

(19)



(11)

EP 4 389 687 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:

18.06.2025 Bulletin 2025/25

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
B66F 9/20 (2006.01)

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
B66F 9/20

(21) Numéro de dépôt: **23217906.9**

(22) Date de dépôt: **19.12.2023**

(54) **VÉHICULE DE TRAVAIL ÉLECTRIQUE COMPORTANT UNE CHAÎNE CINÉMATIQUE HYDROSTATIQUE**

ELEKTRISCHES ARBEITSFAHRZEUG MIT HYDROSTATISCHEM ANTRIEBSSTRANG

ELECTRIC WORK VEHICLE HAVING A HYDROSTATIC DRIVE TRAIN

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorité: **21.12.2022 FR 2214182**

(43) Date de publication de la demande:
26.06.2024 Bulletin 2024/26

(73) Titulaire: **MANITOU BF 44150 Ancenis (FR)**

(72) Inventeur: **MERTEN, Hervé 44150 ANCENIS (FR)**

(74) Mandataire: **Loyer & Abello 9, rue Anatole de la Forge 75017 Paris (FR)**

(56) Documents cités:
DE-A1- 102010 010 578 US-A1- 2011 198 141 US-A1- 2012 023 924

EP 4 389 687 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

Domaine technique

5 **[0001]** L'invention se rapporte à un véhicule de travail électrique entraîné en déplacement par une chaîne cinématique à transmission hydrostatique, aussi appelée chaîne cinématique hydrostatique.

Arrière-plan technologique

10 **[0002]** Les véhicules de travail, en particulier les engins de manutention de charge, sont généralement équipés d'une chaîne cinématique comportant un moteur à combustion interne de type diesel couplé à une transmission hydrostatique. Une telle transmission hydrostatique peut notamment comporter une pompe hydrostatique à cylindrée continûment variable et un ou plusieurs moteurs hydrostatiques à cylindrée fixe.

15 **[0003]** Sur un véhicule de travail équipé de quatre roues motrices, une chaîne cinématique hydrostatique est capable de développer un effort de traction important dans une configuration à quatre roues motrices, et de permettre au véhicule de travail d'atteindre des vitesses d'avancement élevées dans une configuration à deux roues motrices.

20 **[0004]** Cependant, le passage d'une configuration quatre roues motrices à une configuration deux roues motrices, et inversement, ne peut pas être effectué lorsque le véhicule de travail se déplace. En effet, la commutation d'une configuration à l'autre génère une brusque variation de débit en fluide hydraulique qui ne peut être jugulée ni par une variation de la cylindrée de la pompe hydrostatique, ni par une variation du régime du moteur à combustion interne, la réactivité de la pompe hydrostatique et du moteur à combustion interne n'étant pas suffisante. La commutation entre les configurations à quatre et deux roues motrices se fait donc lorsque le véhicule de travail est à l'arrêt.

[0005] Le document US 2012/023924 A1 divulgue un véhicule de travail selon le préambule de la revendication 1.

25 **Résumé**

[0006] Une idée à la base de l'invention est de fournir un véhicule de travail équipé d'une chaîne cinématique hydrostatique d'agencement simple, capable de développer un important effort de traction tout en permettant au véhicule de travail d'atteindre des vitesses d'avancement élevées.

30 **[0007]** Selon un mode de réalisation, l'invention fournit un véhicule de travail comportant :

- une source d'énergie électrique ;
- une chaîne cinématique hydrostatique, la chaîne cinématique hydrostatique comportant

35 un moteur électrique alimenté en énergie électrique par la source d'énergie électrique, une pompe hydrostatique entraînée par le moteur électrique, au moins deux unités d'entraînement, chaque unité d'entraînement comportant au moins deux roues motrices et au moins un moteur hydrostatique permettant un entraînement en rotation des au moins deux roues motrices, une cylindrée motrice de l'unité d'entraînement étant égale à la cylindrée du au moins un moteur hydrostatique alimenté en fluide hydraulique par la pompe hydrostatique,

40 une cylindrée moteur totale étant égale à une somme des cylindrées motrices des deux unités d'entraînement, au moins une des deux unités d'entraînement étant configurée comme unité d'entraînement variable présentant une cylindrée motrice variable, et

45 un dispositif de commutation configuré pour commuter la ou les cylindrées motrices variables sélectivement entre au moins

un entraînement en déplacement lent dans lequel la cylindrée moteur totale est égale à une première valeur, et un entraînement en déplacement rapide dans lequel la cylindrée moteur totale est égale à une deuxième valeur, la première valeur étant strictement supérieure à la deuxième valeur, et

- 50 - une unité de commande configurée pour piloter une vitesse de rotation du moteur électrique de sorte que,

en réponse à une commutation de la cylindrée motrice pour passer de l'entraînement en déplacement rapide à l'entraînement en déplacement lent, augmenter la vitesse de rotation dudit moteur électrique de manière que la pompe hydrostatique fournit un débit en fluide hydraulique requis pour répondre à une augmentation de la cylindrée moteur totale, et

55 en réponse à la commutation de la cylindrée motrice pour passer de l'entraînement en déplacement lent à l'entraînement en déplacement rapide, réduire la vitesse de rotation dudit moteur électrique de manière que la

pompe hydrostatique absorbe un excès de débit en fluide hydraulique résultant d'une diminution de la cylindrée moteur totale.

- 5 **[0008]** Grâce à ces caractéristiques, le pilotage de la vitesse de rotation du moteur électrique - particulièrement réactif - permet de juguler la variation de débit en fluide hydraulique résultant de la variation de la cylindrée moteur totale lors de la commutation de la cylindrée motrice. Le véhicule de travail peut ainsi commuter sans-à-coup et en déplacement entre des configurations hydrostatiques développant d'importants efforts de traction mais de faibles vitesses d'avancement, et des configurations hydrostatiques de cylindrée moteur totale plus faible, développant peu d'efforts de traction mais permettant d'atteindre des vitesses d'avancement élevées.
- 10 **[0009]** Selon un mode de réalisation, la pompe hydrostatique est une pompe volumétrique à pistons axiaux ou une pompe volumétrique à pistons radiaux.
- [0010]** Selon un mode de réalisation, la pompe hydrostatique est à cylindrée fixe.
- [0011]** Selon un mode de réalisation, la pompe hydrostatique est à cylindrée continûment variable.
- 15 **[0012]** Selon un mode de réalisation, les moteurs hydrostatiques sont des moteurs à pistons axiaux ou à des moteurs à pistons radiaux.
- [0013]** Selon un mode de réalisation, le véhicule de travail comporte en outre un capteur de vitesse d'avancement configuré pour mesurer une vitesse d'avancement du véhicule de travail, et l'unité de commande est configurée pour piloter de dispositif de commutation de sorte à commuter la cylindrée motrice pour passer de l'entraînement en déplacement lent à l'entraînement en déplacement rapide lorsque la vitesse de déplacement est supérieure ou égale
- 20 à une vitesse de commutation, et de l'entraînement en déplacement rapide à l'entraînement en déplacement lent lorsque la vitesse de déplacement est inférieure à la vitesse de commutation.
- [0014]** Ainsi, l'unité de commande pilote automatiquement la commutation la cylindrée motrice afin d'optimiser les performances de la chaîne cinématique hydrostatique du véhicule de travail.
- 25 **[0015]** Selon un mode de réalisation, l'unité de commande comporte une mémoire et la vitesse de commutation a été préalablement déterminée par simulation numérique ou par essai en atelier et stockée dans la mémoire de ladite unité de commande.
- [0016]** Selon un mode de réalisation, le véhicule de travail comporte en outre un capteur de besoin de déplacement configuré pour mesurer un besoin en déplacement, et la vitesse de commutation est fonction de la vitesse d'avancement
- 30 du véhicule de travail et du besoin en déplacement.
- [0017]** Ainsi, lorsque le véhicule de travail se place sur un sol pentu ou inégal, avance en butée contre une charge pesante ou encore transporte une charge pesante, l'effort de traction appliqué aux roues motrices augmente par rapport au même déplacement à vide sur sol plat. La détermination de la vitesse de commutation en fonction de la vitesse d'avancement du véhicule de travail et du besoin en déplacement permet ainsi d'optimiser les performances de la chaîne
- 35 cinématique hydrostatique en fonction des conditions de terrain et des opérations de manutention.
- [0018]** Selon un mode de réalisation, le dispositif de commutation comporte une commande de commutation permettant à un opérateur de commuter manuellement la cylindrée motrice.
- [0019]** Selon un mode de réalisation, les deux unités d'entraînement comportent une unité d'entraînement avant comportant deux roues motrices avant et au moins un moteur hydrostatique avant, et une unité d'entraînement
- 40 comportant deux roues motrices arrière et au moins un moteur hydrostatique arrière, les moteurs hydrostatiques avant et arrière étant reliés les uns aux autres en parallèle.
- [0020]** Selon un mode de réalisation, au moins une parmi l'unité d'entraînement avant et l'unité d'entraînement arrière comporte un pont de transmission équipé d'une paire de roues motrices et un moteur hydrostatique couplé aux deux roues motrices.
- 45 **[0021]** Selon un mode de réalisation, le dispositif de commutation comporte un ensemble de valves configuré pour sélectivement permettre l'alimentation en fluide hydraulique d'une dite unité d'entraînement variable par la pompe hydrostatique pour l'entraînement en déplacement et pour empêcher l'alimentation en fluide hydraulique de ladite unité d'entraînement variable par la pompe hydrostatique pour l'entraînement en déplacement rapide.
- [0022]** Dans un tel mode de réalisation, lorsque l'ensemble de valves empêche l'alimentation en fluide hydraulique de
- 50 ladite unité d'entraînement variable, aucun moteur hydrostatique de l'unité d'entraînement variable n'est alimenté en fluide hydraulique par la pompe hydrostatique. En conséquence, la cylindrée motrice que l'unité d'entraînement variable contribue fonctionnellement à la cylindrée moteur totale est nulle, quand bien même la cylindrée du ou des moteurs hydrostatiques non alimentés en fluide hydraulique ne serait pas physiquement nulle. Ainsi, la cylindrée motrice que l'unité d'entraînement variable contribue fonctionnellement à la cylindrée moteur totale est variable au moins du fait de
- 55 l'ensemble de valves ; elle peut même être variable seulement du fait de l'ensemble de valves, si le ou chaque moteur hydrostatique de l'unité d'entraînement variable est à cylindrée constante.
- [0023]** Selon un mode de réalisation, l'une parmi l'unité d'entraînement arrière et l'unité d'entraînement avant est configurée comme unité d'entraînement variable, et dans lequel l'entraînement en déplacement lent est à quatre roues

