



(22) Date de dépôt/Filing Date: 2002/03/21

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2002/09/29

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2010/09/14

(30) Priorité/Priority: 2001/03/29 (FR01 04 276)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *B60L 9/00* (2006.01),
B60L 11/18 (2006.01)

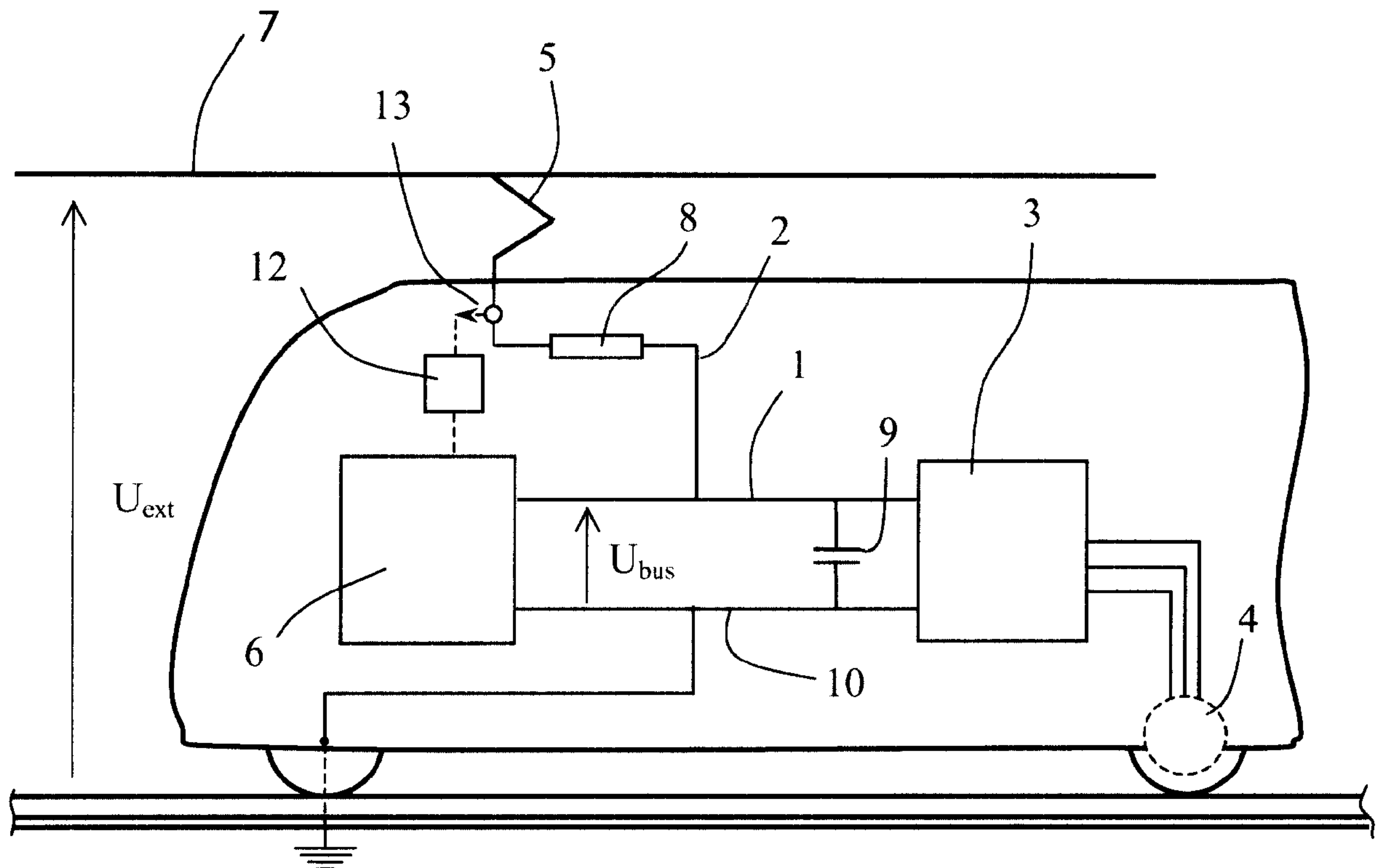
(72) Inventeurs/Inventors:
NOGARET, PHILIPPE, FR;
DELEU, ARNAUD, FR

(73) Propriétaire/Owner:
ALSTOM, FR

(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : PROCÉDE ET DISPOSITIF DE PILOTAGE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN VEHICULE A TRACTION ELECTRIQUE DESTINE A FONCTIONNER EN MODE D'ALIMENTATION EXTERNE OU EN MODE D'ALIMENTATION AUTONOME

(54) Title: ELECTRIC POWER SUPPLY MONITORING PROCESS AND SYSTEM FOR AN ELECTRIC TRACTION VEHICLE DESIGNED TO OPERATE IN EXTERNAL POWER SUPPLY MODE OR SELF SUPPLY MODE



(57) Abrégé/Abstract:

L'invention concerne un procédé de pilotage de l'alimentation en énergie électrique d'un véhicule à traction électrique destiné à fonctionner en mode d'alimentation externe ou en mode d'alimentation autonome, ledit véhicule comportant un bus d'alimentation

(57) Abrégé(suite)/Abstract(continued):

continu (1) connecté à la fois à un système d'alimentation autonome (6) embarqué à bord du véhicule et à une ligne d'alimentation externe (2) pouvant être raccordée à une infrastructure d'alimentation externe (7) au moyen d'un organe de connexion (5), caractérisé en ce qu'on détecte la connexion dudit organe de connexion (5) avec ladite infrastructure d'alimentation externe (7) en mesurant le courant traversant la ligne d'alimentation externe (2), la présence d'un courant non nul dans la ligne (2) signalant la présence d'une infrastructure d'alimentation externe (7) connectée audit organe de connexion (5).

