

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 133 828

②1 N° d'enregistrement national : **23 02663**

⑤1 Int Cl⁸ : **B 62 M 6/60 (2023.01), B 62 M 6/65, 6/45**

①2

DEMANDE DE CERTIFICAT D'UTILITE

A3

②2 Date de dépôt : 22.03.23.

③0 Priorité : 22.03.22 IT 102022000005615.

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 29.09.23 Bulletin 23/39.

⑤6 Les certificats d'utilité ne sont pas soumis à la procédure de rapport de recherche.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *OLI EBIKE SYSTEMS S.R.L. Société étrangère — IT.*

⑦2 Inventeur(s) : FRATI Raffaello et GORI Paolo.

⑦3 Titulaire(s) : *OLI EBIKE SYSTEMS S.R.L. Société étrangère.*

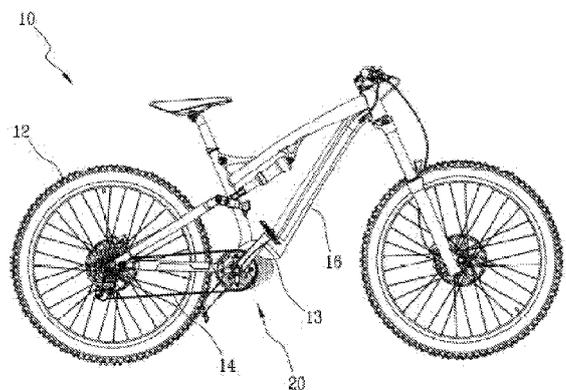
⑦4 Mandataire(s) : Lavoix.

⑤4 **Système de contrôle d'un moteur électrique d'un vélo à pédalage assisté.**

⑤7 Système de contrôle d'un moteur électrique d'un vélo à pédalage assisté

La présente invention concerne un véhicule terrestre léger à pédalage assisté (10) comprenant - un moteur électrique (21), configuré pour fonctionner comme moteur et comme générateur associé à une roue (12) du véhicule terrestre léger (10), comprenant un arbre de rotation, un stator et un rotor comprenant au moins trois phases dans lesquelles l'enroulement de chaque phase est divisé en deux ou plusieurs parties (N1, N2, ..., Ni), chacune étant reliée audit module de pilotage (32) du moteur électrique (21); - une batterie rechargeable (16) placée dans une relation d'échange d'énergie avec ledit moteur électrique (21); - une unité de pédalage (13), pour le pédalage par un opérateur du véhicule terrestre léger, comprenant un axe de rotation (26); - une transmission (14) fonctionnellement interposée entre l'unité de pédalage (13) et une roue (12) du véhicule terrestre léger; - un capteur de couple (40) configuré pour détecter un couple de poussée sur ladite unité de pédalage (13) et pour générer un signal respectif (S1) représentatif dudit couple de pédalage; - un module de pilotage (32) configuré pour fournir un signal de commande au moteur électrique (21) en fonction dudit signal représentatif du couple de pédalage (S1).

[FIG. 1]



FR 3 133 828 - A3



Description

Titre de l'invention : Système de contrôle d'un moteur électrique d'un vélo à pédalage assisté

- [0001] La présente invention a pour objet un véhicule terrestre léger à pédalage assisté. Plus précisément, la présente invention se rapporte au domaine de la mobilité durable et a pour objet un vélo à pédalage assisté ou vélo électrique.
- [0002] Nous précisons que, dans ce contexte, on entend par vélo à pédalage assisté tout véhicule à une (monocycle), deux, trois (tricycle) ou plusieurs roues (quadricycle, pousse-pousse, etc.), un vélo cargo électrique (monocycle, tricycle ou quadricycle) qui est propulsé par la force musculaire humaine, et qui est équipé d'au moins un moteur électrique auxiliaire.
- [0003] Comme on le sait, un vélo à pédalage assisté ou vélo électrique est un vélo conventionnel sur lequel sont fixés au moins un moteur électrique couplé à divers types de réducteurs, une ou plusieurs batteries et une série de capteurs qui détectent, instant après instant, la vitesse de rotation du groupe pédalier-pédales.
- [0004] La vitesse de rotation détectée est codée par une unité de traitement qui, sur la base de paramètres prédéfinis, calibre le support supplémentaire fourni par le moteur électrique en fonction de l'action musculaire fournie par le cycliste.
- [0005] Aujourd'hui, les vélos à pédalage assisté utilisent des moteurs électriques sans balais à aimant permanent ou à courant continu, couplés à divers types de réducteurs, qui actionnent l'arbre sur lequel tourne le groupe pédalier/pédales, généralement coaxial au pédalier.
- [0006] Dans l'état actuel de la technique, il existe des vélos équipés d'un moteur électrique destiné à assister l'utilisateur pendant le pédalage.
- [0007] En général, cette technologie de vélo à pédalage assisté comprend un moteur électrique, une batterie rechargeable et un système de gestion électronique (unité de traitement), qui permet de gérer l'apport du couple auxiliaire fourni par le moteur électrique. Ce dernier fournit ainsi un couple auxiliaire au cycliste pendant le pédalage afin de soulager l'effort physique.
- [0008] Selon la technique connue, il existe des vélos équipés d'un système de gestion électronique plus avancé comprenant un appareil de détection du couple exercé par l'utilisateur sur l'arbre des pédales dans une transmission de vélo.
- [0009] La mesure et la surveillance de la valeur du couple généré sur l'arbre des pédales permettent généralement d'optimiser l'intervention du moteur électrique lors du pédalage. En effet, le système de gestion électronique qui équipe les vélos électriques traite les informations reçues de l'appareil qui détecte le couple généré sur l'arbre des

pédales et active/désactive ou divise le travail du moteur électrique en fonction des besoins.