motrices, avant et arrière, et l'entraînement en déplacement rapide est à deux roues motrices, avant ou arrière.

[0024] Selon un mode de réalisation, ledit ou chaque moteur hydrostatique d'une unité d'entraînement variable est à cylindrée constante.

[0025] Selon un mode de réalisation, une dite unité d'entraînement variable comporte un moteur hydrostatique à double cylindrée, et le dispositif de commutation est configuré pour sélectivement commuter le moteur hydrostatique à double cylindrée dans une première cylindrée pour l'entraînement en déplacement rapide et dans une deuxième cylindrée strictement supérieure à la première cylindrée pour l'entraînement en déplacement lent.

[0026] Ainsi, la cylindrée motrice que l'unité d'entraînement variable contribue fonctionnellement à la cylindrée moteur totale est variable au moins du fait de la commutation du moteur hydrostatique à double cylindrée entre la première cylindrée et la deuxième cylindrée, donc du fait du changement physique de la cylindrée du moteur hydrostatique à double cylindrée.

[0027] Selon un mode de réalisation, le moteur hydrostatique à double cylindrée ne présente pas une cylindrée continûment variable.

Brève description des figures

[0028] L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description suivante de plusieurs modes de réalisation particuliers de l'invention, donnés uniquement à titre illustratif et non limitatif, en référence aux dessins annexés.

[Fig. 1] La figure 1 est une vue schématique d'un véhicule de travail selon un mode de réalisation de l'invention.

[Fig. 2] La figure 2 est une représentation schématique fonctionnelle d'un véhicule de travail dans un mode d'entraînement, selon un premier mode de réalisation.

[Fig. 3] La figure 3 est une représentation schématique analogue à celle de la figure 2, selon le premier mode de réalisation.

[Fig. 4] La figure 4 est une représentation schématique fonctionnelle de l'unité de commande selon un mode de réalisation.

[Fig. 5] La figure 5 est une représentation graphique de la variation de la cylindrée moteur totale en fonction de la vitesse d'avancement du véhicule de travail de la figure 2.

[Fig. 6] La figure 6 est une représentation graphique de l'effort de traction appliqué aux roues motrices en fonction de la vitesse de déplacement sur sol plat du véhicule de travail de la figure 5.

[Fig. 7] La figure 7 est une représentation schématique analogue à celle de la figure 2, selon un deuxième mode de réalisation.

[Fig. 8] La figure 8 est une représentation schématique analogue à celle de la figure 7, selon un troisième mode de réalisation.

Description des modes de réalisation

[0029] Les modes de réalisation ci-après sont décrits en relation avec un véhicule de travail électrique. Ce véhicule peut être un chariot à motorisation électrique tous terrains ou hors route, comme un chariot élévateur électrique à mât vertical, un chariot élévateur électrique à châssis articulé, un chariot électrique de manutention de charge par exemple à bras télescopique, un chariot télescopique rotatif ou encore une chargeuse compacte électrique. Cette liste n'est pas exhaustive.

[0030] En référence à la figure 1, le véhicule de travail 1 est un chariot élévateur électrique à mât vertical. Un tel véhicule comprend un châssis 2 surmonté d'une cabine de conduite 3 à l'intérieur de laquelle peut prendre place un opérateur.

[0031] Le châssis 2 est équipé d'une structure d'engagement au sol S comportant deux essieux moteurs, avant 7F et arrière 7R, situés à la suite l'un de l'autre dans la direction de déplacement D du véhicule de travail 1. L'essieu moteur avant 7F et l'essieu moteur arrière 7R comportent chacun deux roues motrices, notées respectivement 8F et 8R. L'entraînement en déplacement du véhicule de travail est permis par la mise en rotation des roues motrices 8F et/ou 8R en contact avec le sol S.

[0032] Le véhicule de travail 1 comporte également un mât de levage 4 articulé à l'avant du châssis 2. Le mât de levage 4

est généralement équipé de fourches 5 montées mobile en monte et baisse le long du mât de levage 4. En particulier, le mât de levage 4 est couplé au châssis 2 par une première liaison pivot P d'axe pivot horizontal s'étendant transversalement à la direction de déplacement D du véhicule de travail, parallèlement à l'axe de rotation des roues motrices 8F, 8R. Au moins un actionneur 6, tel qu'un vérin hydraulique, disposé entre le châssis 2 et le mât de levage 4 permet l'entraînement déplacement à pivotement du mât de levage 4 autour de l'axe pivot P dans le sens d'une inclinaison du mât de levage 4 vers l'avant ou l'arrière du châssis 2.

[0033] En référence aux figures 2 et 3, on décrit le véhicule de travail selon un premier mode de réalisation.

[0034] Le véhicule de travail 1 est équipé d'une chaîne cinématique hydrostatique comportant un moteur électrique 9 alimenté en énergie électrique par une source d'énergie électrique 10, une pompe hydrostatique 11 entraînée en rotation par le moteur électrique 9, et deux unités d'entraînement, à savoir une unité d'entraînement avant 12F munie des deux roues motrices avant 8F et une unité d'entraînement arrière 12R munie des deux roues motrices arrière 8R.

[0035] La source d'énergie électrique 10 peut consister en un assemblage modulaire de batteries d'accumulateurs électrochimiques et/ou de condensateurs de stockage d'énergie.

[0036] Pour entraîner la pompe hydrostatique 11 en rotation, l'arbre de sortie du moteur électrique 9 est accouplé à l'arbre d'entraînement de la pompe hydrostatique 11, par exemple au moyen d'un système de liaison à clavettes ou à cannelures.

