 on atteint de nouveau un état dans lequel le dispositif d'embrayage efficace à ce moment, par exemple la roue libre 56 est sans charge en raison du fait que sensiblement plus aucun couple de rotation n'est transmis entre l'arbre menant 18 et l'agencement de rotor 20. Lors de l'utilisation d'un embrayage commutable, celui-ci est maintenant ouvert et il se trouve dans un état débrayé à l'instant t_5 , de sorte qu'à partir de cet instant il

n'y a pas de liaison de transmission de couple de rotation entre l'arbre menant 18 et l'agencement de rotor 20. Cette séparation peut également être détectée par surveillance de la vitesse de rotation de l'arbre menant 18 et de la vitesse de rotation de l'agencement de rotor 20. Entre
5 l'instant t_5 et l'instant t_6 un couple de rotation d'entraînement est généré au niveau de l'agencement de rotor 20 par alimentation en courant des bobines de stator 36, de sorte qu'à partir de l'instant t_6 la vitesse de rotation de l'agencement de rotor commence à augmenter en correspondance du couple de rotation d'entraînement généré, ce qui est
10 illustré par la courbe R dans la figure 5a).

On voit dans les figures 4a) et 5a) que les vitesses de rotation limites respectives ou vitesses de rotation de commutation n_{Schalt} pour déclencher une opération de commutation dans la disposition formant
15 boîte de vitesses lorsque la vitesse de rotation de l'unité d'entraînement 16 augmente et que la vitesse de rotation de l'unité d'entraînement 16 diminue peuvent être distinctes, afin de prévoir ici un effet d'hystérésis. Par exemple, la vitesse de rotation limite n_{Schalt} exploitée lors d'une réduction de la vitesse de rotation de l'unité d'entraînement 16 peut être
20 supérieure à la vitesse de rotation limite n_{Schalt} utilisée lors d'une augmentation de la vitesse de rotation de l'unité d'entraînement 16.

On notera que lors de l'utilisation de la roue libre 56 illustrée dans les figures, un couple de rotation d'entraînement est généré déjà à partir de
25 l'instant t_4 au niveau de l'agencement de rotor 20, de sorte que celui-ci accélère et que la roue libre 56 passe automatiquement dans un état non-transmetteur de couple de rotation en raison du fait que la vitesse de rotation de l'agencement de rotor 20 par rapport à la vitesse de rotation de l'unité d'entraînement 16 augmente.

30 Grâce au couple de rotation d'entraînement appliqué, la vitesse de rotation de l'agencement de rotor 20 va maintenant vers une vitesse de rotation de consigne que l'on peut obtenir par exemple par le fait que la vitesse de rotation de l'unité d'entraînement 16 est multipliée par le
35 rapport de conversion de vitesse de rotation, ce qui est le cas dans l'étage de conversion de boîte de vitesses à engager dans ce qui suit.

Donc, lorsque l'unité d'entraînement 16 a atteint l'état avec une vitesse de rotation d'environ 700 tours par minute, comme dans l'exemple de réalisation illustré, et que le rapport de conversion de vitesse de rotation de l'étage de conversion de boîte de vitesses à engager est de l'ordre de 4, il résulte alors une vitesse de rotation de consigne pour l'agencement de rotor 20 de l'ordre de 2800 tours par minute. La vitesse de rotation de l'agencement de rotor 20 s'approche vers cette vitesse de rotation de consigne entre les instants t_6 et t_7 . À l'instant t_7 , la vitesse de rotation de l'agencement de rotor 20 a pris une valeur qui est relativement près de la vitesse de rotation de consigne, c'est-à-dire que l'écart entre ces vitesses de rotation est seulement faible. À partir de l'instant t_7 , la génération d'un couple de rotation d'entraînement au niveau de l'agencement de rotor est donc terminée, de sorte qu'en raison des effets de friction présents, à l'instant t_8 la vitesse de rotation de l'agencement de rotor 20 correspond pratiquement à la vitesse de rotation de l'unité d'entraînement 16. Ici également, on peut observer la modification de la vitesse de rotation de l'unité d'entraînement 16, et lorsque la modification a dépassé une certaine valeur seuil, on peut produire une coïncidence entre la modification de vitesse de rotation de l'unité d'entraînement 16 et la modification de la vitesse de rotation de l'agencement de rotor entre les instants t_8 et t_9 , comme déjà décrit, par application d'un couple de rotation d'entraînement correspondant ou le cas échéant également par application d'un couple de rotation de freinage au niveau de l'agencement de rotor 20. Si tel est le cas, on alimente en courant le dispositif d'embrayage 64 à partir de l'instant t_9 , c'est-à-dire qu'il est activé pour fixer maintenant solidairement en rotation la couronne intérieure 62 sans produire un à-coup de commutation quelconque et pour activer l'étage de conversion de boîte de vitesses, dans lequel le rapport de conversion de vitesse de rotation est par exemple égal à 4. À partir de l'instant t_{10} , la liaison en coopération de forces et transmettant le couple de rotation est de nouveau établie entre l'arbre menant 18 et l'agencement de rotor 20 du groupe électrique 12.

Grâce au processus de commutation décrit ci-dessus, on peut donc atteindre que lorsque l'on passe entre des étages de conversion de boîte de vitesses différents avec des rapports de conversion de vitesse de

rotation différents, on évite l'apparition d'à-coups de commutation même lorsque l'on utilise des dispositifs d'embrayage agissant en coopération de formes. Dans ce cas, il n'importe pas de savoir si l'un des étages de conversion de boîte de vitesses présente un rapport de conversion de vitesse de rotation égal à 1, comme ceci a été illustré dans ce qui précède. On peut même exécuter des opérations de commutation entre des étages de conversion de boîte de vitesses qui présentent des rapports de conversion de vitesse de rotation qui diffèrent de 1, comme décrit ci-dessus. Il est également possible d'utiliser des boîtes de vitesses à plusieurs étages ou à plusieurs vitesses, dans lesquelles on peut choisir entre trois étages de conversion de boîte de vitesses, où l'on peut alors exécuter successivement par exemple deux opérations pour passer au-dessus ou deux opérations pour passer au-dessous, comme décrit auparavant. De même, on peut passer à un étage de conversion de boîte de vitesses dont le rapport de conversion de vitesse de rotation est inférieur à 1, de la manière décrite ci-dessus.