- [0010] Ainsi, tout en pédalant, le cycliste bénéficiera de l'intervention du moteur électrique, qui remplacera partiellement l'utilisateur en réduisant son effort physique. Dès que la charge sur le pédalage se réduit, l'appareil qui détecte la nouvelle valeur du couple moteur envoie l'information au système de gestion, qui réduira également le couple délivré par le moteur électrique. Simultanément à l'intervention du moteur électrique sur la transmission du vélo, l'utilisateur doit prendre en charge la gestion du rapport de transmission actif sur la transmission elle-même.
- [0011] Selon la technique actuelle, l'appareil mesurant la valeur du couple moteur comprend un capteur de couple moteur.
- [0012] Dans les systèmes connus, en fonction de la poussée exercée par le cycliste sur le pédalier, l'unité de contrôle, via le retour d'information du capteur de couple de pédalage, gère la fourniture du couple du moteur électrique apte à définir la force motrice auxiliaire au pédalage.
- [0013] Un inconvénient de la technique connue est que la fourniture du couple auxiliaire par le moteur électrique ne se fait pas de manière contrôlée sur la base des besoins réels du couple auxiliaire.
- [0014] Un autre inconvénient de la technique connue est que la fourniture du couple auxiliaire est généralement contrôlée/délivrée en dosant la quantité de courant délivrée par la batterie au moteur électrique.
- [0015] Un autre inconvénient de la technique connue est que l'utilisateur doit actionner manuellement la boîte de vitesses mécanique du véhicule terrestre.
- [0016] Un autre inconvénient des moteurs électriques à courant constant du type connu est que, pour que le moteur fournisse un couple élevé à faible vitesse, le coefficient de couple doit être augmenté en augmentant le nombre de tours de chaque phase.
- [0017] Dans ce contexte, l'objectif technique à la base de la présente invention est de proposer un véhicule terrestre léger à pédalage assisté qui surmonte les inconvénients susmentionnés de la technique connue.
- [0018] Un objectif de la présente invention est de proposer un véhicule terrestre léger à pédalage assisté qui tienne compte non seulement du couple de pédalage, mais aussi d'autres paramètres tels que la distance parcourue, l'état de fatigue du cycliste et la charge résiduelle de la batterie.
- [0019] Un autre objectif de la présente invention est de proposer un véhicule terrestre léger à pédalage assisté capable de fournir une assistance au pédalage optimale en matière de performance et d'efficacité énergétique.
- [0020] Un autre objectif de la présente invention est de mettre à disposition un système permettant de gérer avec précision le couple auxiliaire délivré par le moteur électrique.

[0021] Un autre objectif de la présente invention est de mettre à disposition un véhicule terrestre à pédalage assisté qui permette d'augmenter les performances en cas de charge élevée (vélo cargo électrique) et/ou de variations de la pente du parcours.

[0022] Un autre objectif de la présente invention est de permettre une gestion automatique du couple auxiliaire délivré sans que le cycliste ait à intervenir pour définir les paramètres de l'assistance moteur.

[0023] Un autre objectif de la présente invention est de mettre à disposition un véhicule terrestre à pédalage assisté qui soit facile à utiliser et fiable.

[0024] Un autre objectif de la présente invention est de réaliser un véhicule terrestre à pédalage assisté qui soit à un prix abordable.

[0025] La tâche technique précisée et les objectifs spécifiés sont essentiellement atteints par un véhicule terrestre léger à pédalage assisté comprenant les caractéristiques techniques énoncées dans une ou plusieurs des revendications jointes.

Résumé de l'invention

[0026] La présente invention décrit un véhicule terrestre léger à pédalage assisté tel que décrit dans la revendication 1 annexée.

[0027] D'autres aspects avantageux du groupe réducteur sont décrits dans les revendications dépendantes de 2 à 14.

Brève description des dessins

[0028] Afin de mieux comprendre l'invention et d'en apprécier les avantages, certains modes de réalisation à titre d'exemples non limitatifs seront décrits ci-dessous, en référence aux figures annexées, dans lesquelles :

[0029] - [Fig.1] la [Fig.1] indique schématiquement un vélo à pédalage assisté selon la présente invention ;

[0030] - [Fig.2] la [Fig.2] indique un groupe motoréducteur du vélo à pédalage assisté de la [Fig.1] ;

[0031] - [Fig.3] la [Fig.3] indique une vue éclatée d'un détail de la [Fig.2] ;

[0032] - [Fig.4] la [Fig.4] indique schématiquement un diagramme à blocs fonctionnel de l'unité de traitement et des capteurs selon un mode de réalisation de la présente invention.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE

[0033] En référence aux figures ci-jointes, le numéro de référence 10 désigne, globalement, un véhicule terrestre à pédalage assisté, en particulier représenté comme un vélo électrique.

[0034] Le vélo 10 comprend deux roues 12, un cadre avec un logement pour une batterie 16, un groupe pédales/pédalier 13, une transmission 14 configurée pour transmettre le mouvement de l'arbre du pédalier 13 à la roue motrice 12, et un moteur électrique 21.