[0037] Avantagusement, le moteur électrique 9 est dédié uniquement à l'entraînement en rotation de la pompe hydrostatique 11, à l'exception d'une pompe de gavage 15 qui alimente en fluide hydraulique un circuit de gavage décrit plus loin. La vitesse de rotation du moteur électrique 9 peut ainsi être accélérée ou ralentie pour ne faire varier que le débit en fluide hydraulique refoulé par la pompe hydrostatique 11.

[0038] Dans le mode de réalisation décrit, la pompe hydrostatique 11 est à cylindrée D_p continûment variable, par exemple contrôlée de manière hydraulique, hydromécanique ou électrique. En variante, la pompe hydrostatique est à cylindrée fixe.

[0039] Avantagusement, la pompe hydrostatique 11 est une pompe volumétrique à pistons, axiaux (pompe à barillet ou à axe droit, ou bien pompe à bielles ou à axe brisé) ou radiaux.

[0040] La cylindrée de la pompe hydrostatique 11 est par exemple pilotée par un dispositif de régulation de cylindrée (non représenté) configuré pour commander la cylindrée en fonction de la vitesse de rotation du moteur électrique 9. Une telle régulation de la cylindrée de la pompe hydrostatique 11 en fonction du régime moteur est dite de type « automotiv » ; elle peut être réalisée par pilotage hydraulique ou électrohydraulique de la cylindrée, de préférence proportionnel.

[0041] La pompe hydrostatique 11 est munie d'un orifice de refoulement 11a et d'un orifice d'aspiration 11b.

[0042] Chaque unité d'entraînement, avant 12F et respectivement arrière 12R, comporte en outre un moteur hydrostatique, avant 13F et respectivement arrière 13R. Le moteur hydrostatique avant 13F, respectivement arrière 13R, permet l'entraînement en rotation d'une roue motrice avant 8F, respectivement arrière 8R.

[0043] Les moteurs hydrostatiques avant 13F sont à cylindrée fixe $D_m^{(f)}$ et les moteurs hydrostatiques arrière 13R sont à cylindrée fixe $D_m^{(r)}$.

[0044] Les moteurs hydrostatiques avant 13F, respectivement arrière 13R, comportent chacun un orifice d'entrée 13Fa, respectivement 13Ra, et un orifice de sortie 13Fb, respectivement 13Rb.

[0045] Avantagusement, les moteurs hydrostatiques avant 13F et arrière 13R sont des moteurs à pistons axiaux (moteurs à barillet ou axe droit) ou à pistons radiaux.

[0046] La pompe hydrostatique 11 et les moteurs hydrostatiques avant 13F et arrière 13R fonctionnent en circuit fermé. Autrement dit, le fluide hydraulique est d'abord refoulé par la pompe hydrostatique 11 vers les moteurs hydrostatiques avant 13F et arrière 13R via des liaisons fluidiques haute pression de la circuiterie hydraulique de la chaîne cinématique hydrostatique. Le fluide hydraulique est ensuite redigéré vers l'aspiration de la pompe hydrostatique 11 via des liaisons fluidiques basse pression.

[0047] Avantagusement, le fluide hydraulique est une huile minérale ou de synthèse obtenue par raffinage du pétrole.

[0048] Plus précisément, la circuiterie hydraulique de la chaîne cinématique hydrostatique comporte une conduite principale haute pression 14a et une conduite principale basse pression 14b. La conduite principale haute pression 14a se ramifie en quatre branches haute pression 141Fa, 141Ra. La conduite principale haute pression 14a et les deux branches haute pression 141Fa, respectivement 141Ra, connectent l'orifice de refoulement 11a de la pompe hydrostatique 11 aux orifices d'entrée 13Fa, respectivement 13Ra, des moteurs hydrostatiques avant 13F, respectivement arrière 13R. La conduite principale basse pression 14b se ramifie également en quatre branches basse pression 141Fb, 141Rb. Les deux branches basse pression 141Fb, respectivement 141Rb, et la conduite principale basse pression 14b connectent les orifices de sortie 13Fb, respectivement 13Rb, des moteurs hydrostatiques avant 13F, respectivement arrière 13R à l'orifice d'aspiration 11b de la pompe hydrostatique 11. Ainsi, chacun des moteurs hydrostatiques avant 13F et arrière 13R est relié en parallèle à la pompe hydrostatique 11.

[0049] Les conduites principales 14a, 14b et leurs branches 141Fa, 141Ra, 141Fb, 141Rb sont par exemple des conduites en acier ou des canalisations flexibles.

[0050] La chaîne cinématique hydrostatique comporte en outre, de façon connue en soi, une pompe de gavage 15

accouplée à la pompe hydrostatique 11 et, partant, entraînée par le moteur électrique 9. La pompe de gavage 15 aspire du fluide hydraulique d'un réservoir 16 au travers d'une crépine 17 et le refoule, via des clapets de gavage 18, dans l'une des liaisons fluidiques basse pression 14b, 141Fb ou 141Rb pour compenser les fuites internes du circuit hydraulique fermé de la chaîne cinématique hydrostatique. La pression d'alimentation du circuit de gavage est limitée par le limiteur de pression 19.

[0051] Le véhicule de travail 1 comporte en outre un dispositif de commutation 20. Dans le mode de réalisation décrit, le dispositif de commutation 20 comporte deux électrovannes 21 tout ou rien, à deux positions et trois voies commandées, chacune commandée par un solénoïde 23. De telles électrovannes comportent un corps fixe évidé à l'intérieur duquel se déplace un tiroir mobile. Des orifices percés dans le corps permettent d'établir les connexions ou fermetures souhaitées entre les différentes voies pour commander l'écoulement du fluide hydraulique.

[0052] Les électrovannes 21 sont positionnées sur les branches haute pression 141Ra, soit entre l'orifice de refoulement 11a de la pompe hydrostatique 11 et les orifices d'entrée 13Ra des moteurs hydrostatiques arrière 13R.

[0053] Chaque électrovanne 21 présente un première position I, illustrée sur la figure 2, permettant l'écoulement du fluide hydraulique entre la pompe hydrostatique 11 et les moteurs hydrostatiques arrière 13R. La première position I correspond, par exemple, à la position du tiroir mobile en l'absence d'excitation magnétique du solénoïde 23 sous l'effet de la réaction mécanique d'un ressort 22. L'activation du solénoïde 23 permet le changement de position de l'électrovanne 21, de la première position I à une deuxième position II, illustrée sur la figure 3, empêchant l'écoulement du fluide hydraulique entre la pompe hydrostatique 11 et les moteurs hydrostatiques arrière 13R.

[0054] Autrement dit, lorsque les électrovannes 21 sont dans leur première position I, les moteurs hydrostatiques arrière 13R sont alimentés en fluide hydraulique par la pompe hydrostatique 11 ; la cylindrée motrice de l'unité d'entraînement arrière 12R est égale à $2 D_m^{(r)}$. En revanche, lorsque les électrovannes 21 sont dans leur deuxième position II, l'alimentation en fluide hydraulique desdits moteurs hydrostatiques arrière 13R est coupée ; la cylindrée motrice de l'unité d'entraînement arrière 12R est nulle. Dans ce mode de réalisation, l'unité d'entraînement arrière 12R est donc configurée comme une unité d'entraînement variable présentant une cylindrée motrice variable.

[0055] Selon une variante d'exécution non décrite, les électrovannes 21 pourraient être positionnées sur les branches haute pression 141Fa, soit entre l'orifice de refoulement 11a de la pompe hydrostatique 11 et les orifices d'entrée 13Fa des moteurs hydrostatiques avant 13F.

[0056] Le dispositif de commutation 20 peut en outre comporter une commande de commutation 24, par exemple électriquement connectée aux électrovannes 21, pour permettre à un opérateur de commuter manuellement le mode d'entraînement du véhicule de travail 1. Sur les figures 2 et 3, la commande de commutation 24 est connectée à une unité de commande 25, décrite plus loin, qui pilote les électrovannes 21.