Comme décrit en particulier en se rapportant à l'opération de commutation de la figure 5, il peut être avantageux d'attendre une période prédéterminée Δt , après avoir atteint ou être passé au-dessus ou au-dessous de la vitesse de rotation de commutation n_{Schalt} , avant de commencer une opération de commutation. De cette manière, on peut éviter qu'une modification seulement courte de la vitesse de rotation de l'unité d'entraînement 16 ou une courte atteinte et un court dépassement au-dessus ou au-dessous de la vitesse de rotation de commutation n_{Schalt} mène à une opération de commutation inutile que l'on devrait alors annuler ou réviser par une augmentation ou par une chute de vitesse de rotation de l'unité d'entraînement, qui suit par exemple directement.

Les figures 6 et 7 montrent pourquoi il est avantageux, en particulier dans le fonctionnement en générateur du groupe électrique 12, de changer le rapport de conversion de vitesse de rotation. Ainsi, on voit dans la figure 6 l'évolution de la puissance électrique qui peut être générée au maximum par le groupe électrique 12 en fonction de la

vitesse de rotation n_k de l'arbre menant 18. Pour un rapport de conversion de vitesse de rotation x , par exemple égal à 1, il résulte une augmentation progressive qui atteint une valeur maximale, suite à laquelle une chute progressive a lieu. Lorsque la vitesse de rotation est multipliée, c'est-à-dire lorsque l'agencement de rotor 20 tourne avec une vitesse de rotation augmentée par rapport à ladite vitesse, ce qui est représenté par la courbe $I > x$, cette courbe est comprimée, de sorte que déjà à une vitesse de rotation nettement plus faible de l'arbre menant, on atteint la puissance maximale. Par conséquent, il est avantageux de choisir la vitesse de rotation de commutation n_{Schalt} au point d'intersection des courbes de puissance maximale pour les deux rapports de conversion de vitesse de rotation, lorsque l'on doit effectuer une opération de commutation à l'égard de la puissance électrique maximale à atteindre en fonctionnement en générateur. Lorsque la vitesse de rotation de commutation n_{Schalt} est dépassée, on choisit l'étage de commutation de boîte de vitesses avec un faible rapport de conversion de vitesse de rotation, et lorsque la vitesse de rotation de commutation n_{Schalt} n'est pas dépassée ou que l'on passe au-dessous de celle-ci, l'étage de conversion de boîte de vitesse reste ou bien on choisit un étage avec un rapport de conversion de vitesse de rotation plus élevé.

La figure 7 montre en outre des lignes ou des régions de rendement η constant. Dans ce cas, les lignes a, b sont associées à la courbe de puissance pour le rapport de conversion de vitesse de rotation plus élevé, et les lignes c, d sont associées à la courbe de puissance pour le rapport de conversion de vitesse de rotation plus faible. De plus, les lignes a et c qui incluent une surface plus grande désignent des lignes d'un rendement η constant mais faible, et les lignes b et d désignent des lignes ou zones d'un rendement η constant mais élevé. Dans un état dans lequel la puissance maximale possible n'est pas demandée du groupe électrique 12, par exemple parce qu'un système à alimenter en énergie électrique ne pose pas une demande élevée de puissance, mais dans lequel le groupe électrique 12 travaille dans une plage de puissance moyenne, il est avantageux de choisir la vitesse de rotation de commutation non pas à l'égard de la puissance maximale possible,

mais à l'égard du rendement optimal du groupe électrique. Ceci est illustré dans la figure 7 par la puissance de consigne P_s . Lorsque le groupe électrique 12 opère en partant d'un état de faible vitesse de rotation n_k de l'arbre menant 18 avec une telle demande de puissance, il se trouve tout d'abord à l'intérieur de la plage a pour le rapport de conversion de vitesse de rotation élevé, mais à l'extérieur de la plage c pour le faible rapport de conversion de vitesse de rotation ; dans ce cas, on suppose que les lignes a et c désignent le même rendement η et que les lignes b et d sont également des lignes de même rendement.

Lorsque l'on augmente alors la vitesse de rotation de l'arbre menant 18, on se rapproche de plus en plus d'un point d'intersection entre les lignes a et c. Lorsque l'on dépasse ce point d'intersection, on quitte maintenant la plage a avec le rapport de conversion de vitesse de rotation élevé, de sorte que lors d'un maintien du rapport de conversion de vitesse de rotation élevé, une chute du rendement η se produirait. Simultanément, lors d'un faible rapport de conversion de vitesse de rotation une augmentation du rendement se produit par l'entrée dans la plage entourée par la ligne c. Par conséquent, lorsque le rendement du groupe électrique 12 est primordial, c'est-à-dire lorsque l'on peut utiliser celui-ci avec le rendement optimal pour une certaine demande de puissance, il est alors avantageux de ne pas choisir la vitesse de rotation de commutation n_{Schalt} en tant que valeur constante, mais de la définir pour un état de fonctionnement respectif, par exemple pour une demande de puissance respective, de telle sorte qu'une opération de commutation peut avoir lieu lorsqu'une augmentation de rendement se produirait par modification de la vitesse de rotation de l'arbre menant 18 dans le cas de l'un des rapports de conversion de vitesse de rotation, et qu'une réduction du rendement se produirait dans le cas d'un autre rapport. Pour choisir la stratégie de commutation illustrée dans la figure 6 en fonction de la puissance électrique à atteindre au maximum, et la stratégie de commutation illustrée dans la figure 7 dans laquelle la vitesse de rotation de commutation est choisie pour un état de fonctionnement respectif, par exemple une demande de puissance respective, et ceci à l'égard de l'optimisation du rendement, on peut avoir recours à la hauteur de l'exigence de puissance, comme déjà mentionné dans ce qui précède. Lors d'une demande de puissance élevée, par exemple dans la plage de plus de 60 % de la puissance

électrique maximale possible en fonctionnement en générateur, on peut choisir la vitesse de rotation de commutation selon la figure 6, et lors d'une faible demande de puissance, on peut choisir la vitesse de rotation de commutation selon la figure 7. Lorsque la demande de puissance n'est que minimale, par exemple inférieure à 30 % de la puissance électrique maximale possible en fonctionnement en générateur, on peut prévoir d'effectuer fondamentalement une seule fois une opération de commutation lors du dépassement de la vitesse de rotation de commutation n_{Schalt} , comme illustré dans la figure 4a), lorsque l'on démarre le véhicule et que l'on quitte la vitesse de rotation au ralenti, et de maintenir ensuite l'étage de conversion de boîte de vitesses, indépendamment de savoir comment la vitesse de rotation de l'unité d'entraînement se modifie. De cette manière, on peut améliorer le confort de rouler par minimisation des opérations de commutation à effectuer, et on peut minimiser la charge de la disposition formant boîte de vitesses.