- [0035] Le moteur électrique 21 est configuré pour fonctionner comme moteur et comme générateur associé à une roue 12 du véhicule terrestre léger 10 et comprend un arbre de rotation 22, un stator et un rotor comportant une ou plusieurs phases avec des enroulements ou des spires relatives. De préférence, le moteur électrique 21 est à trois phases.
- [0036] Le vélo 10 peut comprendre un motoréducteur 20.
- [0037] Le groupe pédales/pédalier 13, pour le pédalage par un opérateur de véhicule terrestre léger, comprend un axe de rotation 26.
- [0038] La [Fig.3] indique une vue éclatée d'un détail du motoréducteur 20.
- [0039] En particulier, le motoréducteur 20 comprend le moteur électrique 21 configuré pour fonctionner comme un moteur et comme générateur associé à une roue 12 du véhicule terrestre léger 10 et comprenant un arbre de rotation 22, un stator et un rotor comportant une ou plusieurs phases avec des enroulements ou des spires relatives.
- [0040] Le motoréducteur 20 est alimenté par une batterie rechargeable 16 placée dans une relation d'échange d'énergie avec ledit moteur électrique 21, un groupe réducteur 25 interposé de manière fonctionnelle entre l'arbre de rotation 22 du moteur électrique 21 et l'axe de rotation 26 de l'unité de pédalage 13.
- [0041] Dans un mode de réalisation préféré, mais non limitatif de la présente invention, le véhicule terrestre 10 comprend un moteur électrique 21 positionné sur le moyeu de la roue arrière.
- [0042] Enfin, le véhicule terrestre 10 comprend une transmission 14 fonctionnellement interposée entre l'unité de pédalage 13 et la roue 12 du véhicule terrestre léger et un capteur de couple 40 configuré pour détecter un couple de poussée sur ladite unité de pédalage 13 et pour générer un signal respectif S1 représentatif dudit couple de pédalage.
- [0043] Nous trouvons aussi un ou plusieurs capteurs biométriques 41 configurés pour détecter un ou plusieurs paramètres biométriques de l'opérateur du véhicule terrestre et pour générer un ou plusieurs signaux respectifs S2, S3, S4 représentatifs desdits paramètres biométriques, un capteur 42 configuré pour détecter l'état de charge de la batterie 16 et pour générer un signal respectif S5 représentatif de l'état de charge de la batterie 16, un capteur 43 configuré pour détecter un ou plusieurs paramètres représentatifs de l'état de distance parcourue par le véhicule terrestre et pour générer un ou plusieurs signaux respectifs S6, S7, S8 représentatifs de l'état de distance parcourue par le véhicule terrestre.
- [0044] Le vélo 10 comprend une unité de contrôle 30 associée à un ou plusieurs desdits capteurs 40, 41, 42, 43 et audit moteur électrique 21 et comprenant un module de contrôle/pilotage 32 configuré pour fournir au moteur électrique 21 un signal de commande/puissance électrique en fonction desdits signaux représentatifs du couple de

pédalage, des paramètres biométriques, de l'état de charge de la batterie et de l'état de distance parcourue par le véhicule terrestre.

- [0045] En d'autres termes, l'unité de traitement 30 traite les conditions de fonctionnement de l'ensemble du système en tenant compte des conditions réelles de la distance parcourue, de la fatigue du cycliste et de la charge restante de la batterie 16. Par conséquent, en fonction de ces paramètres/signaux d'état d'entrée, l'unité 30 élabore la stratégie d'assistance optimale en matière de performance et d'efficacité énergétique.
- [0046] D'une manière générale, il convient de noter que dans le présent contexte et dans les revendications successives, l'unité de contrôle 30 est présentée comme étant subdivisée en modules fonctionnels distincts (modules de mémoire ou modules fonctionnels) dans le seul but d'en décrire clairement et complètement les fonctionnalités.
- [0047] En réalité, une telle unité de contrôle 30 peut consister en un seul dispositif électronique, opportunément programmé pour exécuter les fonctionnalités décrites, et les différents modules peuvent correspondre à des entités matérielles et/ou à des routines logicielles faisant partie du dispositif programmé.
- [0048] En remplacement ou en complément, ces fonctionnalités peuvent être exécutées par une pluralité de dispositifs électroniques sur lesquels les susdits modules fonctionnels peuvent être répartis.
- [0049] L'unité de contrôle 30 peut également utiliser un ou plusieurs processeurs pour exécuter des instructions contenues dans les modules de mémoire.
- [0050] Les susdits modules fonctionnels peuvent, de plus, être répartis sur différents ordinateurs, localement ou à distance, en fonction de l'architecture du réseau dans lequel ils résident.
- [0051] Les systèmes comprennent de plus tous les moyens et/ou les modules de mémoire et/ou fonctionnels nécessaires pour mettre en œuvre les fonctions décrites dans les méthodes respectives décrites.
- [0052] La présente invention prévoit avantageusement un contrôle électronique de la vitesse de rotation de l'arbre moteur 22 du moteur électrique. La variation de la vitesse de l'arbre moteur 22 est gérée par un module de contrôle et de pilotage 32 de l'unité de traitement 30 configuré pour agir sur le nombre de spires de chaque enroulement de phase du moteur électrique 21.
- [0053] En particulier, l'enroulement de chaque phase est subdivisé en deux ou plusieurs parties N1, N2, ..., Ni, chacune étant reliée au module de pilotage 32 du moteur électrique 21.
- [0054] Cette subdivision des enroulements de chaque phase est réalisée au moyen d'un système de commutation permettant de commuter et de combiner les enroulements de phase du moteur de manière à modifier le nombre de spires de phase qui en résulte.
- [0055] Chaque partie de la subdivision contiendra un certain nombre de spires partielles N1,

N2, ..., Ni. Cette subdivision de chaque phase en plusieurs parties, permet d'effectuer une combinaison pouvant modifier le nombre de spires de chaque phase individuelle et modifier le rapport entre la force électromotrice (fem) et la vitesse de rotation de l'arbre moteur 22.