ABREGE

L'invention concerne un procédé de pilotage de l'alimentation en énergie électrique d'un véhicule à traction électrique destiné à fonctionner en mode d'alimentation externe ou en mode d'alimentation autonome, ledit véhicule comportant un bus d'alimentation continu (1) connecté à la fois à un système d'alimentation autonome (6) embarqué à bord du véhicule et à une ligne d'alimentation externe (2) pouvant être raccordée à une infrastructure d'alimentation externe (7) au moyen d'un organe de connexion (5), caractérisé en ce qu'on détecte la connexion dudit organe de connexion (5) avec ladite infrastructure d'alimentation externe (7) en mesurant le courant traversant la ligne d'alimentation externe (2), la présence d'un courant non nul dans la ligne (2) signalant la présence d'une infrastructure d'alimentation externe (7) connectée audit organe de connexion (5).

PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE PILOTAGE DE L'ALIMENTATION EN
ÉNERGIE ÉLECTRIQUE D'UN VÉHICULE À TRACTION ÉLECTRIQUE
DESTINÉ À FONCTIONNER EN MODE D'ALIMENTATION
EXTERNE OU EN MODE D'ALIMENTATION AUTONOME

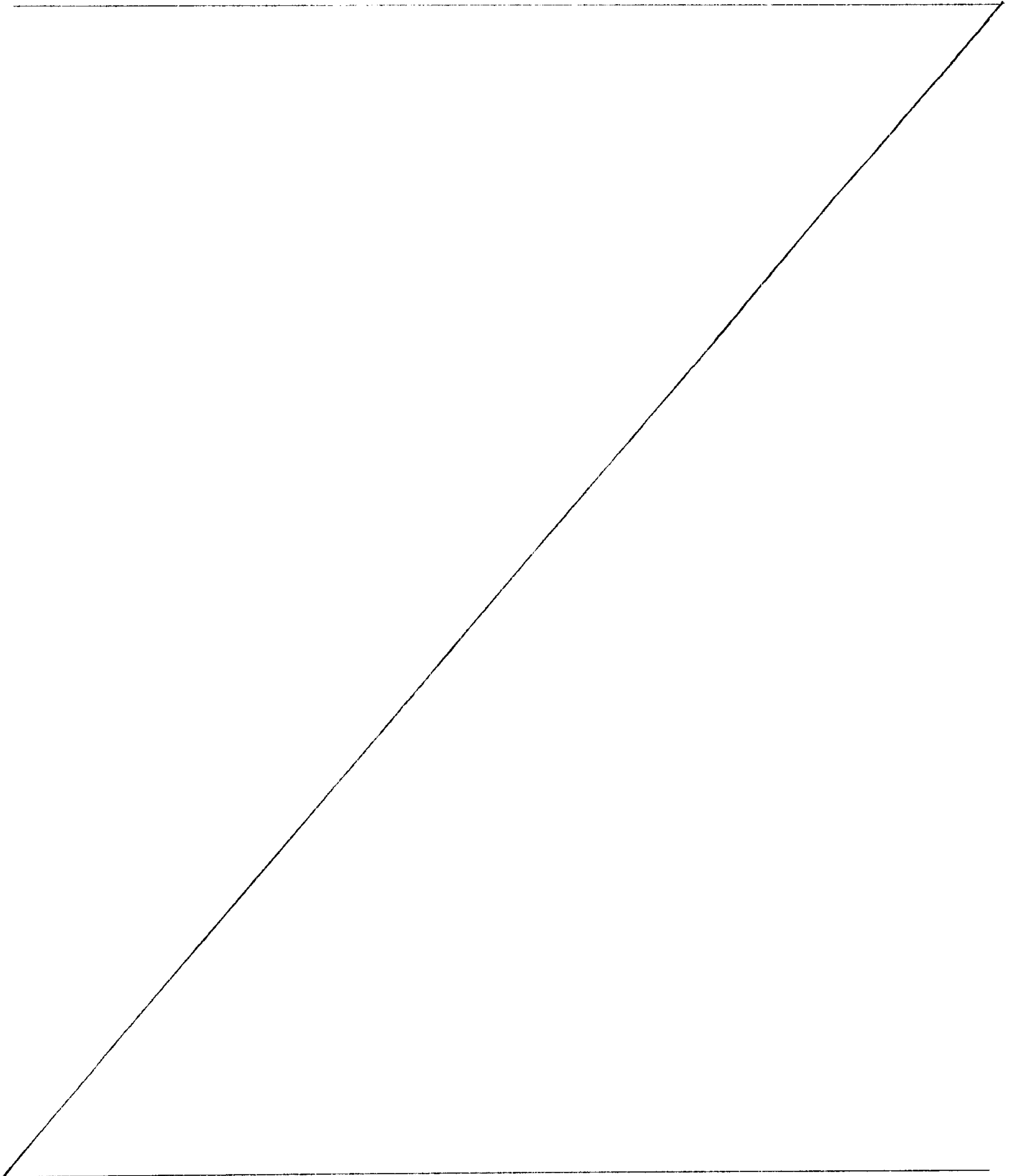
La présente invention se rapporte à un procédé et à un dispositif de pilotage de l'alimentation électrique d'un véhicule à traction électrique destiné à fonctionner en mode d'alimentation externe ou en mode d'alimentation autonome en fonction de la présence ou de l'absence d'une infrastructure d'alimentation externe le long de la
10 voie de circulation du véhicule. L'invention se rapporte notamment à l'alimentation en énergie électrique de véhicules de type tramway.