De plus, on peut prévoir d'interrompre le couplage de force entre l'arbre menant 18 et l'agencement de rotor 20 lorsque la vitesse de rotation de l'agencement de rotor 20 se rapproche d'une plage critique, par exemple par débrayage d'un dispositif d'embrayage intégré à la place de la roue libre 56. Une nouvelle opération d'embrayage à effectuer ensuite peut se faire de manière décrite auparavant. De même, une telle séparation de la transmission de couple de rotation peut se faire lors du dépassement d'un gradient de vitesse de rotation prédéterminé.

Grâce à la présente invention, on réalise un système d'entraînement avec un groupe électrique et une disposition formant boîte de vitesses, dans lequel on peut procéder à des opérations de commutation douces au niveau de la disposition formant boîte de vitesses, sans qu'un embrayage à friction patine et qu'il se produise ainsi une usure relativement importante. La structure conforme à l'invention est très simple et ainsi relativement solide et de faible coût. Dans des situations de fonctionnement différentes, l'utilisation de la roue libre permet des avantages particuliers, en plus du fait de pouvoir renoncer au pilotage

d'un embrayage supplémentaire. Ceci est en particulier un état dans lequel apparaissent des oscillations de torsion, comme décrit ci-dessus, ou par exemple un état dans lequel il s'établit brusquement sur le côté de l'arbre menant 18 une vitesse de rotation plus faible que celle sur le côté du rotor 20, lorsque l'on effectue des opérations de commutation dans une boîte de vitesses de véhicule en faisant un double débrayage ou en freinant fortement le véhicule ou l'unité d'entraînement. Le rotor 20 peut alors tourner tout d'abord librement, de sorte que l'on peut générer de l'énergie électrique avec une efficacité relativement haute même lorsque l'arbre menant 18 tourne plus lentement. Si une modification brusque de la vitesse de rotation de l'arbre menant lors de la libération de l'agencement de rotor 20 pouvait mener à un à-coup de commutation, on peut opérer comme décrit ci-dessus, en utilisant un embrayage commutable. Dans le système conforme à l'invention dans lequel on utilise un étage de conversion de boîte de vitesses avec un rapport de conversion de vitesse de rotation plus élevé, fondamentalement pour démarrer une unité d'entraînement, on peut davantage réduire le nombre des opérations de commutation à effecteur dans la disposition formant boîte de vitesses, par exemple lorsque l'on applique immédiatement un étage de conversion de boîte de vitesses, pendant le redémarrage d'une unité d'entraînement encore chaude du fonctionnement, qui présente un rapport de conversion de vitesse de rotation plus faible. Dans cet état, le couple d'entraînement nécessaire pour faire démarrer l'unité d'entraînement est en règle générale plus faible, de sorte que l'on peut utiliser également un tel étage de conversion de boîte de vitesses. De même, en cas de groupe électrique surchauffé en fonctionnement de moteur, donc en fonctionnement d'entraînement, par exemple lors d'une opération de démarrage, lors de la fourniture d'un couple de rotation d'assistance ou lors de l'amortissement d'oscillations actif, on peut opérer avec un faible rapport de conversion de vitesse de rotation, par exemple un rapport égal à 1.

De plus, on notera encore que le dispositif d'embrayage agissant entre l'organe de sortie, c'est-à-dire le support de roue planétaire 52 et l'agencement de rotor 20, dans l'exemple de réalisation illustré le dispositif à roue libre 56, ne doit pas agir directement entre ces deux

composants ou groupes structurels. On peut prévoir d'autres composants ou groupes structurels interposés ; en particulier, on peut prévoir un autre train d'engrenages, de sorte qu'un rapport de conversion de vitesse de rotation différent de 1 est prévu même lorsque
5 le dispositif d'embrayage est efficace, c'est-à-dire lorsque le dispositif à roue libre 56 ou un autre dispositif d'embrayage est efficace.

10

15

20

25

30

Revendications

1. Système d'entraînement comportant un groupe électrique (12) et un organe de sortie (52) couplé ou susceptible d'être couplé pour la rotation à l'arbre menant (18) d'une unité d'entraînement (16), groupe électrique (12) au moyen duquel l'arbre menant (18) peut être entraîné en rotation, et/ou de l'énergie électrique peut être récupérée lors de la rotation de l'arbre menant (18), le groupe électrique (12) comportant un agencement de stator (30), caractérisé par un agencement de rotor (20) relié ou susceptible d'être relié en rotation à l'organe de sortie (52) via une disposition formant boîte de vitesses (14) avec un rapport de conversion variable de la vitesse de rotation, et par un premier dispositif d'embrayage (56) au moyen duquel une liaison de transmission de couple de rotation peut être établie entre l'agencement de rotor (20) et l'organe de sortie (52).

2. Système d'entraînement selon la revendication 1, caractérisé en ce que le premier dispositif d'embrayage (56) comporte un dispositif à roue libre (56) au moyen duquel un couple de rotation peut être transmis essentiellement uniquement par l'organe de sortie (52) vers l'agencement de rotor (20).

3. Système d'entraînement selon l'une ou l'autre des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la disposition formant boîte de vitesses (14) comprend au moins un étage de conversion sélectivement activé, dans lequel un rapport entre la vitesse de rotation de l'agencement de rotor et la vitesse de rotation de l'organe de sortie (52) est supérieur à 1, dans la condition activée dudit étage.

4. Système d'entraînement selon la revendication 3, caractérisé en ce que dans la condition non activée dudit au moins un étage de conversion de boîte de vitesses avec un rapport de vitesse de rotation différent de 1, le rapport de vitesse de rotation est égal à 1 lorsque le premier dispositif d'embrayage (56) transmet un couple de rotation.