- [0056] Le module de pilotage 32 est capable de modifier et de commuter le nombre de spires de l'enroulement électrique de chaque phase du moteur électrique 21 à l'aide d'un système de commutation électromécanique et/ou électronique.
- [0057] Le module de pilotage 32 est capable de modifier et de commuter le nombre de spires de l'enroulement électrique de chaque phase du moteur électrique 21 en utilisant un MOSFET et/ou un transistor bipolaire à porte isolée (interrupteur électronique).
- [0058] Le module de pilotage 32 est configuré pour connecter en série les enroulements partiels N1, N2, ..., Ni de chaque phase, lorsqu'il est nécessaire d'augmenter le couple utile d'assistance au pédalage et d'augmenter la constante de tension, et de connecter en parallèle les enroulements partiels N1, N2, ..., Ni de chaque phase, lorsqu'il est nécessaire de diminuer la constante de couple et la constante de tension.
- [0059] En outre, le module de pilotage 32 est également configuré pour connecter lesdites une ou plusieurs phases du moteur électrique 21 en étoile ou en triangle, en cas de baisse excessive de la tension résiduelle de la batterie 16 pendant la distance parcourue par le vélo 10.
- [0060] En d'autres termes, le module de pilotage 32 est configuré pour faire varier le rapport entre la vitesse nominale et la tension maximale disponible de la batterie 16 de la manière suivante :
- [0061] 1) Gestion en série et en parallèle du nombre de spires d'enroulement de chaque phase ;
- [0062] 2) Gestion de la connexion des phases du moteur en triangle ou en étoile.
- [0063] Dans les deux cas, la totalité de l'enroulement de chaque phase est utilisée.
- [0064] Le moteur électrique 21 est soit un moteur électrique synchrone à aimant permanent, soit un moteur électrique à réluctance magnétique, soit un moteur asynchrone. Dans les deux cas, l'enroulement de chaque phase est subdivisé en deux ou plusieurs parties, de manière à effectuer une combinaison pouvant modifier le nombre de spires de chaque phase et modifier le rapport entre la fem (force électromotrice) et la vitesse de rotation de l'arbre moteur 22.
- [0065] Avantageusement, le module de pilotage 32 agit directement sur le moteur électrique 21 au moyen d'un contrôle de type vectoriel de la vitesse à travers la rétroaction d'un capteur mécanique de position relative du rotor par rapport au stator du moteur électrique 21. En d'autres termes, le contrôle vectoriel s'effectue par l'intermédiaire d'un capteur de position (encodeur/résolveur ou équivalent) qui identifie la position relative du rotor instant par instant.

- [0066] Le module de pilotage 32 du moteur électrique agit sur le moteur électrique 21 par l'intermédiaire d'un observateur de flux configuré pour estimer la véritable position relative du rotor par rapport au stator par l'intermédiaire d'un schéma d'estimation en boucle fermée (sans capteur).
- [0067] Cette mise en œuvre permet une plus grande robustesse, car il s'agit d'un estimateur d'une grandeur mesurée de certaines quantités électriques, de sorte que la comparaison entre la mesure de ces grandeurs électriques et l'estimation produit un signal d'erreur qui corrige ultérieurement l'estimation. De cette manière, en utilisant la technologie sans capteur, une estimation peut être faite sans l'utilisation d'un encodeur physique.
- [0068] Les paramètres biométriques de l'opérateur du véhicule terrestre comprennent un ou plusieurs des éléments suivants : fréquence cardiaque instantanée, fréquence cardiaque moyenne, niveau de saturation en oxygène dans le sang.
- [0069] Le véhicule terrestre peut comprendre un capteur de charge configuré pour détecter des charges supplémentaires (autres que le poids du cycliste) placées sur le véhicule terrestre et pour générer un signal respectif S9 représentatif de la charge supplémentaire placée sur le véhicule terrestre.
- [0070] Les paramètres représentatifs de l'état de distance parcourue par le véhicule terrestre comprennent un ou plusieurs des éléments suivants : la distance totale à parcourir, les dénivelés moyens de l'itinéraire prévu, l'altitude de l'itinéraire prévu et/ou la température extérieure.
- [0071] L'unité de contrôle 30 comprend un module de communication sans fil capable de s'interfacer avec lesdits capteurs et un ou plusieurs dispositifs électroniques personnels externes et configuré pour recevoir lesdits paramètres détectés par lesdits capteurs ; et/ou pour recevoir et/ou transmettre des données à partir de/vers un ou plusieurs dispositifs électroniques externes.
- [0072] Le module de communication sans fil et les différents capteurs s'interfacent avec l'unité de traitement 30 de manière à transférer les différents paramètres de contrôle en temps réel.
- [0073] Avantagusement, les paramètres représentatifs de l'état de distance parcourue du véhicule terrestre 10 sont détectés par un ou plusieurs dispositifs électroniques personnels externes 35 et envoyés en connexion sans fil audit module de communication sans fil de ladite unité de contrôle 30.
- [0074] La [Fig.4] indique schématiquement un dispositif électronique personnel 35 connecté à l'unité de traitement 30 par l'intermédiaire d'un réseau de télécommunications ou télématique.
- [0075] De préférence, le dispositif électronique mobile 35 est au moins un dispositif parmi un Smartphone, une tablette ou un ordinateur portable.
- [0076] Le réseau télématique 30 est de préférence le réseau Internet, mais aussi un réseau

Intranet ou tout réseau privé capable de mettre en œuvre un protocole de communication de type client-serveur ou de type cloud ou de type mixte. Le réseau télématique est connecté, si nécessaire, aux réseaux mobiles de communication.