[0057] Le dispositif de commutation 20 permet ainsi la commutation sélective de la cylindrée motrice de l'unité d'entraînement arrière 13R entre :

- un entraînement en déplacement lent à quatre roues motrices 8F, 8R, dans lequel les électrovannes 21 sont dans leur première position I de sorte que les deux moteurs hydrostatiques avant 13F, chacun de cylindrée fixe $D_m^{(f)}$, et les deux moteurs hydrostatiques arrière 13R, chacun de cylindrée fixe $D_m^{(r)}$, sont alimentés en fluide hydraulique par la pompe hydrostatique 11 ; et
- un entraînement en déplacement rapide à deux roues motrices 8F, dans lequel les électrovannes 21 sont dans la deuxième position II de sorte que seuls les deux moteurs hydrostatiques avant 13F, chacun de cylindrée fixe $D_m^{(f)}$, sont alimentés en fluide hydraulique par la pompe hydrostatique 11.

En définissant la cylindrée moteur totale D_Σ comme la somme des cylindrées motrices des unités d'entraînement avant 12F et arrière 12R alimentées en fluide hydraulique par la pompe hydrostatique 11 :

- la cylindrée moteur totale D_Σ de l'entraînement en déplacement lent à quatre roues motrices 8F, 8R est égale à une valeur maximale $D_{\Sigma, \max}$ de cylindrée moteur totale D_Σ telle que $D_{\Sigma, \max} = 2 \times D_m^{(f)} + 2 \times D_m^{(r)}$; et
- la cylindrée moteur totale D_Σ de l'entraînement en déplacement rapide à deux roues motrices 8F est égale à une valeur minimale $D_{\Sigma, \min}$ de la cylindrée moteur totale D_Σ telle que $D_{\Sigma, \min} = 2 \times D_m^{(f)}$.

[0058] Ainsi, la commutation de la cylindrée motrice de l'unité d'entraînement arrière 13R entre un entraînement en déplacement lent à quatre roues motrices 8F, 8R et un entraînement en déplacement rapide à deux roues motrices 8F du véhicule de travail 1 génère corrélativement une variation de la cylindrée moteur totale entre respectivement une valeur minimale $D_{\Sigma, \min}$ et une valeur maximale $D_{\Sigma, \max}$.

[0059] En référence à la figure 4, le véhicule de travail 1 comporte en outre une unité de commande 25. L'unité de commande 25 est une unité électronique et/ou informatique qui peut être réalisée sous différentes formes, de manière unitaire ou distribuée, au moyen de composants matériels et/ou logiciels, associés à une mémoire. Des composants matériels utilisables sont les circuits intégrés spécifiques ASIC, les réseaux logiques programmables FPGA ou les

microprocesseurs. Des composants logiciels peuvent être décrits dans différents langages de programmation, par exemple C, C++, Java ou VHDL. Cette liste n'est pas exhaustive. La mémoire stocke des données et des instructions informatiques. Les instructions informatiques sont exécutées par les composants matériels et/ou logiciels pour permettre à l'unité de commande 25 de réaliser les opérations ou étapes ultérieurement décrites.

5 **[0060]** L'unité de commande 25 configurée pour, d'une part, piloter le dispositif de commutation 20 de sorte à commuter la cylindrée motrice de l'unité d'entraînement arrière 12R variable en déplacement en fonction d'une vitesse de commutation V_C et, d'autre part, piloter la vitesse de rotation du moteur électrique 9 en réponse à une commutation de ladite cylindrée motrice, soit encore en réponse à une variation de la cylindrée moteur totale D_Σ .

10 **[0061]** La vitesse de commutation V_C peut avoir été préalablement déterminée par simulation numérique ou par essai en atelier, et stockée dans la mémoire de l'unité de commande 25.

[0062] Avantagusement, l'unité de commande 25 détermine la vitesse de commutation V_C en fonction de la vitesse d'avancement V du véhicule de travail 1 et du besoin d'avancement BD spécifié par l'opérateur. En effet, lorsque le véhicule de travail 1 se place sur un sol pentu ou inégal, avance en butée contre une charge pesante ou encore transporte une charge pesante, l'effort de traction aux roues motrices 8F, 8R augmente par rapport au même déplacement à vide sur sol plat. La détermination de la vitesse de commutation V_C en fonction de la vitesse d'avancement V et du besoin de déplacement BD permet d'optimiser les performances de la chaîne cinématique hydrostatique en tenant compte des conditions de terrain et des opérations de manutention.

15 **[0063]** La vitesse d'avancement V du véhicule de travail 1 par rapport au sol S est mesurée au moyen d'un capteur de vitesse d'avancement 26, disposé par exemple entre l'un des moteurs hydrostatiques 13F, 13R et la roue motrice 8F, 8R qu'il entraîne en rotation. Le capteur de vitesse d'avancement 26 est connecté par liaison filaire ou sans fil à l'unité de commande 25.

20 **[0064]** Le besoin de déplacement BD peut être spécifié par l'opérateur au moyen d'une pédale d'accélérateur 27 installée dans la cabine de conduite 3 du véhicule de travail 1. La pédale d'accélérateur 27 est équipée d'un capteur de position 28. Par exemple, le capteur de position 28 est configuré pour mesurer le degré d'enfoncement de la pédale d'accélérateur 27, ou encore mesurer la pression exercée par l'opérateur sur la pédale d'accélérateur 27. Le capteur de position 28 est connecté par liaison filaire ou sans fil à l'unité de commande 25 à laquelle il transmet les données qu'il acquiert. L'unité de commande corrèle les données de position de la pédale d'accélérateur 27 à un besoin de déplacement BD du véhicule de travail 1, par exemple un besoin de couple à appliquer aux roues motrices 8F et/ou 8R, un besoin de vitesse d'avancement du véhicule de travail 1 ou un besoin de puissance pour vaincre la résistance au déplacement du véhicule de travail 1.

25 **[0065]** En références aux figures 2 à 4, la commande de commutation 24 du dispositif de commutation 20 est connectée, par liaison filaire ou sans fil, à l'unité de commande 25, laquelle pilote la commutation manuelle de la cylindrée motrice spécifiée par l'opérateur.

30 **[0066]** En relation avec les figures 5 et 6, on décrit à présent le procédé de pilotage du dispositif de commutation 20 et du moteur électrique 9 par l'unité de commande 25.

35 **[0067]** La figure 5 illustre un profil de variation de la cylindrée moteur totale D_Σ en fonction de la vitesse d'avancement V du véhicule de travail 1.

[0068] La figure 6 est une représentation graphique de l'effort de traction 29 appliqué aux roues motrices 8F, 8R en fonction de la vitesse d'avancement V du véhicule de travail 1 sur sol S plat. La courbe 30 représente l'effort de traction 29 fourni par la chaîne cinématique hydrostatique lorsque le véhicule de travail 1 est entraîné en déplacement lent, soit à quatre roues motrices 8F, 8R. La courbe 31 représente ce même effort de traction 29 lorsque le véhicule de travail 1 est entraîné en déplacement rapide à deux roues motrices 8F.

En phase d'accélération

45 **[0069]** Le véhicule de travail 1 est initialement à l'arrêt. L'opérateur appuie sur la pédale d'accélérateur : l'effort de traction 29 développé par la chaîne cinématique hydrostatique est maximal, comme visible sur la courbe 30 de la figure 6. Le véhicule de travail 1 est entraîné en déplacement lent à la vitesse d'avancement V .

50 **[0070]** Tant que la vitesse d'avancement V est strictement inférieure à la vitesse de commutation V_C ($V < V_C$), l'unité de contrôle 25 pilote le dispositif de commutation 20 afin que le véhicule de travail 1 reste entraîné en déplacement lent, c'est-à-dire à quatre roues motrices 8F, 8R. Dans la plage de vitesses d'avancement V considérée, i.e. entre la vitesse d'avancement nulle et la vitesse de commutation V_C ($0 \leq V < V_C$), l'entraînement en déplacement à quatre roues motrices 8F, 8R du véhicule de travail 1 permet à la chaîne cinématique hydrostatique de développer les efforts de traction les plus importants.