Il est connu de la demande de brevet FR-A1-2 782 680 déposée par la demanderesse, un système d'alimentation de véhicules à traction électrique permettant de faire circuler des véhicules de transport en commun, tels que des tramways de grande capacité, sans faire appel à une alimentation continue par caténaire. Un tel système comporte alors un dispositif d'alimentation autonome embarqué à bord du véhicule, constitué d'un moteur électrique pourvu d'un volant d'inertie de forte masse, et des stations d'arrêts munies d'une caténaire permettant la recharge en énergie du
20 dispositif d'alimentation autonome au moyen d'un pantographe porté par le véhicule.

Un tel système d'alimentation présente toutefois l'inconvénient de nécessiter la détection de la connexion du pantographe à la caténaire, afin de gérer au mieux le basculement d'un mode d'alimentation à l'autre et d'optimiser les performances du système d'alimentation. De plus, il est nécessaire, pour optimiser les performances du véhicule, que le véhicule soit toujours alimenté en énergie électrique par le dispositif d'alimentation autonome ou par la caténaire, ce qui conduit à avoir des phases de transition durant lesquelles le véhicule est à la fois raccordé au dispositif d'alimentation autonome et à la caténaire. Or, lors de ces phases de transition, il arrive que le dispositif d'alimentation autonome soit actif, c'est à dire utilisé en tant
30 que générateur d'énergie, avec une tension de sortie supérieure à la tension caténaire, entraînant ainsi une perte d'énergie du dispositif d'alimentation autonome vers la

1a

caténaire accompagnée d'une décharge rapide et pénalisante du dispositif d'alimentation autonome. Un autre inconvénient d'un tel système d'alimentation est la formation possible d'un arc électrique lors du décollement du pantographe de la caténaire provoquant une usure rapide de ces différents éléments.