5. Système d'entraînement selon l'une ou l'autre des revendications 3 et 4, caractérisé en ce que ledit au moins un étage de conversion de boîte de vitesses avec un rapport de vitesse de rotation différent de 1 peut être activé par une activation sélective d'un dispositif de soutien à moment de réaction (64).
6. Système d'entraînement selon la revendication 5, caractérisé en ce que le dispositif de soutien à moment de réaction (64) comprend un second dispositif d'embrayage (64) susceptible d'être activé et/ou désactivé de préférence par voie électromagnétique et agissant de préférence par coopération de formes et/ou par coopération de friction.
7. Système d'entraînement selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la disposition formant boîte de vitesses (14) comprend un engrenage planétaire qui comporte
- une roue solaire (48) reliée à l'agencement de rotor (20),
 - une couronne intérieure (62) qui peut être au choix bloquée à l'encontre d'une rotation ou qui est libérée en rotation,
 - au moins une roue planétaire (60) portée en rotation sur un porte-planétaire (52), laquelle est en liaison de transmission de couple de rotation avec la roue solaire (48) et avec la couronne intérieure (62), le porte-planétaire (52) formant l'organe de sortie (52) ou étant relié à celui-ci.
8. Système d'entraînement selon la revendication 7 et selon l'une ou l'autre des revendications 5 et 6, caractérisé en ce que la couronne intérieure (62) peut être bloquée à l'encontre d'une rotation par le dispositif de soutien à moment de réaction (64).
9. Système d'entraînement selon l'une ou l'autre des revendications 7 et 8, caractérisé en ce qu'une zone d'interaction (24) de l'agencement de rotor (20) est en liaison avec la roue solaire (48) via un dispositif d'amortissement d'oscillations de torsion (40).

10. Système d'entraînement selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'agencement de rotor (20) entoure l'agencement de stator (30) radialement à l'extérieur.

5 11. Système d'entraînement selon le préambule de la revendication 1 et/ou en option en association avec la partie caractérisante de l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que l'agencement de stator (30) comprend un porte-stator (32) qui porte une zone d'interaction (34) de l'agencement de stator (30) dans une
10 région située radialement à l'extérieur et qui entoure au moins une partie d'une disposition formant boîte de vitesses (14) radialement à l'extérieur.

12. Système d'entraînement selon la revendication 11, caractérisé par
15 un dispositif de refroidissement (78, 80) au moyen duquel la zone d'interaction (34) de l'agencement de stator (30) et la disposition formant boîte de vitesses (14) peuvent être refroidies.

13. Système d'entraînement selon la revendication 12, caractérisé en ce
20 que le dispositif de refroidissement (78, 80) comprend un système de canaux à réfrigérant (78, 80) dans le porte-stator (32), ledit système (78, 80) pouvant être amené en liaison ou étant en liaison avec une source de réfrigérant.

25 14. Système d'entraînement selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que le groupe électrique (12) est positionné ou susceptible de l'être sur un côté d'entraînement secondaire (N) de l'unité d'entraînement (16).

30 15. Système d'entraînement selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, caractérisé en ce que l'agencement de rotor (20) est disposé coaxialement à l'arbre menant (18) lorsque l'organe de sortie (52) est couplé à l'arbre menant (18).

16. Système d'entraînement selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, caractérisé en ce que le groupe électrique (12) est relié ou susceptible d'être relié à un groupe structurel stationnaire, de préférence à l'unité d'entraînement (16), de préférence au niveau d'un porte-stator (32) via un dispositif de liaison élastique (72).

17. Procédé pour piloter un système d'entraînement, en particulier un système d'entraînement selon l'une quelconque des revendications précédentes, le système d'entraînement comportant un groupe électrique (12) et un organe de sortie (52) couplé pour la rotation à l'arbre menant (18) d'une unité d'entraînement (16), groupe électrique (12) au moyen duquel l'arbre menant (18) peut être entraîné en rotation et/ou de l'énergie électrique peut être récupérée lors de la rotation de l'arbre menant (18), le groupe électrique (12) comportant en outre un agencement de stator (30) et un agencement de rotor (20) relié ou susceptible d'être relié en rotation à l'organe de sortie (52) via une disposition formant boîte de vitesses (14) avec un rapport de conversion variable de vitesse de rotation, la disposition formant boîte de vitesses (14) comprenant au moins deux étages de conversion de boîte de vitesses avec des rapports différents entre la vitesse de rotation de l'agencement de rotor et la vitesse de rotation de l'organe de sortie (52),

et le procédé pour exécuter une opération pour passer d'un étage de conversion de boîte de vitesse engagé à un étage de conversion de boîte de vitesses à engager comprend les étapes suivantes :

- a) on détermine la vitesse de rotation de l'arbre menant (18) et/ou on détermine la vitesse de rotation de l'agencement de rotor (20),
- b) au cas où la vitesse de rotation de l'arbre menant (18) ou la vitesse de rotation de l'agencement de rotor (20) atteint une vitesse de rotation limite prédéterminée (n_{Schalt}), on modifie un couple de rotation transmis entre l'agencement de rotor (20) et l'organe de sortie (52) pour obtenir une valeur de découplage,
- c) au cas où le couple de rotation transmis entre l'agencement de rotor (20) et l'organe de sortie (52) se trouve dans la plage de la valeur de découplage, on interrompt la liaison de transmission de couple de rotation entre l'organe de sortie (52) et l'agencement de rotor (20),

d) on modifie la vitesse de rotation de l'agencement de rotor (20) dans le sens d'une vitesse de rotation de consigne associée à l'étage de conversion de boîte de vitesses à engager,

e) au cas où la vitesse de rotation de l'agencement de rotor (20) est dans la plage de la vitesse de rotation de consigne, on établit la liaison de transmission de couple de rotation entre l'organe de sortie (52) et l'agencement de rotor (20) pour atteindre l'étage de conversion de boîte de vitesse à engager.

18. Procédé selon la revendication 17, caractérisé en ce que la vitesse de rotation de consigne est une vitesse de rotation que l'on obtient par multiplication de la vitesse de rotation de l'arbre menant (18) par le rapport de vitesse de rotation de l'étage de conversion de boîte de vitesses à engager.

19. Procédé selon l'une ou l'autre des revendications 17 et 18, caractérisé en ce que l'étape e) comprend une étape e') dans laquelle, lorsque la vitesse de rotation de l'agencement de rotor (20) est dans la plage de la vitesse de rotation de consigne, on adapte une modification de vitesse de rotation de l'agencement de rotor (20) à une modification de vitesse de rotation de l'arbre menant (18), et on établit la liaison de transmission de couple de rotation entre l'agencement de rotor (20) et l'organe de sortie (52) lorsque la modification de vitesse de rotation de l'agencement de rotor (20) est adaptée à la modification de vitesse de rotation de l'arbre menant (18).

20. Procédé selon la revendication 19, caractérisé en ce que l'on procède à l'étape e') uniquement lorsque la modification de vitesse de rotation de l'arbre menant (18) est supérieure à une modification seuil de la vitesse de rotation.

21. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 20, caractérisé en ce que l'on prévoit un dispositif à roue libre (56) au moins pour un étage de conversion de boîte de vitesses, au moyen duquel un couple de rotation peut être transmis essentiellement

uniquement depuis l'organe de sortie (52) vers l'agencement de rotor (20).

5 22. Procédé selon la revendication 21, caractérisé en ce que lorsque l'on passe d'un étage de conversion de boîte de vitesses à un autre étage de conversion avec un rapport de vitesse de rotation plus élevé, l'étape b) comprend une étape b') pour générer un couple de rotation d'entraînement dans l'agencement de rotor (20), afin de modifier le couple de rotation transmis entre l'agencement de rotor (20) et l'organe de sortie (52) à une valeur dans la plage autour de 0 en tant que valeur de découplage, et en ce que dans l'étape c) l'interruption de la liaison de transmission de couple de rotation se produit automatiquement, lorsque la valeur de découplage est atteinte ou dépassée.

15 23. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 22, caractérisé en ce que dans l'un des étages de conversion de boîte de vitesses le rapport de vitesse de rotation est égal à 1, et en ce que dans au moins un autre des étages de conversion de boîte de vitesses le rapport de vitesse de rotation est supérieur à 1.

20 24. Procédé selon la revendication 21 et selon la revendication 23, caractérisé en ce que le dispositif à roue libre (56) est prévu dans celui des étages de conversion de boîte de vitesses dans lequel le rapport de vitesse de rotation est égal à 1.

25 25. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 24, caractérisé en ce que lorsque l'on passe d'un étage de conversion de boîte de vitesses avec un rapport de vitesse de rotation plus faible à un étage de conversion de boîte de vitesses avec un rapport de vitesse de rotation plus grand, l'étape d) comprend la génération d'un couple de rotation d'entraînement dans l'agencement de rotor (20).

30

26. Procédé selon la revendication 25, caractérisé en ce que lorsque la vitesse de rotation de l'agencement de rotor (20) est dans la plage

autour de la vitesse de rotation de consigne, on termine dans l'étape e) la génération du couple de rotation d'entraînement.

5 27. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 26, caractérisé en ce que lorsque l'on passe d'un étage de conversion de boîte de vitesses avec un rapport de vitesse de rotation plus grand à un étage de conversion de boîte de vitesses avec un rapport de vitesse de rotation plus faible, l'étape d) comprend la génération d'un couple de rotation de freinage dans l'agencement de rotor (20).

10

28. Procédé selon la revendication 27, caractérisé en ce que lorsque la vitesse de rotation de l'agencement de rotor (20) est dans la plage autour de la vitesse de rotation de consigne, on termine dans l'étape e) la génération du couple de rotation de freinage.

15

29. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 28, caractérisé en ce que l'étape b) comprend la réduction d'un couple de rotation de freinage généré dans l'agencement de rotor (20), de préférence à une valeur dans la plage autour de 0, et le cas échéant la
20 génération d'un couple de rotation d'entraînement dans l'agencement de rotor (20).

30. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 29, caractérisé en ce que dans l'étape b), le couple de rotation transmis
25 entre l'organe de sortie (52) et l'agencement de rotor (20) est modifié uniquement après écoulement d'une période prédéterminée mesurée à partir de l'atteinte de la vitesse de rotation limite (n_{Schalt}).

31. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 30, caractérisé en ce que dans l'étape b), le couple de rotation transmis
30 entre l'organe de sortie (52) et l'agencement de rotor (20) est modifié uniquement lorsque, après avoir atteint la vitesse de rotation limite (n_{Schalt}), la vitesse de rotation de l'arbre menant (18) ou de l'agencement de rotor (20) reste pour une période prédéterminée au-delà de la vitesse
35 de rotation limite (n_{Schalt}).

32. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 31, caractérisé en ce que la vitesse de rotation limite (n_{Schalt}) est déterminée comme étant une vitesse de rotation dont le dépassement mène, dans l'étage de conversion de boîte de vitesses à engager, à ce que la puissance débitée maximale du groupe électrique (12) lors de la génération d'énergie électrique est supérieure à celle de l'étage de conversion de boîte de vitesses engagé.
33. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 32, caractérisé en ce que pour un état de fonctionnement respectif, la vitesse de rotation limite (n_{Schalt}) est déterminée comme étant une vitesse de rotation dont le dépassement mène, dans l'étage de conversion de boîte de vitesses à engager, à ce que le rendement du groupe électrique (12) lors de la génération d'énergie électrique est supérieur à celui de l'étage de conversion de boîte de vitesses engagé.
34. Procédé selon la revendication 33, caractérisé en ce que l'état de fonctionnement est déterminé au moins par la demande de puissance posée au groupe électrique (12).
35. Procédé selon l'une quelconque des revendications 32 à 34, caractérisé en ce que la vitesse de rotation limite (n_{Schalt}) pour optimiser la puissance débitée maximale du groupe électrique (12) lors de la génération d'énergie électrique est déterminée lorsque se présente, dans un système alimenté en énergie électrique par le groupe électrique (12), une demande de puissance élevée de préférence dans la plage de 60 % à 100 % de la puissance maximale du groupe électrique lors de la génération d'énergie électrique, et en ce que la vitesse de rotation limite (n_{Schalt}) pour optimiser le rendement du groupe électrique (12) lors de la génération d'énergie électrique est déterminée lorsque se présente une demande de puissance du système dans la plage de moins de 60 % de la puissance maximale du groupe électrique (12) lors de la génération d'énergie électrique.

36. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 35, caractérisé en ce que pour faire démarrer l'unité d'entraînement (16), on engage un étage de conversion de boîte de vitesses avec un rapport de vitesse de rotation plus élevé, de préférence de l'ordre de 4, et en ce qu'après avoir atteint la vitesse de rotation limite (n_{Schalt}), on engage un étage de conversion de boîte de vitesses avec un rapport de vitesse de rotation plus faible, de préférence de l'ordre de 1.

37. Procédé selon la revendication 36, caractérisé en ce qu'après avoir engagé l'étage de conversion de boîte de vitesse avec un rapport de vitesse de rotation plus faible, on renonce sensiblement à une commutation des étages de conversion de boîte de vitesses indépendamment de la vitesse de rotation de l'arbre menant (18) ou de l'agencement de rotor (20).