55 **[0071]** Comme précédemment exposé, lorsque le véhicule de travail 1 est entraîné en déplacement à quatre roues motrices 8F, 8R, la cylindrée moteur totale D_Σ est égale à une valeur maximale $D_{\Sigma, \max}$ puisque tous les moteurs hydrostatiques, à savoir les moteurs hydrostatiques avant 13F et arrière 13R des unités d'entraînement avant 12F et arrière 12R sont alimentés en fluide hydraulique par la pompe hydrostatique 11.

[0072] Lorsque le véhicule de travail 1 atteint une vitesse d'avancement V égale à la vitesse de commutation V_C ($V = V_C$), l'unité de contrôle 25 pilote le dispositif de commutation 20 de sorte à commuter la cylindrée motrice de l'unité d'entraînement arrière 12R pour passer de l'entraînement en déplacement lent à quatre roues motrices 8F, 8R à l'entraînement en déplacement rapide à deux roues motrices 8F dans lequel seuls les moteurs hydrostatiques avant 13F sont alimentés en fluide hydraulique par la pompe hydrostatique 11. L'alimentation en fluide hydraulique des deux moteurs hydrostatiques arrière 13R par la pompe hydrostatique 11 étant coupée, la cylindrée moteur totale D_Σ chute brutalement à une valeur minimale $D_{\Sigma, \min}$ soit une variation de la cylindrée moteur totale D_Σ de

$$D_{\Sigma, \max} - D_{\Sigma, \min} = 2 \times D_m^{(f)}.$$

[0073] Pour compenser cette brutale variation de la cylindrée moteur totale D_Σ de sa valeur maximale $D_{\Sigma, \max}$ à sa valeur minimale $D_{\Sigma, \min}$, l'unité de contrôle 25 pilote le moteur électrique 9 pour réduire sa vitesse de rotation de sorte à absorber l'excès de débit en fluide hydraulique résultant de la déconnexion des moteurs hydrostatiques arrière 13R.

[0074] Au-delà de la vitesse de la vitesse de commutation V_C ($V \geq V_C$), l'unité de contrôle 25 pilote le dispositif de commutation pour que le véhicule de travail 1 soit entraîné en déplacement rapide à deux roues motrices 8F. La diminution de la cylindrée moteur totale D_Σ permet au véhicule de travail 1 d'accélérer pour atteindre la vitesse d'avancement maximale V_{\max} . Une telle vitesse ne pourrait pas être atteinte si l'entraînement en déplacement à quatre roues motrices 8F, 8R était sélectionné, comme visible en comparant les courbes 30 et 31 sur la figure 6.

En phase de décélération

[0075] Le véhicule de travail 1 est entraîné en déplacement à une vitesse d'avancement V supérieure ou égale à la vitesse de commutation V_C ($V \geq V_C$), c'est-à-dire à deux roues motrices 8F. Comme expliqué précédemment, la cylindrée moteur totale D_Σ est égale sa valeur minimale $D_{\Sigma, \min}$ puisque seuls les moteurs hydrostatiques avant 13F de l'unité d'entraînement avant 12F sont alimentés en fluide hydraulique par la pompe hydrostatique 11.

[0076] Ensuite, le véhicule de travail 1 décélère, par exemple parce que l'opérateur freine ou relâche la pédale d'accélérateur 27. La vitesse d'avancement V du véhicule de travail 1 diminue jusqu'à être égale à la vitesse de commutation V_C ($V = V_C$). L'unité de contrôle 25 pilote alors le dispositif de commutation 20 de sorte à commuter la cylindrée motrice de l'unité d'entraînement arrière 12F pour passer de l'entraînement en déplacement lent à l'entraînement en déplacement rapide dans lequel tous les moteurs hydrostatiques 13F, 13R sont alimentés en fluide hydraulique par la pompe hydrostatique 11. La cylindrée moteur totale D_Σ augmente alors brutalement de sa valeur minimale $D_{\Sigma, \min}$ à sa valeur maximale $D_{\Sigma, \max}$.

[0077] Pour compenser cette brutale variation de la cylindrée moteur totale D_Σ , l'unité de contrôle 25 pilote le moteur électrique 9 pour augmenter sa vitesse de rotation de sorte à fournir le débit en fluide hydraulique requis résultant du raccordement des moteurs hydrostatiques arrière 13F à la pompe hydrostatique 11.

[0078] En référence à la figure 6, pour un exemple de dimensionnement, un véhicule de travail 1 d'une masse de 5 tonnes équipés de roues motrices avant 8F et arrière 8R d'un rayon de 0.3 à 0.5 mètre entraînées en rotation par une chaîne cinématique hydrostatique fonctionnant sous une pression de service de 450 bars, constitué d'une pompe hydrostatique de cylindrée variant entre 0 cc et 70 cc connecté à deux moteurs hydrostatiques avant 13F et arrière 13R de cylindrée 688 cc/tr et 398 cc/tr, peut, dans une configuration à quatre roues motrices, développer un effort de traction de 3100 daN, mais atteint une vitesse maximale d'avancement V_{\max} de 14 km/h ; tandis que ce même véhicule, dans une configuration à deux roues motrices, ne peut développer un effort de traction que de 1700 daN, mais peut atteindre la vitesse maximale de 24 km/h.

[0079] La figure 7 montre un véhicule de travail 701 selon un deuxième mode de réalisation. La représentation est simplifiée ; en particulier, les composantes hydrauliques du circuit de gavage ne sont pas reprises. Les éléments analogues ou identiques à ceux du premier mode de réalisation, notamment illustrés aux figures 2 et 3, portent le même chiffre de référence augmenté de 700.

[0080] L'unité d'entraînement avant 712F (respectivement l'arrière 712R) comporte un pont de transmission avant 732F (respectivement arrière 732R) équipé d'une paire de roues motrices avant 708F (respectivement arrière 708R), et d'un moteur hydrostatique avant 713F (respectivement arrière 713R) couplé au pont de transmission avant 732F (respectivement arrière 732R). Les moteurs hydrostatiques avant 732F et arrière 732R sont montés en parallèle.

[0081] Le moteur hydrostatique avant 13F est à cylindrée fixe $D_m^{(f)}$ et le moteur hydrostatique arrière 13R est à cylindrée fixe $D_m^{(r)}$.

[0082] Dans ce deuxième mode de réalisation, le dispositif de commutation 720 comporte une unique électrovanne 721, interposée entre l'orifice de refoulement de la pompe hydrostatique 711 et l'orifice d'entrée du moteur hydrostatique arrière 713R.

[0083] L'entraînement en déplacement lent est à quatre roues motrices 708F, 708R, l'électrovanne 721 étant dans la

première position I de sorte que tous les moteurs hydrostatiques, avant 713F et arrière 713R, sont alimentés en fluide hydraulique par la pompe hydrostatique 711. La cylindrée moteur totale D_{Σ} est alors égale à sa valeur maximale $D_{\Sigma,max}$ telle que $D_{\Sigma,max} = D_m^{(f)} + D_m^{(r)}$.

[0084] L'entraînement en déplacement rapide est à deux roues motrices 708F, l'électrovanne 721 étant dans la deuxième position II de sorte que seul le moteur hydrostatique avant 713F est alimenté en fluide hydraulique par la pompe hydrostatique 711. La cylindrée moteur totale D_{Σ} est alors égale à sa valeur minimale D_m telle que $D_{\Sigma,min} = D_m^{(f)}$.

[0085] Le pilotage du dispositif de commutation 720 et de la vitesse de rotation du moteur électrique 709 par l'unité de commande 725 est identique à celui qui a été précédemment décrit. L'unité de commande 725 pilote, d'une part, le dispositif de commutation 720 de sorte à commuter la cylindrée motrice de l'unité d'entraînement arrière 712R variable en déplacement en fonction d'une vitesse de commutation V_C et pilote, d'autre part, le régime du moteur 709 en réponse à une commutation de ladite cylindrée motrice, générant une variation de la cylindrée moteur totale D_{Σ} entre sa valeur maximale $D_{\Sigma,max}$ et sa valeur minimale $D_{\Sigma,min}$.