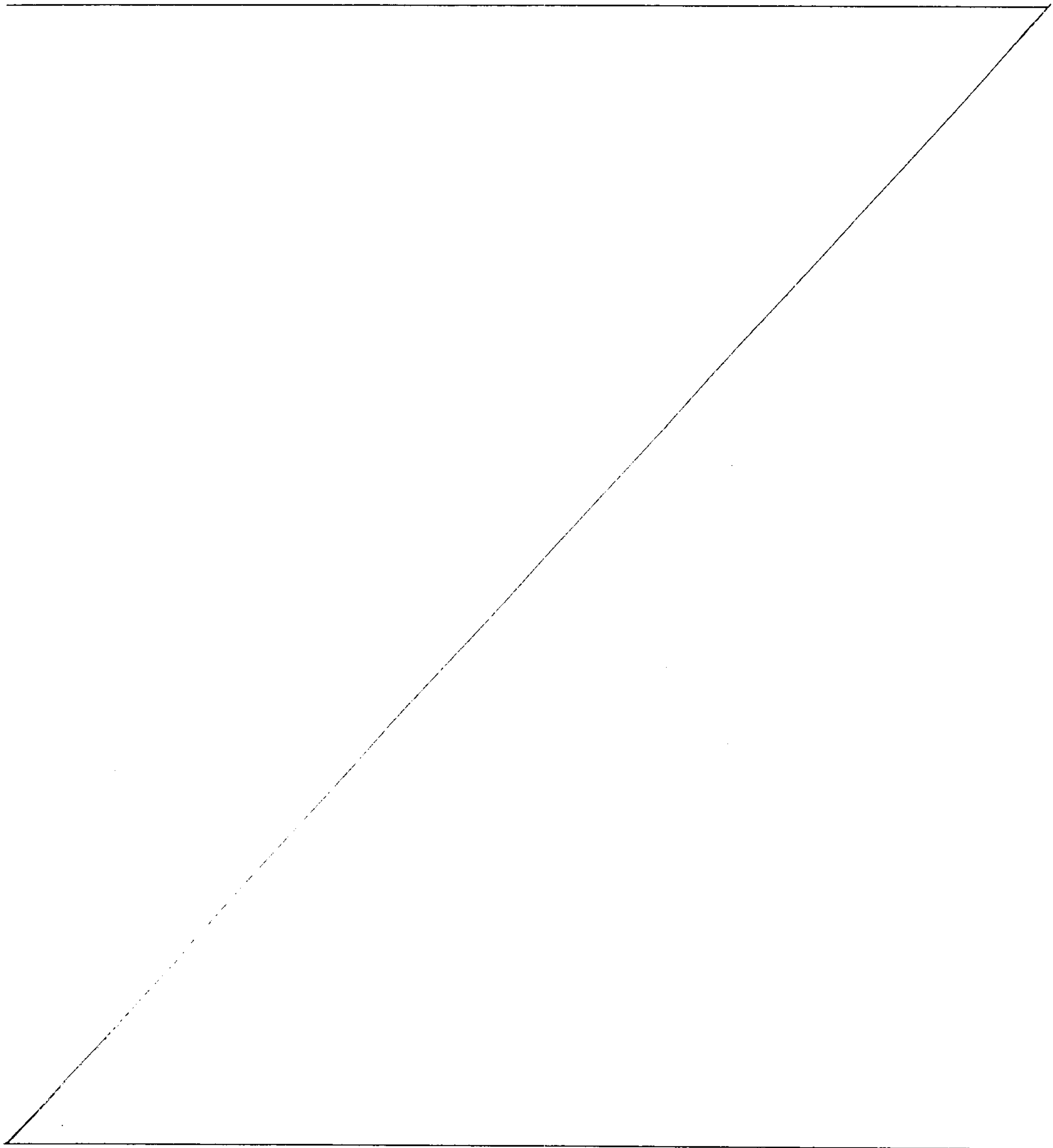


L'invention vise donc à remédier à ces inconvénients en proposant un procédé et un dispositif de pilotage de l'alimentation en énergie électrique d'un véhicule à traction électrique fonctionnant en mode d'alimentation autonome ou en mode d'alimentation externe, qui permette la détection du raccordement du véhicule à une infrastructure d'alimentation externe et qui assure l'optimisation de la gestion des phases de transition entre les deux modes d'alimentation tout en étant simple et économique à réaliser.

10 L'invention a pour objet un procédé de pilotage de l'alimentation en énergie électrique d'un véhicule à traction électrique destiné à fonctionner en mode d'alimentation externe ou en mode d'alimentation autonome, en fonction de la présence ou de l'absence d'une infrastructure d'alimentation externe le long de la voie de circulation du véhicule, le véhicule comportant un bus d'alimentation continu connecté à la fois à un système d'alimentation autonome embarqué à bord du véhicule et à une ligne d'alimentation externe pouvant être raccordée à une infrastructure d'alimentation externe au moyen d'un organe de connexion, caractérisé en ce qu'on détecte le raccordement dudit organe de connexion avec ladite infrastructure d'alimentation externe en mesurant le courant traversant la ligne
20 d'alimentation externe, la présence d'un courant non nul dans la ligne d'alimentation externe signalant la présence d'une infrastructure d'alimentation externe connectée audit organe de connexion. Lorsque le véhicule se trouve dans une phase d'alimentation transitoire durant laquelle le bus alimentation continu est simultanément alimenté en énergie par le système d'alimentation autonome et raccordé à l'infrastructure d'alimentation externe, on pilote la tension de sortie du système d'alimentation autonome de manière à ce que le courant traversant la ligne d'alimentation externe soit sensiblement nul.

2a

Selon une autre caractéristique du procédé selon l'invention, lorsque le véhicule circule en étant alimenté par le seul système d'alimentation autonome et parvient sur une zone équipée d'une infrastructure d'alimentation externe, on procède aux étapes suivantes :



- détection du raccordement de l'organe de connexion avec l'infrastructure d'alimentation externe par l'apparition d'un courant non nul dans la ligne d'alimentation ;
- pilotage de la tension de sortie du système d'alimentation autonome de manière à annuler sensiblement le courant de la ligne d'alimentation externe ;
- arrêt de la fourniture d'énergie par le système d'alimentation autonome en direction du bus d'alimentation continu.

Selon encore une autre caractéristique du procédé selon l'invention, lorsque le véhicule circule en étant alimenté par la seule ligne d'alimentation externe et parvient sur une zone non équipée d'une infrastructure d'alimentation externe, on procède préalablement à la déconnexion de l'organe de connexion avec l'infrastructure d'alimentation externe aux étapes suivantes :

- mise en marche du système d'alimentation autonome de manière à ce que ce dernier fournisse de l'énergie au bus d'alimentation continu ;
- pilotage de la tension de sortie du système d'alimentation autonome de manière à annuler sensiblement le courant de la ligne d'alimentation externe.

L'invention concerne également un dispositif de pilotage de l'alimentation en énergie électrique d'un véhicule à traction électrique destiné à fonctionner en mode d'alimentation autonome ou en mode d'alimentation externe, en fonction de la présence ou non d'une infrastructure d'alimentation externe le long de la voie de circulation dudit véhicule, le véhicule comportant un bus d'alimentation continu connecté à la fois à un système d'alimentation autonome embarqué à bord du véhicule et à une ligne d'alimentation externe pouvant être raccordée à une infrastructure d'alimentation externe au moyen d'un organe de connexion, caractérisé en ce qu'il comporte un capteur de courant permettant de mesurer le courant circulant au travers de la ligne d'alimentation externe afin de détecter le raccordement de l'organe de connexion à l'infrastructure d'alimentation externe.

Selon des modes particuliers de réalisation, le dispositif de pilotage de l'alimentation électrique du véhicule peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes prises isolément ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :

- le système d'alimentation autonome est muni d'un module de commande permettant de modifier la tension de sortie du système d'alimentation autonome ;
 - le système d'alimentation autonome est constitué d'un système à accumulation cinétique d'énergie à volant d'inertie ;
- 5 - l'organe de connexion est constitué d'un pantographe porté par le véhicule et coopérant avec une infrastructure d'alimentation externe constituée d'une caténaire.

On comprendra mieux les buts, aspects et avantages de la présente invention, d'après la description donnée ci-après d'un mode de réalisation de l'invention, présenté à titre d'exemple non limitatif, en se référant au dessin annexé, dans lesquels :

- 10 - la figure 1 est une vue schématique de l'alimentation électrique d'un tramway équipé d'un dispositif de pilotage selon l'invention ;
- la figure 2 est un schéma illustrant la régulation du courant dans la ligne d'alimentation externe par le procédé de pilotage selon l'invention lorsque le bus d'alimentation continu du tramway est simultanément alimenté par le système
- 15 d'alimentation autonome et par la caténaire.