- [0077] Le dispositif électronique principal 35 peut fonctionner par l'intermédiaire d'une Sim d'opérateur téléphonique et/ou wi-fi et/ou Bluetooth.
- [0078] L'unité de contrôle 30 comprend un module d'affichage 33 connecté à un panneau de contrôle externe configuré pour afficher les paramètres détectés par les différents capteurs, par exemple l'état de la batterie, la vitesse de déplacement, etc.
- [0079] Le panneau de contrôle permet également à l'utilisateur d'effectuer des sélections de mode de pilotage du véhicule terrestre au moyen d'un élément d'interface prévu à cet effet (clavier ou écran tactile). Le panneau de contrôle est aussi configuré pour la saisie et/ou l'acquisition, à partir d'appareils mobiles personnels 35, de données générales sur le cycliste (variables d'entrée), telles que, mais sans s'y limiter, le poids, la taille, le nombre maximal de bpm et le niveau d'entraînement (0, 1, 2).
- [0080] Avantagement, le panneau d'affichage et/ou de contrôle peut comprendre l'appareil électronique personnel du cycliste 35 par l'intermédiaire d'une connexion au module de communication 33 et à l'interface utilisateur ou au module d'affichage 34.
- [0081] Par véhicule terrestre léger, on entend un VTT (pour ceux qui utilisent leur vélo en montagne, en tout terrain, sur des terrains boueux, accidentés et en montée), un vélo de course (pour ceux qui utilisent leur vélo sur l'asphalte, pour de longues promenades, et qui recherchent un moyen de transport léger et nerveux), un vélo de ville (pour ceux qui se déplacent principalement dans l'environnement urbain) un vélo de trekking (un mélange entre le vélo de ville et le VTT), un vélo pliant (pour ceux qui doivent transporter leur vélo en train ou par d'autres moyens de transport) et/ou un vélo cargo électrique (pour ceux qui ont besoin de plus d'espace pour transporter des charges ou pour transporter leurs enfants à l'école).

Exemple de fonctionnement du vélo électrique

- [0082] Dans le cas d'espèce, à titre d'exemple non limitatif, nous considérons un moteur électrique de 250 W dont l'enroulement de chaque phase est divisé en deux parties. N1 et N2 sont définis, respectivement, comme le nombre de spires partielles de chaque division individuelle.
- [0083] Chaque division individuelle de l'enroulement de la phase du moteur est connectée au système de commutation (module de pilotage 32).
- [0084] Le système de boîte de vitesses électronique de la vitesse de rotation de l'arbre moteur 22 (système de commutation) est basé sur le principe de la définition de la vitesse nominale du moteur 21 en fonction du nombre de spires de l'enroulement et de la tension maximale disponible. Dans le cas où il sera nécessaire d'augmenter la constante de couple du moteur (Nm/A) afin d'augmenter le couple auxiliaire utile à

l'assistance et d'augmenter également la constante de tension (Volt/tpm), les enroulements partiels seront connectés en série ($N_{tot} = N1+N2$). Dans le cas contraire, où il est nécessaire de diminuer la constante de couple et la constante de tension, la connexion des enroulements du moteur 21 sera en parallèle.

- [0085] La stratégie de contrôle et de pilotage est basée sur l'analyse des variables d'entrée décrites ci-dessus. Par exemple, si l'itinéraire présente une pente positive et/ou si un état de fatigue du cycliste est détecté ($bpm > \ll \text{niveau d'entraînement} \gg \times \ll \text{bpm max} \gg$), le module de pilotage 32 aura tendance à augmenter le niveau d'assistance au pédalage, à la fois en fonction des niveaux de charge, de la cadence (ppm) et de l'état de charge de la batterie, et agira sur le moteur électrique 21 pour rendre l'assistance au pédalage aussi efficace que possible.
- [0086] Une autre intervention du module de pilotage est la connexion des phases moteur en étoile ou en triangle : en cas de baisse excessive de la tension résiduelle de la batterie pendant le trajet, les phases du moteur sont connectées en triangle.
- [0087] Si un itinéraire établi est programmé, par exemple en le saisissant sur son Smartphone, l'unité de traitement 30 prend en compte la consommation d'énergie nécessaire pour accomplir l'itinéraire (par exemple en tenant compte du type d'itinéraire), en intervenant, par l'intermédiaire du module de pilotage 32, sur le niveau d'assistance (c'est-à-dire la fourniture du couple auxiliaire) et sur l'intervention sur le moteur électrique 21.
- [0088] Dans ce cas, le contrôle du niveau de charge de la batterie devient stratégique pour équilibrer l'assistance et permettre l'accomplissement de l'itinéraire fixé.
- [0089] La présente invention présente les autres avantages suivants :
- [0090] Optimisation de l'autonomie de la charge de la batterie 16 et augmentation des performances de l'assistance au pédalage.
- [0091] De plus, grâce à la gestion optimisée de la vitesse nominale du moteur, il est possible d'éliminer ou de réduire l'utilisation de la boîte de vitesse mécanique 14 pour les applications vélo électrique et vélo cargo électrique.
- [0092] L'utilisation du module de pilotage électronique 32 évitera le recours à la défluxage du moteur (c'est-à-dire la réduction du flux magnétique) pour atteindre le régime de vitesse souhaité, ce qui augmentera l'efficacité de l'ensemble du système.
- [0093] La surveillance du rythme cardiaque du cycliste et la gestion de l'assistance qui en découle réduisent la fatigue et favorisent le bien-être de ce dernier.
- [0094] Gestion préventive de l'état de charge de la batterie pour l'accomplissement de l'itinéraire, en fonction également de la charge transportée : une valeur ajoutée surtout dans le cas de l'utilisation d'un vélo cargo électrique, où accomplir toutes les livraisons est une valeur stratégique.
- [0095] Il est clair que les caractéristiques spécifiques sont décrites en relation avec dif-