[0086] Les mêmes observations que celles exposées pour le premier mode de réalisation s'imposent, étant précisé que la variation de la cylindrée moteur totale D_{Σ} correspond ici à la cylindrée $D_m^{(r)}$ du moteur hydrostatique arrière 713R

$$D_{\Sigma,max} - D_{\Sigma,min} = D_m^{(r)}.$$

[0087] La figure 8 montre un véhicule de travail 801 selon un troisième mode de réalisation. La représentation est simplifiée ; en particulier, les composantes hydrauliques du circuit de gavage ne sont pas reprises. Les éléments analogues ou identiques à ceux du premier mode de réalisation, notamment illustré aux figures 2 et 3, portent le même chiffre de référence augmenté de 800.

[0088] La chaîne cinématique hydrostatique est structurellement identique à celle du premier mode de réalisation illustrés aux figures 2 et 3, mais les moteurs hydrostatiques avant 813F et arrière 813R sont à double cylindrée.

[0089] Le dispositif de commutation 820 comporte des régulateurs de cylindrée 833F, 833R spécifiques configurés pour sélectivement commuter les moteurs hydrostatiques avant 813F, respectivement arrière 813R, dans une première cylindrée $D_{m1}^{(f)}$, respectivement $D_{m1}^{(r)}$, pour l'entraînement en déplacement rapide, et dans une deuxième cylindrée $D_{m2}^{(r)}$, respectivement $D_{m2}^{(f)}$, pour l'entraînement en déplacement lent du véhicule de travail 1. La première valeur de cylindrée $D_{m1}^{(f)}$, $D_{m1}^{(r)}$ est strictement inférieure à la deuxième valeur de cylindrée $D_{m2}^{(f)}$, $D_{m2}^{(r)}$.

[0090] Dans ce mode de réalisation, les unités d'entraînement avant 812F et arrière 812R sont des unités d'entraînement variables. La cylindrée motrice de l'unité d'entraînement avant 812F, respectivement arrière 812R ; varie entre une valeur minimale de $2 \times D_{m1}^{(r)}$, respectivement $2 \times D_{m1}^{(f)}$, et une valeur maximale de $2 \times D_{m2}^{(f)}$, respectivement $2 \times D_{m2}^{(r)}$.

[0091] L'entraînement en déplacement lent est un entraînement en déplacement à quatre roues motrices 808F, 808R dans lequel tous les moteurs hydrostatiques, avant 813F et arrière 813R, sont alimentés en fluide hydraulique par la pompe hydrostatique 811 dans leur deuxième cylindrée $D_{m2}^{(f)}$, $D_{m2}^{(r)}$. La cylindrée moteur totale D_{Σ} est alors égale à sa valeur maximale $D_{\Sigma,max}$ telle que $D_{\Sigma,max} = 2 \times D_{m2}^{(f)} + 2 \times D_{m2}^{(r)}$.

[0092] L'entraînement en déplacement rapide est également un entraînement en déplacement à quatre roues motrices 808F, 808R, mais dans lequel tous les moteurs hydrostatiques, avant 813F et arrière 813R, sont alimentés en fluide hydraulique par la pompe hydrostatique 811 dans leur première cylindrée $D_{m1}^{(f)}$, $D_{m1}^{(r)}$. La cylindrée moteur totale D_{Σ} est alors égale à sa valeur minimale $D_{\Sigma,min}$ telle que

$$D_{\Sigma,min} = 2 \times D_{m1}^{(f)} + 2 \times D_{m1}^{(r)}.$$

[0093] Le pilotage du dispositif de commutation 820 et de la vitesse de rotation du moteur électrique 809 par l'unité de commande 825 est similaire à celui qui a été précédemment décrit. L'unité de commande 825 pilote les régulateurs de cylindrées 833F, 833R de sorte à commuter simultanément les cylindrées motrices variables des unités d'entraînement avant 812F et arrière 812R afin que tous les moteurs hydrostatiques fonctionnent :

- dans leur première cylindrée $D_{m1}^{(f)}$, $D_{m1}^{(r)}$ lorsque la vitesse d'avancement V du véhicule de travail 1 est strictement inférieure à la vitesse de commutation V_C ($V < V_C$) ; ou bien
- dans leur deuxième cylindrée $D_{m2}^{(f)}$, $D_{m2}^{(r)}$ lorsque la vitesse d'avancement V du véhicule de travail 1 est supérieure ou égale à la vitesse de commutation V_C ($V_C \leq V$).

[0094] L'unité de commande 825 pilote également le régime du moteur 809 en réponse à une commutation des cylindrées motrices variables. La variation de la vitesse de rotation du moteur 809 permet de juguler la variation correspondante de la cylindrée moteur totale D_{Σ} entre sa valeur maximale $D_{\Sigma,max}$ et sa valeur minimale $D_{\Sigma,min}$. Dans

ce mode de réalisation, la variation de la cylindrée moteur totale D_{Σ} est égale à

$$D_{\Sigma, \max} - D_{\Sigma, \min} = 2 \times [(D_{m2}^{(f)} - D_{m1}^{(f)}) + (D_{m2}^{(r)} - D_{m1}^{(r)})].$$

5 **[0095]** Bien que l'invention ait été décrite en liaison avec plusieurs modes de réalisation particuliers, il est bien évident qu'elle n'y est nullement limitée et qu'elle comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci entrent dans le cadre de l'invention, lequel est défini par les revendications.

[0096] L'usage du verbe « comporter », « comprendre » ou « inclure » et de ses formes conjuguées n'exclut pas la présence d'autres éléments ou d'autres étapes que ceux énoncés dans une revendication.

10 **[0097]** Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne saurait être interprété comme une limitation de la revendication.

15 Revendications

1. Véhicule de travail (1, 701, 801) comportant :

- une source d'énergie électrique (10, 710, 810) ;
- une chaîne cinématique hydrostatique, la chaîne cinématique hydrostatique comportant

un moteur électrique (9, 709, 809) alimenté en énergie électrique par la source d'énergie électrique (10, 710, 810),

une pompe hydrostatique (11, 711, 811) entraînée par le moteur électrique, au moins deux unités d'entraînement (12F, 12R, 712F, 712R, 812F, 812R), chaque unité d'entraînement comportant au moins deux roues motrices (8F, 8R, 708F, 708R, 808F, 808R) et au moins un moteur hydrostatique (13F, 13R, 713F, 713R, 813F, 813R) permettant un entraînement en rotation des au moins deux roues motrices, une cylindrée motrice de l'unité d'entraînement étant égale à la cylindrée (D_m , D_{m1} , D_{m2}) du au moins un moteur hydrostatique alimenté en fluide hydraulique par ladite pompe hydrostatique, une cylindrée moteur totale (D_{Σ}) étant égale à une somme des cylindrées motrices des deux unités d'entraînement, **caractérisé en ce que** au moins une des deux unités d'entraînement étant configurée comme unité d'entraînement variable présentant une cylindrée motrice variable **et en ce que**

un dispositif de commutation (20, 720, 820) configuré pour commuter la ou les cylindrées motrices variables sélectivement entre au moins un entraînement en déplacement lent dans lequel la cylindrée moteur totale est égale à une première valeur ($D_{\Sigma, \max}$), et

un entraînement en déplacement rapide du véhicule de travail dans lequel la cylindrée moteur totale est égale à une deuxième valeur ($D_{\Sigma, \min}$), la première valeur ($D_{\Sigma, \max}$) étant strictement supérieure à la deuxième valeur ($D_{\Sigma, \min}$) ; **et en ce que**

- une unité de commande (25, 725, 825) configurée pour piloter une vitesse de rotation du moteur électrique de sorte que,

en réponse à une commutation de la cylindrée motrice pour passer de l'entraînement en déplacement rapide à l'entraînement en déplacement lent, augmenter la vitesse de rotation dudit moteur électrique de manière que la pompe hydrostatique fournit un débit en fluide hydraulique requis pour répondre à une augmentation de la cylindrée moteur totale, et

en réponse à la commutation de la cylindrée motrice pour passer de l'entraînement en déplacement lent à l'entraînement en déplacement rapide, réduire la vitesse de rotation dudit moteur électrique de manière que la pompe hydrostatique absorbe un excès de débit en fluide hydraulique résultant d'une diminution de la cylindrée moteur totale.