La figure 1 représente un schéma d'un système d'alimentation électrique d'un véhicule ferroviaire, de type tramway, équipé de moteurs de traction électriques réversibles 4, c'est à dire absorbant de l'énergie électrique pendant les moments de traction et fournissant de l'énergie électrique pendant les moments de freinage.

- 20 Ces moteurs de traction sont commandés par un module de traction 3 qui est raccordé à un bus d'alimentation continu 1 alimenté d'une part en régime conventionnel par une ligne d'alimentation externe 2 et d'autre part, en régime autonome par un système d'alimentation autonome 6 embarqué à bord du tramway. Les moteurs de tractions 4 sont, à titre d'exemple non limitatif, des moteurs
- 25 triphasés, le module de traction 3 étant alors constitué d'un onduleur. Le module de traction 3 est raccordé à un câble 10 réalisant le retour du courant à la terre par conduction au travers des roues du tramway et des rails de la voie.

La ligne d'alimentation externe 2 est muni à son extrémité d'un pantographe 5 disposé sur le toit du tramway et destiné à coopérer avec une caténaire 7 lorsque le tramway circule sur une portion de voie équipée d'une telle infrastructure. La ligne d'alimentation externe 2 est munie d'une impédance de filtrage 8 disposée entre le
5 pantographe 5 et le bus d'alimentation continu 1, une capacité 9 étant connectée entre le bus continu 1 et le câble 10 de retour à la terre.

Le système d'alimentation autonome 6 est constitué d'un système à accumulation cinétique d'énergie comportant un moteur électrique synchrone à aimants dont le rotor entraîne un volant d'inertie, ce moteur étant associé à un convertisseur ou à un
10 accumulateur avec un hacheur deux quadrants permettant le pilotage de la tension de sortie du système d'alimentation d'autonome. En régime de recharge, le volant d'inertie est entraîné par le moteur à une vitesse élevée, et en régime de décharge, le moteur fonctionne en génératrice en fournissant de l'énergie au module de traction 3.

La tension de sortie du système d'alimentation autonome 6 est pilotée par un module
15 de commande 12 qui reçoit des informations d'un capteur de courant 13 disposé sur la ligne d'alimentation externe 2. Ce module de commande 12 régule la tension de sortie dans une plage de tension sensiblement voisine de celle de la tension caténaire (tension typique de 750 V) afin de permettre un fonctionnement identique du module de traction 3 que celui-ci soit alimenté directement par le système d'alimentation
20 autonome 6 ou par la caténaire 7.

Le procédé de pilotage de l'alimentation du tramway va maintenant être décrit.

Lorsque le tramway circule sur une portion de voie non équipée d'une caténaire 7, le module de traction du tramway est alimenté par le seul dispositif d'alimentation autonome 6 qui est alors en mode actif, c'est à dire qu'il fonctionne en générateur
25 d'énergie, le pantographe 5 étant alors par exemple placé en position descendue sur commande du conducteur. Durant cette phase, le pantographe 5 n'est pas raccordé à une caténaire et aucun courant ne circule dans la ligne d'alimentation externe 2 du tramway. Le module de commande 12 reçoit alors du capteur 13 l'information selon laquelle le courant I_{ext} dans la ligne externe 2 est nul et procède à la régulation de la
30 tension de sortie à une valeur nominale de l'ordre de 750 V.

Lorsque le tramway arrive sur une zone équipée d'une caténaire 7, le conducteur commande le déploiement du pantographe 5 pour que ce dernier vienne au contact de la caténaire 7. Durant cette phase le système d'alimentation autonome 6 est toujours en mode actif et le module de commande 12 du système d'alimentation autonome 6, 5 qui reçoit et analyse en permanence la valeur du courant traversant le capteur de courant 13 détecte l'instant où le courant I_{ext} devient non nul, cet instant correspondant sensiblement à l'instant où le pantographe 5 est connecté à la caténaire 7.

A partir de cet instant où un courant I_{ext} non nul est détecté par le capteur 13, le 10 système d'alimentation autonome 6 étant toujours en mode actif, le module de commande 12 procède au pilotage de la tension de sortie du système d'alimentation autonome 6 de manière à réguler le courant I_{ext} circulant dans la ligne d'alimentation externe 2 à une valeur proche de zéro. Cette régulation du courant I_{ext} peut par exemple être effectuée par un calculateur suivant le schéma de commande de la 15 figure 2 dans lequel la valeur du courant I_{ext} issue du capteur 13 est envoyée dans une première et une seconde branche. La première branche comporte un comparateur 20 calculant la différence entre un courant de référence I_{ref} choisi nul et la valeur du courant mesurée I_{ext} . La sortie du comparateur 20 est envoyée dans un bloc 21 qui calcule une tension de consigne $U_{bus/ref}$ proche de la tension caténaire afin d'annuler 20 sensiblement le courant I_{ext} , une mesure de la tension caténaire étant effectuée à l'aide d'un capteur pour pré-positionner $U_{bus/ref}$ autour de cette tension caténaire, et qui transmet cette tension de consigne $U_{bus/ref}$ à un bloc de contrôle 22. Conformément à la figure 2, la seconde branche comporte un bloc 23 procédant au calcul de la valeur absolue de la valeur du courant I_{ext} puis à la comparaison de cette 25 valeur avec un seuil proche de zéro et par exemple choisi égal à 50 mA. L'information selon laquelle la valeur absolue du courant I_{ext} est supérieure au seuil est ensuite envoyée en entrée du bloc de contrôle 22 qui procède au blocage de l'émission de la nouvelle tension de consigne $U_{bus/ref}$ tant que le courant I_{ext} est inférieur au seuil de courant.