férentes formes de réalisation de l'invention à titre d'exemple et non limitatif. Il est évident qu'un technicien spécialisé pourra apporter d'autres modifications et variations à la présente invention afin de répondre à des besoins spécifiques et contingents. Par exemple, les caractéristiques techniques décrites en relation avec un mode de réalisation de l'invention peuvent être extrapolées et appliquées à d'autres modes de réalisation de l'invention. De telles modifications et variations sont toutefois comprises dans le champ de protection de l'invention tel qu'il est défini par les revendications suivantes.

Revendications

- [Revendication 1] Véhicule terrestre léger à pédalage assisté (10) comprenant :
- un moteur électrique (21), configuré pour fonctionner comme moteur et comme générateur associé à une roue (12) du véhicule terrestre léger (10), comprenant un arbre de rotation, un stator et un rotor comprenant au moins trois phases dans lesquelles l'enroulement de chaque phase est divisé en deux ou plusieurs parties (N1, N2, ..., Ni), chacune étant reliée audit module de pilotage (32) du moteur électrique (21) ;
 - une batterie rechargeable (16) placée dans une relation d'échange d'énergie avec ledit moteur électrique (21) ;
 - une unité de pédalage (13), pour le pédalage par un opérateur du véhicule terrestre léger, comprenant un axe de rotation (26) ;
 - une transmission (14) fonctionnellement interposée entre l'unité de pédalage (13) et une roue (12) du véhicule terrestre léger ;
 - un capteur de couple (40) configuré pour détecter un couple de poussée sur l'unité de pédalage (13) et pour générer un signal respectif (S1) représentatif dudit couple de pédalage ;
 - un module de pilotage (32) configuré pour fournir un signal de commande au moteur électrique (21) en fonction dudit signal représentatif du couple de pédalage (S1).
- [Revendication 2] Véhicule terrestre selon la revendication 1, dans lequel ledit module de pilotage (32) est configuré pour :
- connecter en série les enroulements partiels (N1, N2, ..., Ni) de chaque phase, lorsqu'il est nécessaire d'augmenter le couple utile d'assistance au pédalage et d'augmenter la tension constante ; et
 - connecter en parallèle les enroulements partiels (N1, N2, ..., Ni) de chaque phase, lorsqu'il est nécessaire de diminuer la constante de couple et la constante de tension.
- [Revendication 3] Véhicule terrestre selon les revendications 1 ou 2, comprenant un groupe réducteur (25) fonctionnellement interposé entre l'arbre de

rotation (22) du moteur électrique (21) et l'axe de rotation (26) de l'unité de pédalage (13).

[Revendication 4]

Véhicule terrestre selon les revendications de 1 à 3, comprenant :

- un ou plusieurs capteurs biométriques (41) configurés pour détecter un ou plusieurs paramètres biométriques de l'opérateur du véhicule terrestre et pour générer un ou plusieurs signaux respectifs (S2, S3, S4) représentatifs desdits paramètres biométriques ; et
- une unité de contrôle (30) associée auxdits capteurs (40, 41) et audit moteur électrique (21) comprenant ledit module de pilotage (32), ledit module de pilotage (32) étant configuré pour fournir au moteur électrique (21) le signal de commande en fonction des paramètres biométriques (S2, S3, S4).

[Revendication 5]

Véhicule terrestre selon les revendications 1 à 4, comprenant un capteur (42) configuré pour détecter l'état de charge de la batterie (16) et pour générer un signal respectif (S5) représentatif de l'état de charge de la batterie (16), ladite unité de contrôle (30) étant associée audit capteur (42) de charge de la batterie (16) et audit moteur électrique (21), ledit module de pilotage (32) étant configuré pour fournir au moteur électrique (21) le signal de commande en fonction de l'état de charge de la batterie (S5).

[Revendication 6]

Véhicule terrestre selon les revendications 1 à 5, comprenant un capteur (43) configuré pour détecter un ou plusieurs paramètres représentatifs de l'état de distance parcourue par le véhicule terrestre et pour générer un ou plusieurs signaux respectifs (S6, S7, S8) représentatifs de l'état de distance parcourue par véhicule terrestre, et ladite unité de contrôle (30) étant associée auxdits capteurs (40, 43) et au dit moteur électrique (21), ledit module de pilotage (32) étant configuré pour fournir au moteur électrique (21) un ou plusieurs signaux respectifs (S6, S7, S8) en fonction de l'état de distance parcourue par le véhicule terrestre.