38. Procédé selon la revendication 37, caractérisé en ce que l'on renonce à une commutation de l'étage de conversion de boîte de vitesses sensiblement lorsqu'une demande de puissance d'un système alimenté en énergie électrique par le groupe électrique (12) se trouve dans une faible plage, de préférence de moins de 30 % de la puissance maximale du groupe électrique (12) lors de la génération d'énergie électrique.

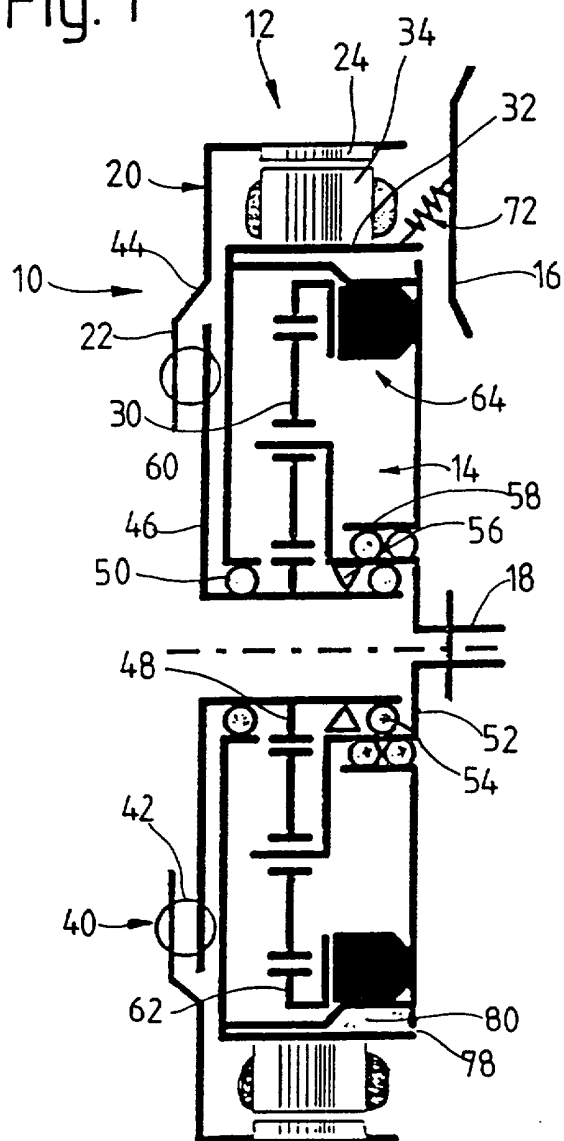
39. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 38, caractérisé en ce que la disposition formant boîte de vitesses (14) comprend un engrenage planétaire qui comporte :

- une roue solaire (48) reliée à l'agencement de rotor (20),
- une couronne intérieure (62) qui peut être bloquée sélectivement à l'encontre d'une rotation par un dispositif d'embrayage (64),
- au moins une roue planétaire (60) portée en rotation sur un porte-planétaire (52), laquelle est en liaison de transmission de couple de rotation avec la roue solaire (48) et avec la couronne intérieure (62), le porte-planétaire (52) formant l'organe de sortie (52) ou étant relié à celui-ci,

- un autre dispositif d'embrayage (56) au moyen duquel une liaison de transmission de couple de rotation de préférence essentiellement directe peut être établie entre le porte-planétaire (52) et l'agencement de rotor (20),
- 5 dans lequel, pour engager un étage de conversion de boîte de vitesses avec un rapport de vitesse de rotation plus élevé, la couronne intérieure (62) est retenue sensiblement solidairement en rotation par le dispositif d'embrayage (64), et l'autre dispositif d'embrayage (56) n'établit sensiblement pas de liaison de transmission de couple de rotation entre
- 10 l'agencement de rotor (20) et le porte-planétaire (52), et pour engager un étage de conversion de boîte de vitesses avec un rapport de vitesse de rotation plus faible, de préférence un rapport de vitesse de rotation égal à 1, le dispositif d'embrayage (64) ne bloque sensiblement pas la couronne intérieure (62) à l'encontre d'une rotation, et l'autre dispositif
- 15 d'embrayage (56) établit une liaison de transmission de couple de rotation entre le porte-planétaire (52) et l'agencement de rotor (20).
40. Procédé selon la revendication 39, caractérisé en ce que le second
- 20 dispositif d'embrayage (56) comprend un dispositif à roue libre (56) au moyen duquel un couple de rotation peut être transmis sensiblement uniquement depuis le porte-planétaire (52) vers l'agencement de rotor (20).