30 Cette régulation de la tension de sortie du système d'alimentation autonome 6 lorsque le bus d'alimentation continu 1 est simultanément alimenté par la caténaire 7

et par le système d'alimentation autonome 6 en mode actif, permet d'éviter que le système d'alimentation autonome 6 ne se décharge au travers de la caténaire 7 lorsque la tension caténaire est inférieure à la tension de sortie du système d'alimentation autonome 6.

- 5 Successivement à la détection du raccordement du pantographe 5 à la caténaire 7, le système d'alimentation autonome 6 est placé en mode passif soit de manière automatique à l'aide d'une temporisation, soit de manière manuelle sur commande du conducteur. Une fois le système d'alimentation autonome 6 en mode passif, c'est à dire qu'il ne fournit plus d'énergie au bus d'alimentation continu 1, le module de
10 traction 3 est alimenté exclusivement par la caténaire 7 au travers de la ligne d'alimentation externe 2 et le système d'alimentation autonome 6 recevant également du courant de la ligne d'alimentation externe 2 permettant la recharge en énergie cinétique de son volant d'inertie, en particulier lors de l'immobilisation du tramway dans une station d'arrêt ou lors des phases de freinage où toute la puissance
15 disponible à la caténaire peut être utilisée pour recharger le système d'alimentation autonome 6.

- Lorsque le tramway s'apprête à quitter la zone équipée de la caténaire 7 pour rentrer dans une zone non équipée, le système d'alimentation autonome 6 est basculé de nouveau en mode actif soit sur commande du conducteur, soit de manière
20 automatique par exemple par interaction avec une balise disposée le long de la voie ou encore par estimation de la position par un calculateur. Durant cette phase le bus d'alimentation continu 1 est simultanément alimenté par le système d'alimentation autonome 6 et la ligne d'alimentation externe 2, et le module de commande 12 régule alors la tension de sortie du système d'alimentation autonome 6 de manière à annuler
25 sensiblement le courant I_{ext} circulant dans la ligne d'alimentation externe, et éviter ainsi la décharge éventuelle du système d'alimentation autonome 6 au travers de la caténaire 7.

- Le pantographe 5 peut alors être déconnecté de la caténaire 7 soit naturellement en parvenant à l'extrémité de la caténaire 7, soit sur commande du conducteur, la
30 déconnexion s'effectuant alors sans risque d'apparition d'arc électrique du fait que le

courant est sensiblement nul dans la ligne d'alimentation externe 2 grâce à la régulation effectuée par le module de commande 12.

Le dispositif et le procédé de pilotage de l'alimentation du tramway selon l'invention permettent donc de détecter très simplement l'instant où le pantographe est connecté
5 à la caténaire et d'optimiser ainsi la charge du système d'alimentation autonome en empêchant toute décharge rapide du système d'alimentation autonome au travers de la caténaire. De plus, le procédé selon l'invention permet de supprimer tout risque d'apparition d'arc électrique à la déconnexion du pantographe, ce qui permet d'augmenter considérablement la durée de vie des éléments.

10 Bien entendu, l'invention n'est nullement limitée au mode de réalisation décrit et illustré qui n'a été donné qu'à titre d'exemple. Des modifications restent possibles, notamment du point de vue de la constitution des divers éléments ou par substitution d'équivalents techniques, sans sortir pour autant du domaine de protection de l'invention.

15 Ainsi, dans une variante de réalisation non représentée, l'organe de connexion pourra être constitué d'un patin coopérant avec une infrastructure d'alimentation externe constituée d'un rail.

REVENDICATIONS

1. Procédé de pilotage de l'alimentation en énergie électrique d'un véhicule à traction électrique destiné à fonctionner en mode d'alimentation externe ou en mode d'alimentation autonome, en fonction de la présence ou de l'absence d'une infrastructure d'alimentation externe (7) le long de la voie de circulation dudit véhicule, ledit véhicule comportant un bus d'alimentation continu (1) connecté à la fois à un système d'alimentation autonome (6) embarqué à bord du véhicule et à une ligne d'alimentation externe (2) pouvant être raccordée à une infrastructure d'alimentation externe (7) au moyen d'un organe de connexion (5), caractérisé en ce qu'on détecte la connexion dudit organe de connexion (5) avec ladite infrastructure d'alimentation externe (7) en mesurant le courant traversant la ligne d'alimentation externe (2), la présence d'un courant non nul dans la ligne (2) signalant la présence d'une infrastructure d'alimentation externe (7) connectée audit organe de connexion (5) et en ce que lorsque le véhicule se trouve dans une phase d'alimentation transitoire durant laquelle le bus alimentation continu (1) est simultanément alimenté en énergie par le système d'alimentation autonome (6) et raccordé à l'infrastructure d'alimentation externe (7), on pilote la tension de sortie du système d'alimentation autonome (6) de manière à ce que le courant traversant la ligne d'alimentation externe (2) soit sensiblement nul.
- 20 2. Procédé de pilotage de l'alimentation électrique d'un véhicule selon la revendication 1, caractérisé en ce que lorsque le véhicule circule en étant alimenté par le seul système d'alimentation autonome (6) et parvient sur une zone équipée d'une infrastructure d'alimentation externe (7), on procède aux étapes suivantes:
- détection du raccordement de l'organe de connexion (5) avec l'infrastructure d'alimentation externe par l'apparition d'un courant non nul dans la ligne d'alimentation;
 - pilotage de la tension de sortie du système d'alimentation autonome (6) de manière à annuler sensiblement le courant de la ligne d'alimentation externe (2);

- arrêt de la fourniture d'énergie par le système d'alimentation autonome (6) en direction du bus d'alimentation continu (1).