[Revendication 7]

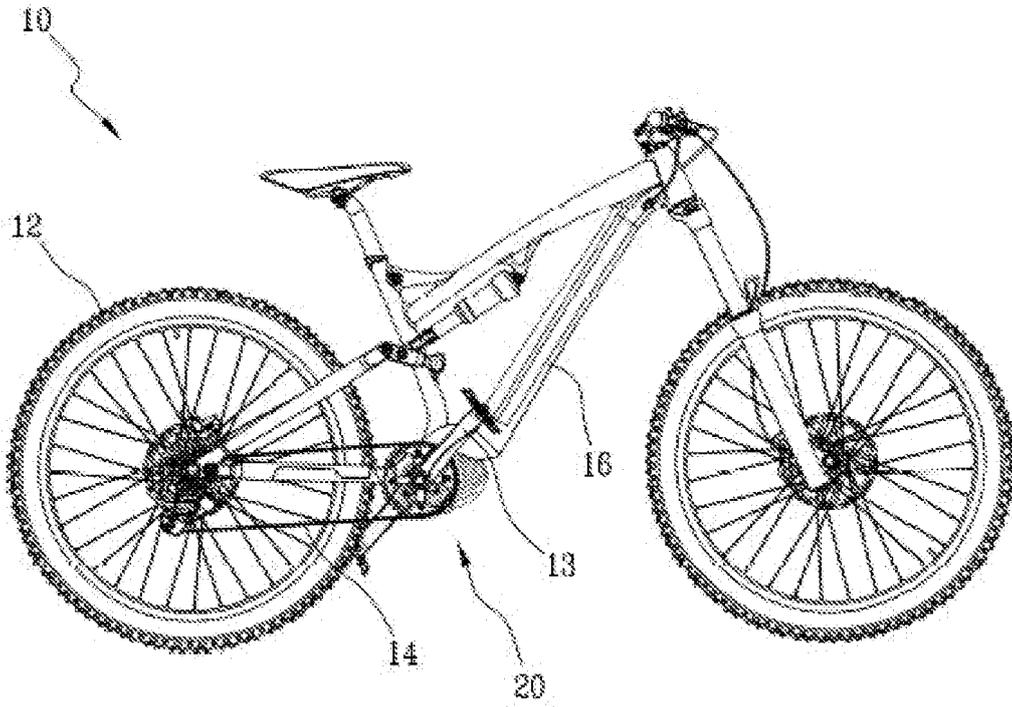
Véhicule terrestre selon une ou plusieurs des revendications précédentes, dans lequel ledit module de pilotage (32) est de plus configuré pour connecter lesdites phases du moteur électrique (21) :

- en étoile ; ou
- en triangle, en cas de baisse excessive de la tension résiduelle de la batterie (16) pendant la distance parcourue ou pour

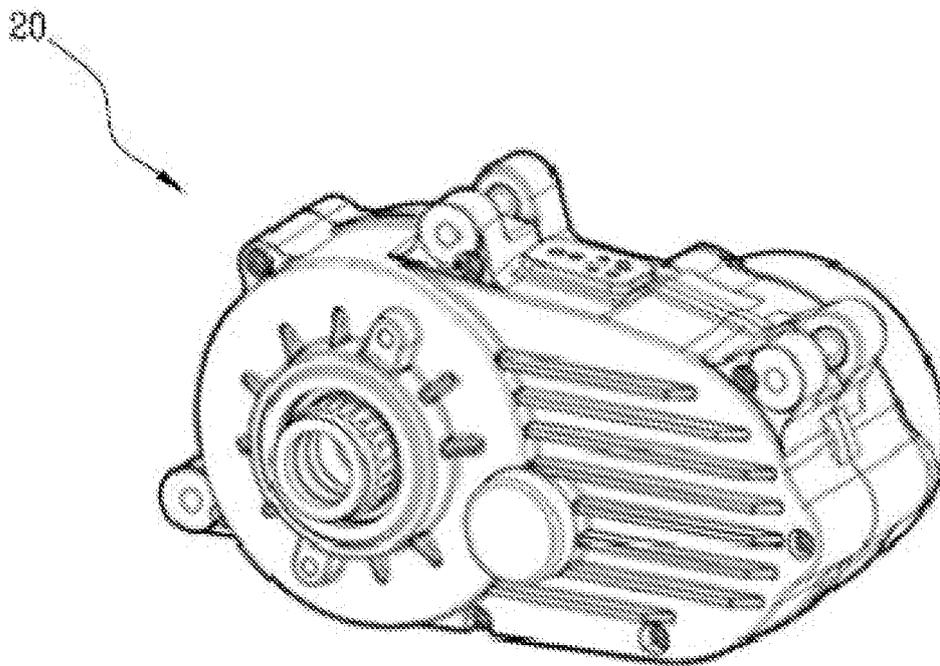
fournir une impulsion au pédalage supplémentaire.