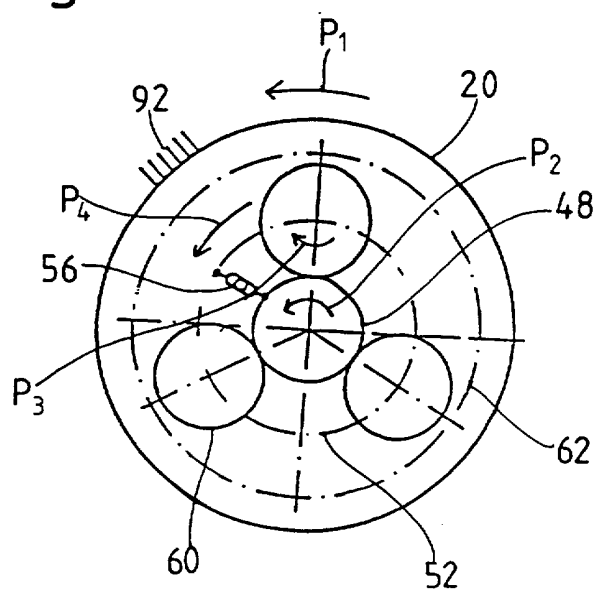
1/6

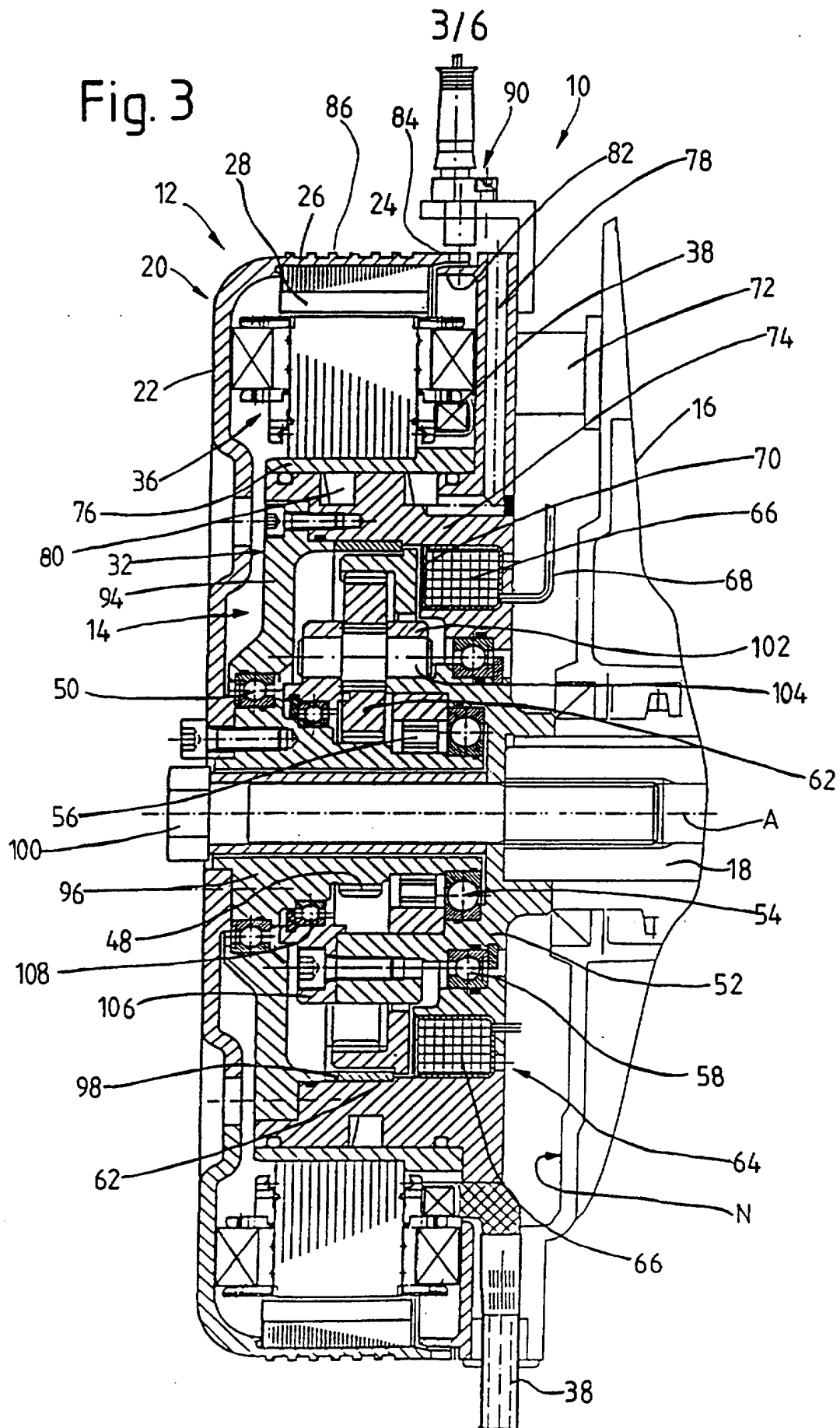
Fig. 1



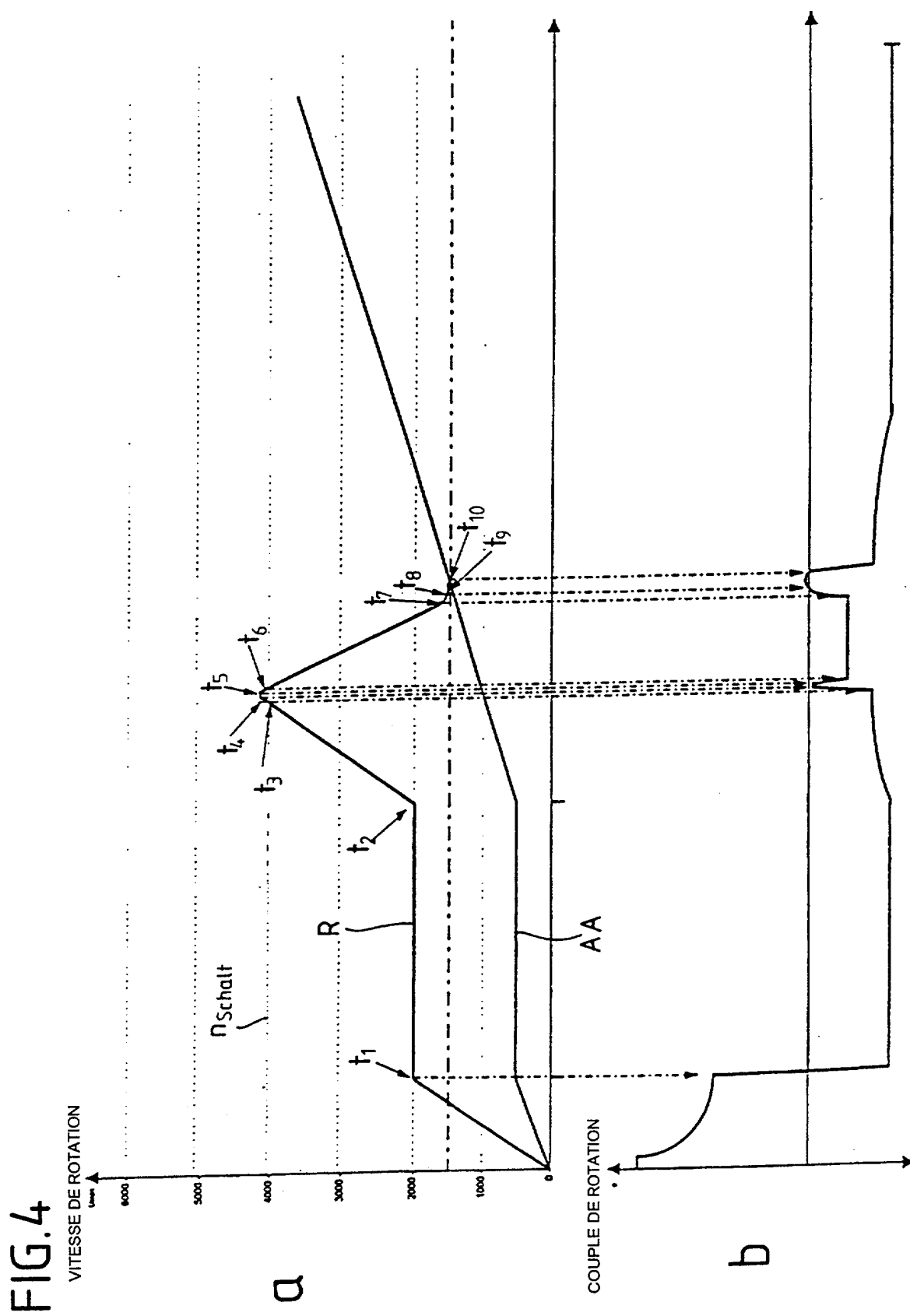