3. Procédé de pilotage de l'alimentation électrique d'un véhicule selon la revendication 1, caractérisé en ce que lorsque le véhicule circule en étant alimenté par la seule ligne d'alimentation externe (2) et parvient sur une zone non équipée d'une infrastructure d'alimentation externe (7), on procède préalablement à la déconnexion de l'organe de connexion avec l'infrastructure d'alimentation externe aux étapes suivantes:

- mise en marche du système d'alimentation autonome (6) de manière à ce que ce dernier fournisse de l'énergie au bus d'alimentation continu (1);
- pilotage de la tension de sortie du système d'alimentation autonome (6) de manière à annuler sensiblement le courant de la ligne d'alimentation externe (2).

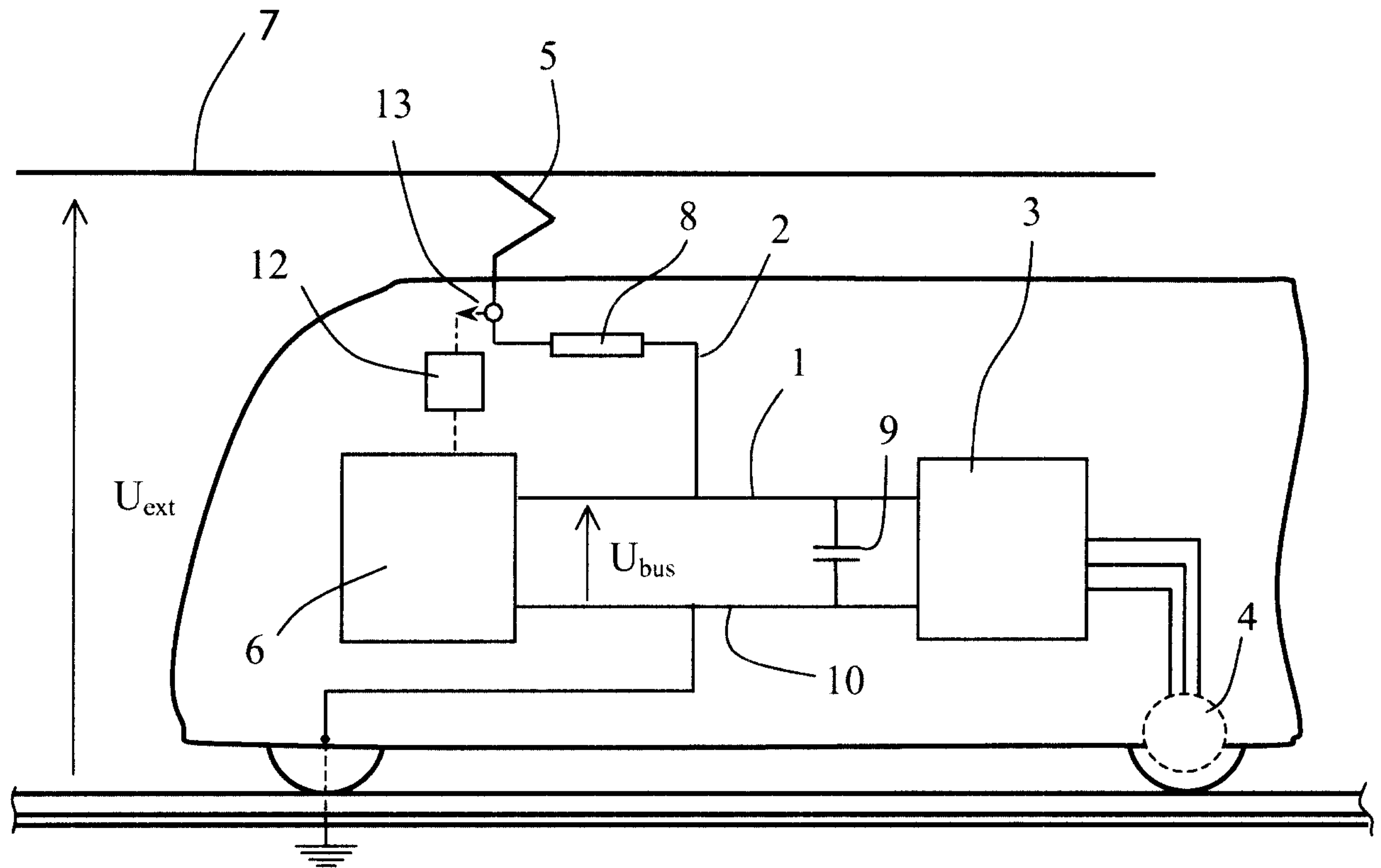
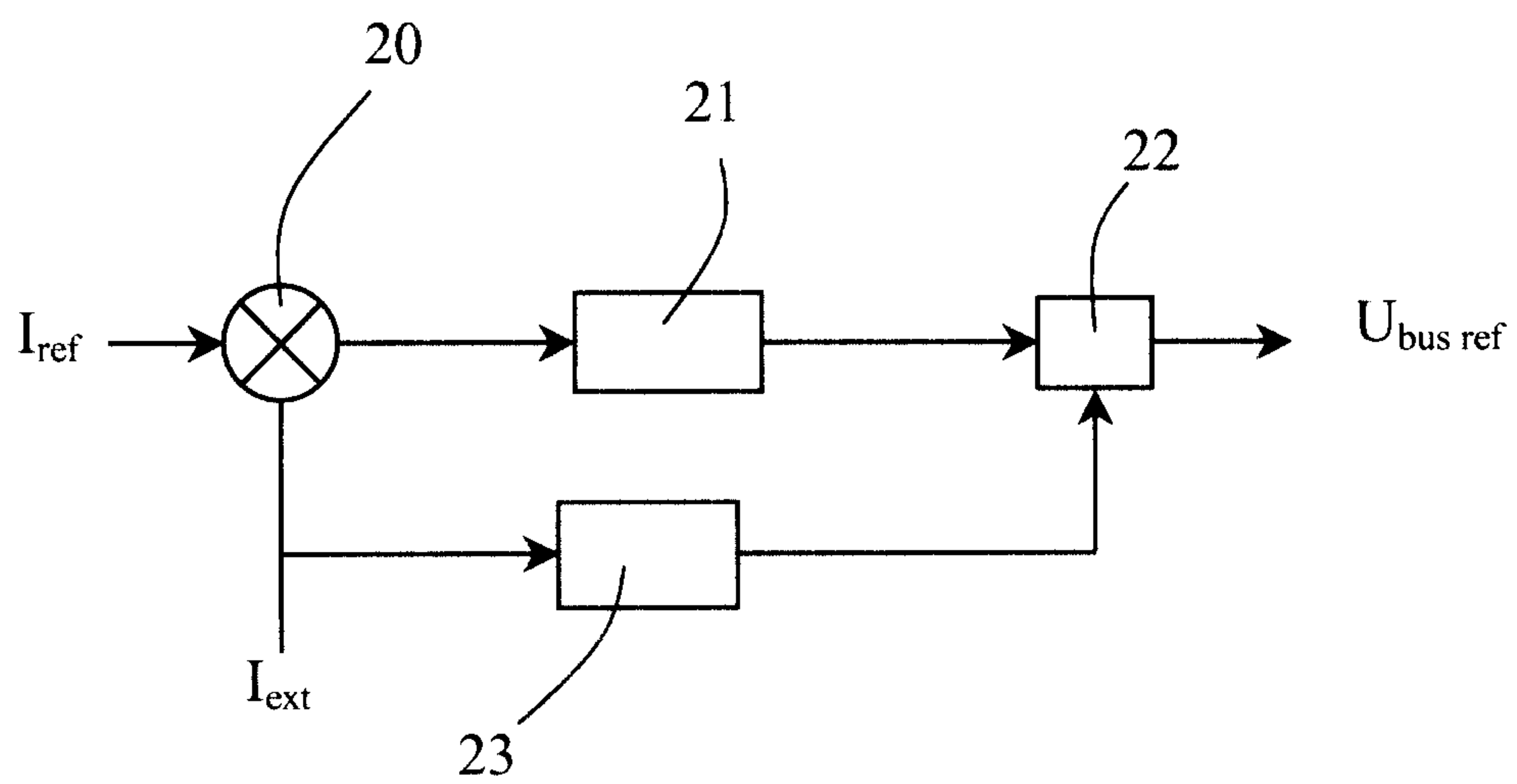
4. Dispositif de pilotage de l'alimentation en énergie électrique d'un véhicule à traction électrique destiné à fonctionner en mode d'alimentation autonome ou en mode d'alimentation externe, en fonction de la présence ou non d'une infrastructure d'alimentation externe (7) le long de la voie de circulation dudit véhicule, le véhicule comportant un bus d'alimentation continu (1) connecté à la fois à un système d'alimentation autonome (6) embarqué à bord du véhicule et à une ligne d'alimentation externe (2) pouvant être raccordée à une infrastructure d'alimentation externe (7) au moyen d'un organe de connexion (5), caractérisé en ce qu'il comporte un capteur de courant (13) permettant de mesurer le courant circulant au travers de la ligne d'alimentation externe (2) afin de détecter le raccordement de l'organe de connexion (5) à l'infrastructure d'alimentation externe (7).

5. Dispositif de pilotage de l'alimentation électrique d'un véhicule selon la revendication 4, caractérisé en ce que ledit système d'alimentation autonome (6) est muni d'un module de commande (12) permettant de modifier la tension de sortie du système d'alimentation autonome (6).

6. Dispositif de pilotage de l'alimentation électrique d'un véhicule selon la revendication 5, caractérisé en ce que ledit système d'alimentation autonome (6) est constitué d'un système à accumulation cinétique d'énergie à volant d'inertie.

7. Dispositif de pilotage de l'alimentation électrique d'un véhicule selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que ledit organe de connexion (5) est constitué d'un pantographe porté par le véhicule et coopérant avec une infrastructure d'alimentation externe constituée d'une caténaire (7).

1 / 1

FIG 1FIG 2