- [Revendication 8] Véhicule terrestre selon une ou plusieurs des revendications précédentes, dans lequel le moteur électrique (21) est un moteur électrique synchrone à aimant permanent ou un moteur électrique à réluctance magnétique ou un moteur asynchrone à haut rendement.
- [Revendication 9] Véhicule terrestre selon une ou plusieurs des revendications précédentes, dans lequel le module de pilotage (32) du moteur électrique agit sur le moteur électrique (21) au moyen d'un contrôle de type vectoriel de vitesse par l'intermédiaire de la rétroaction d'un capteur mécanique de la position relative du rotor par rapport au stator du moteur électrique (21).
- [Revendication 10] Véhicule terrestre selon une ou plusieurs des revendications de 1 à 6, dans lequel le module de pilotage (32) du moteur électrique agit sur le moteur électrique (21) au moyen d'un contrôle de type scalaire ou vectoriel.
- [Revendication 11] Véhicule terrestre selon une ou plusieurs des revendications de 1 à 6, dans lequel le module de pilotage (32) agit sur le moteur électrique (21) au moyen d'un observateur de flux configuré pour estimer la position relative réelle du rotor par rapport au stator au moyen d'un schéma d'estimation en boucle fermée.
- [Revendication 12] Véhicule terrestre selon une ou plusieurs des revendications précédentes, dans lequel le capteur de couple (40) est positionné sur le pédalier de l'unité de pédalage (13) ou sur l'arbre de rotation du moteur électrique (21).
- [Revendication 13] Véhicule terrestre selon une ou plusieurs des revendications précédentes, comprenant un capteur de charge configuré pour détecter des charges supplémentaires positionnées sur le véhicule terrestre et pour générer un signal respectif (S9) représentatif de la charge supplémentaire positionnée sur le véhicule terrestre.
- [Revendication 14] Véhicule terrestre selon une ou plusieurs des revendications précédentes, dans lequel ladite unité de contrôle (30) comprend un module d'affichage (34) connecté à un panneau de contrôle configuré pour afficher lesdits paramètres détectés par les différents capteurs.

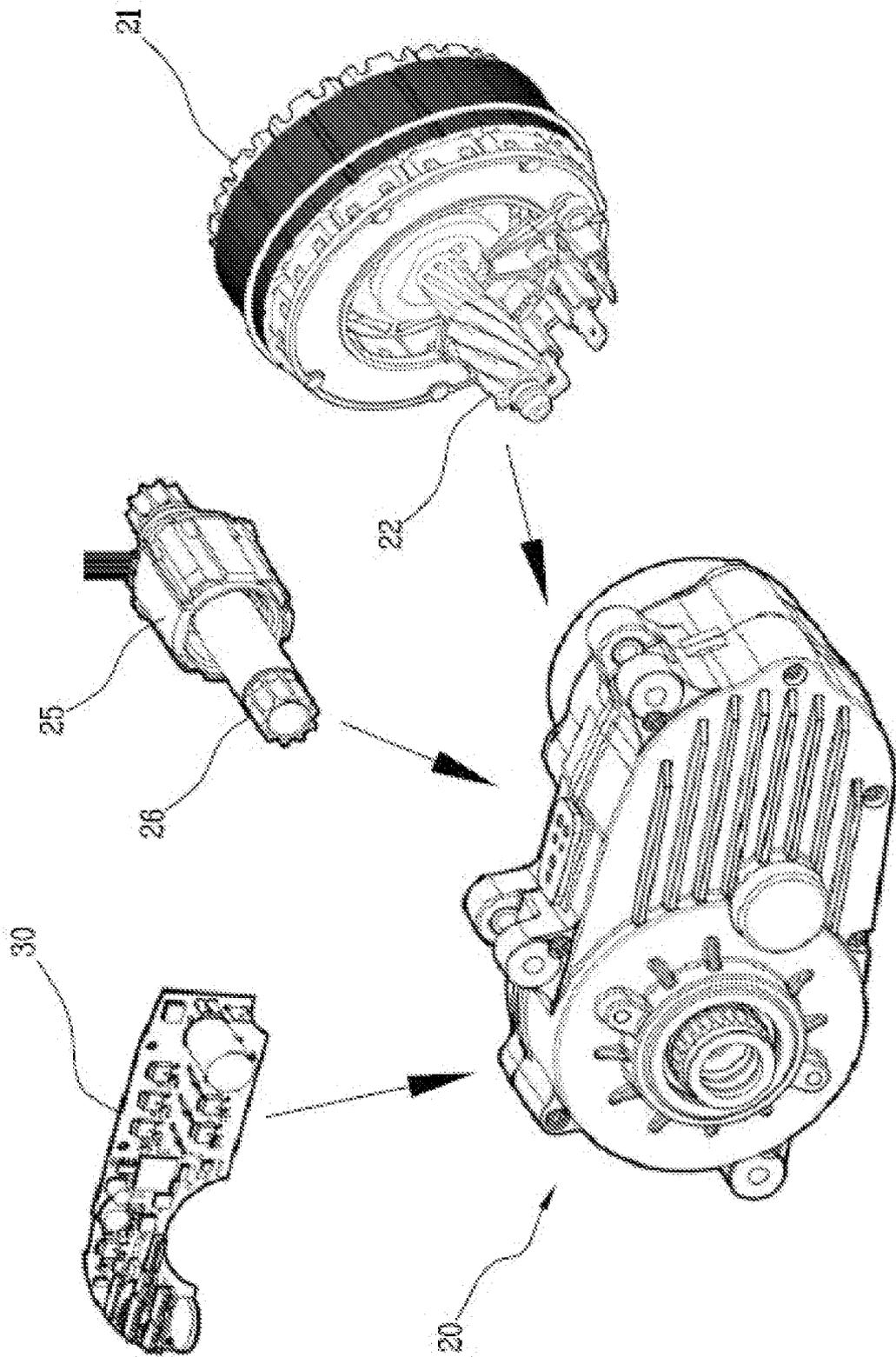
[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]