2/6

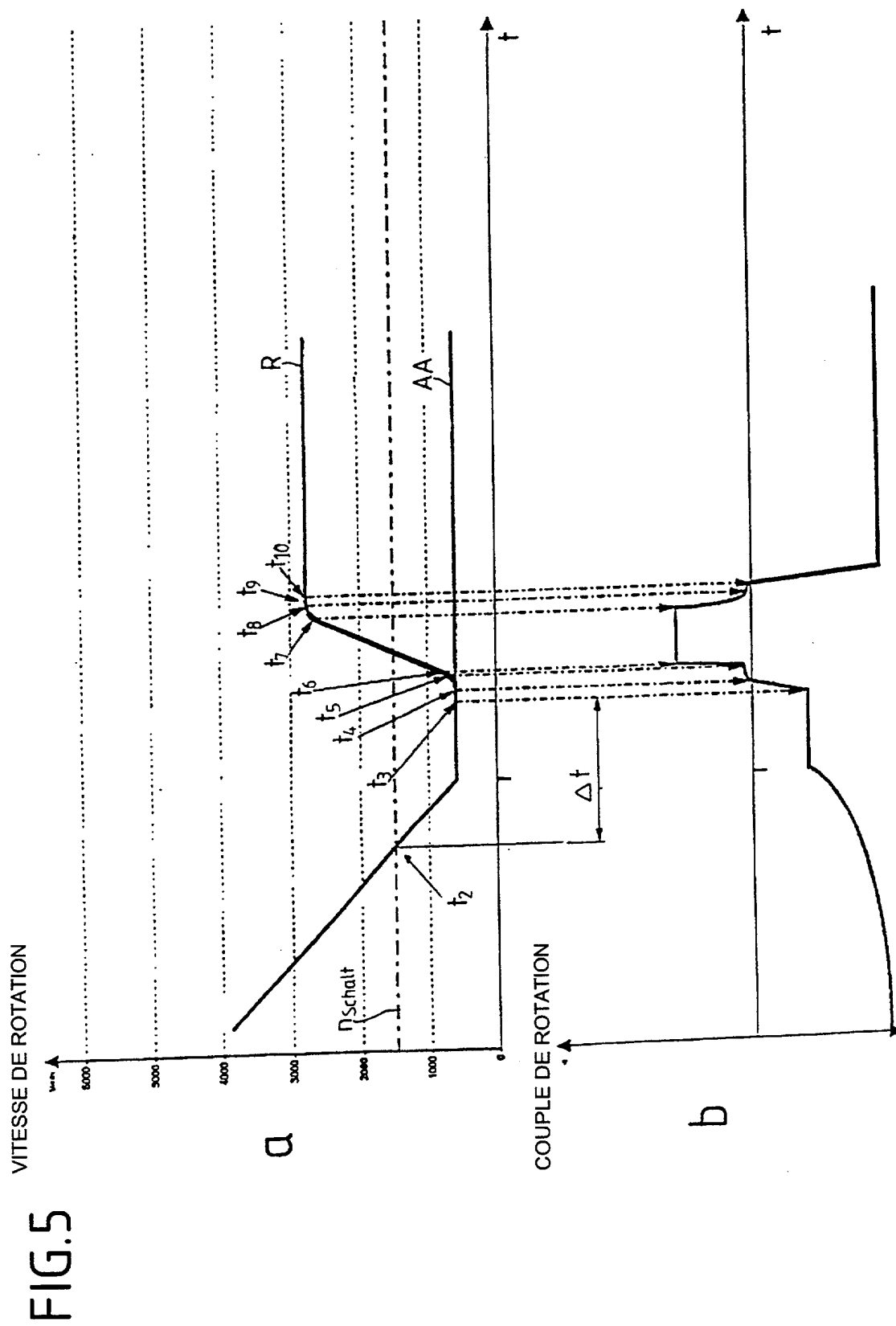
Fig. 2





4/6





6/6

Fig. 6

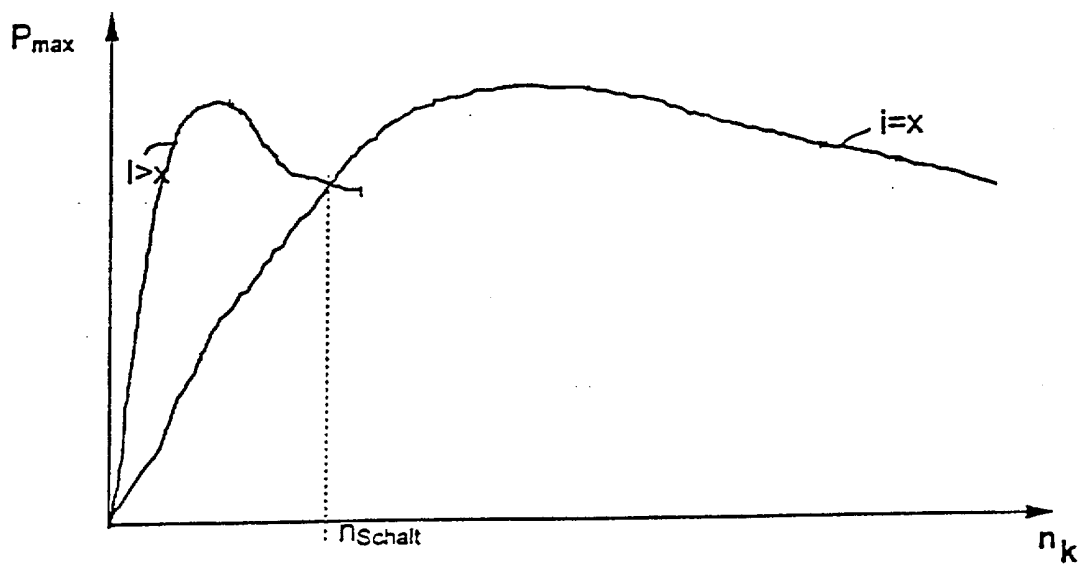


Fig. 7