2. Véhicule de travail selon la revendication 1, comportant en outre un capteur de vitesse d'avancement (26) configuré pour mesurer une vitesse d'avancement (V) du véhicule de travail, et dans lequel l'unité de commande est configurée pour piloter de dispositif de commutation de sorte à commuter de la cylindrée motrice pour passer

de l'entraînement en déplacement lent à l'entraînement en déplacement rapide lorsque la vitesse d'avancement est supérieure ou égale à une vitesse de commutation (V_C), et de l'entraînement en déplacement rapide à l'entraînement en déplacement lent lorsque la vitesse d'avancement

est inférieure à la vitesse de commutation (V_C).

3. Véhicule de travail selon la revendication 2, comportant en outre un capteur de besoin en déplacement (28) configuré pour mesurer un besoin en déplacement (BD), et dans lequel ladite vitesse de commutation (V_C) est fonction de la vitesse d'avancement du véhicule de travail et du besoin en déplacement.
4. Véhicule de travail selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel le dispositif de commutation comporte une commande de commutation (24) permettant à un opérateur de commuter manuellement la cylindrée motrice.
5. Véhicule de travail selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel les deux unités d'entraînement comportent une unité d'entraînement avant (12F, 712F, 812F) comportant deux roues motrices avant (8F, 708F, 808F) et au moins un moteur hydrostatique avant (13F, 713F, 813F), et une unité d'entraînement arrière (12R, 712R, 812R) comportant deux roues motrices arrière (8R, 708R, 808R) et au moins un moteur hydrostatique arrière (13R, 713R, 813R), les moteurs hydrostatiques avant et arrière étant reliés les uns aux autres en parallèle.
6. Véhicule de travail selon la revendication 5, dans lequel au moins une parmi l'unité d'entraînement avant (712F) et l'unité d'entraînement arrière (712R) comporte un pont de transmission (732F, 732R) équipé d'une paire de roues motrices (708F, 708R) et un moteur hydrostatique (713F, 713R) couplé aux deux roues motrices.
7. Véhicule de travail selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel le dispositif de commutation comporte un ensemble de valves (21, 721, 821) configuré pour sélectivement permettre l'alimentation en fluide hydraulique d'une dite unité d'entraînement variable par la pompe hydrostatique pour l'entraînement en déplacement lent et pour empêcher l'alimentation en fluide hydraulique de ladite unité d'entraînement variable par la pompe hydrostatique pour l'entraînement en déplacement rapide.
8. Véhicule de travail selon la revendication 7 prise en combinaison avec la revendication 5 ou 6, dans lequel l'une parmi l'unité d'entraînement arrière et l'unité d'entraînement avant est configurée comme unité d'entraînement variable et dans lequel l'entraînement en déplacement lent est à quatre roues motrices, avant et arrière, et l'entraînement en déplacement rapide est à deux roues motrices, avant ou arrière.
9. Véhicule de travail selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel dans lequel ledit ou chaque moteur hydrostatique d'une dite unité d'entraînement variable est à cylindrée constante.
10. Véhicule de travail selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel une dite unité d'entraînement variable comporte un moteur hydrostatique à double cylindrée, et dans lequel le dispositif de commutation est configuré pour sélectivement commuter le moteur hydrostatique à double cylindrée dans une première cylindrée pour l'entraînement en déplacement rapide et dans une deuxième cylindrée strictement supérieure à la première cylindrée pour l'entraînement en déplacement lent.
11. Véhicule de travail selon la revendication 10, dans lequel le moteur hydrostatique à double cylindrée ne présente pas une cylindrée continûment variable.

Patentansprüche

1. Arbeitsfahrzeug (1, 701, 801), umfassend:

- eine elektrische Energiequelle (10, 710, 810);
- einen hydrostatischen Antriebsstrang, der umfasst:

einen Elektromotor (9, 709, 809), der durch die elektrische Energiequelle (10, 710, 810) mit Energie versorgt wird,

eine hydrostatische Pumpe (11, 711, 811), die durch den Elektromotor angetrieben wird,

mindestens zwei Antriebseinheiten (12F, 12R, 712F, 712R, 812F, 812R), deren jede mindestens zwei Antriebsräder (8F, 8R, 708F, 708R, 808F, 808R) und mindestens einen hydrostatischen Motor (13F, 13R, 713F, 713R, 813F, 813R) umfasst, der einen Drehantrieb der wenigstens zwei Antriebsräder ermöglicht, wobei ein Antriebshubraum der Antriebseinheit gleich dem Hubraum (D_m, D_{m1}, D_{m2}) des mindestens einen hydrostatischen Motors ist, der durch die hydrostatische Pumpe mit Hydraulikfluid versorgt wird,

wobei ein Gesamtmotorhubraum (D_{Σ}) gleich einer Summe der Antriebshubräume der beiden Antriebseinheiten ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

mindestens eine der beiden Antriebseinheiten als variable Antriebseinheit mit einem variablen Antriebshubraum ausgebildet ist und dass

eine Schalteinrichtung (20, 720, 820) so konfiguriert ist, dass sie den variablen Antriebshubraum oder die variablen Antriebshubräume selektiv umschaltet zwischen zumindest einem Antrieb für langsame Bewegung, bei dem der gesamte Motorhubraum gleich einem ersten Wert ($D_{\Sigma,max}$) ist, und einem Antrieb für eine schnelle Bewegung des Arbeitsfahrzeugs, bei dem der Gesamtmotorhubraum gleich einem zweiten Wert ($D_{\Sigma,min}$) ist, wobei der erste Wert ($D_{\Sigma,max}$) strikt größer ist als der zweite Wert ($D_{\Sigma,min}$); und

- eine Steuereinheit (25, 725, 825), die dazu eingerichtet ist, eine Drehzahl des Elektromotors derart zu steuern, dass

in Reaktion auf ein Umschalten des Antriebshubraums zum Wechseln von einem Antrieb für schnelle Bewegung zu einem Antrieb für langsame Bewegung die Drehzahl des Elektromotors so erhöht wird, dass die hydrostatische Pumpe einen Durchfluss an Hydraulikflüssigkeit liefert, der erforderlich ist, um auf eine Erhöhung des Gesamtmotorhubraums zu reagieren, und

in Reaktion auf das Umschalten des Antriebshubraums zum Wechseln von einem Antrieb für langsame Bewegung zu einem Antrieb für schnelle Bewegung die Drehzahl des Elektromotors so verringert wird, dass die hydrostatische Pumpe einen überschüssigen Hydraulikfluidstrom absorbiert, der aus einer Verringerung des Gesamtmotorhubraums resultiert.

2. Arbeitsfahrzeug nach Anspruch 1, ferner umfassend einen Fahrgeschwindigkeitssensor (26), der dazu eingerichtet ist, eine Fahrgeschwindigkeit (V) des Arbeitsfahrzeugs zu messen, wobei die Steuereinheit dazu eingerichtet ist, die Schalteinrichtung derart zu steuern, dass der Antriebshubraum geschaltet wird zum Wechseln

von dem Antrieb für langsame Bewegung zu dem Antrieb für schnelle Bewegung, wenn die Fahrgeschwindigkeit größer oder gleich einer Schaltgeschwindigkeit (V_c) ist, und von dem Antrieb für schnelle Bewegung zu dem Antrieb für langsame Bewegung, wenn die Fahrgeschwindigkeit kleiner ist als die Schaltgeschwindigkeit (V_c).

3. Arbeitsfahrzeug nach Anspruch 2, ferner umfassend einen Fahrbedarfssensor (28), der zum Messen eines Fahrbedarfs konfiguriert ist, wobei die Schaltgeschwindigkeit (V_c) eine Funktion der Fahrgeschwindigkeit des Arbeitsfahrzeugs und des Fahrbedarfs ist.

4. Arbeitsfahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Schalteinrichtung einen Schaltbefehl (24) umfasst, der einer Bedienungsperson ein manuelles Umschalten des Antriebshubraums erlaubt.

5. Arbeitsfahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die beiden Antriebseinheiten eine vordere Antriebseinheit (12F, 712F, 812F) mit zwei vorderen Antriebsrädern (8F, 708F, 808F) und mindestens einem vorderen hydrostatischen Motor (13F, 713F, 813F) und eine hintere Antriebseinheit (12R, 712R, 812R) mit zwei hinteren Antriebsrädern (8R, 708R, 808R) und mindestens einem hinteren Antriebsmotor (13R, 713R, 813R) aufweisen, wobei der vordere und der hintere hydrostatische Motor miteinander parallelgeschaltet sind.

6. Arbeitsfahrzeug nach Anspruch 5, wobei mindestens eine der vorderen Antriebseinheit (712F) und der hinteren Antriebseinheit (712R) eine Übertragungsbrücke (732F, 732R) aufweist, die mit einem Antriebsräderpaar (708F, 708R) und einem hydrostatischen Motor (713F, 713R) ausgestattet ist, der mit den beiden Antriebsrädern verbunden ist.

7. Arbeitsfahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Schalteinrichtung eine Ventilanordnung (21, 721, 821) umfasst, die dazu eingerichtet ist, selektiv die Zufuhr von Hydraulikfluid zu einer betreffenden variablen Antriebseinheit durch die hydrostatische Pumpe für den Antrieb für langsame Bewegung zu ermöglichen und die Zufuhr von Hydraulikfluid zu dieser variablen Antriebseinheit durch die hydrostatische Pumpe für den Antrieb für schnelle Bewegung zu verhindern.

8. Arbeitsfahrzeug nach Anspruch 7, in Kombination mit Anspruch 5 oder 6, wobei eine der hinteren Antriebseinheit und

der vorderen Antriebseinheit als variable Antriebseinheit ausgebildet ist und wobei der Antrieb für langsame Bewegung mit vier Antriebsrädern, nämlich den vorderen und den hinteren, und der Antrieb für schnelle Bewegung mit zwei Antriebsrädern, nämlich den vorderen oder den hinteren, erfolgt.

- 5 9. Arbeitsfahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der oder jeder hydrostatische Motor einer betreffenden variablen Antriebseinheit einen konstanten Hubraum aufweist.
- 10 10. Arbeitsfahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei eine betreffende variable Antriebseinheit einen hydrostatischen Motor mit doppeltem Hubraum umfasst und wobei die Schalteinrichtung eingerichtet ist zum selektiven Umschalten des hydrostatischen Motors mit doppeltem Hubraum in einen ersten Hubraum für den Antrieb für schnelle Bewegung und in einen zweiten Hubraum, der strikt größer ist als der erste Hubraum, für den Antrieb für langsame Bewegung.
- 15 11. Arbeitsfahrzeug nach Anspruch 10, wobei der hydrostatische Motor mit doppeltem Hubraum keinen kontinuierlich veränderlichen Hubraum aufweist.

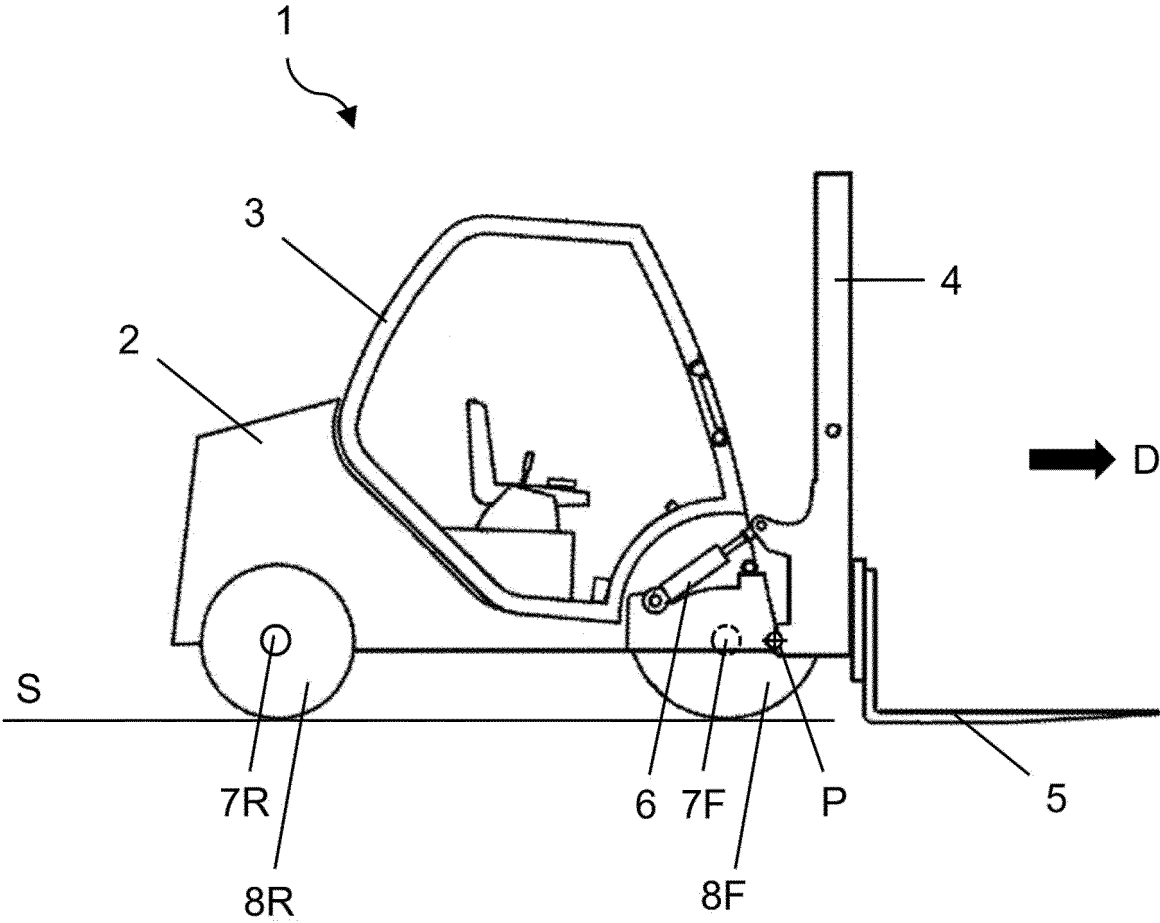
Claims

- 20 1. Working vehicle (1, 701, 801) comprising:
- an electrical energy source (10, 710, 810);
 - a hydrostatic kinematic chain, the hydrostatic kinematic chain comprising an electric motor (9, 709, 809) supplied with electrical energy by the electrical energy source (10, 710, 810), a hydrostatic pump (11, 711, 811) driven by the electric motor,
 - 25 at least two drive units (12F, 12R, 712F, 712R, 812F, 812R), each drive unit comprising at least two drive wheels (8F, 8R, 708F, 708R, 808F, 808R), and at least one hydrostatic motor (13F, 13R, 713F, 713R, 813F, 813R) enabling a rotation of the at least two drive wheels, a drive displacement of the drive unit being equal to the displacement (D_m, D_{m1}, D_{m2}) of the at least one hydrostatic motor supplied with hydraulic fluid by said hydrostatic pump,
 - 30 a total motor displacement (D_Σ) being equal to a sum of the drive displacements of the two drive units, **characterised in that** at least one of the two drive units being configured as a variable drive unit having a variable drive displacement and **in that**
 - 35 a switching device (20, 720, 820) configured to switch the variable drive displacements selectively between at least one slow movement in which the total motor displacement is equal to a first value ($D_{\Sigma,max}$), and a rapid movement of the working vehicle in which the total motor displacement is equal to a second value ($D_{\Sigma,min}$), the first value ($D_{\Sigma,max}$) being strictly greater than the second value ($D_{\Sigma,min}$); and **in that**
 - 40 - a control unit (25, 725, 825) configured to control a rotation speed of the electric motor, such that,
 - in response to a switching of the drive displacement to pass from the rapid movement to the slow movement, increasing the rotation speed of said electric motor, such that the hydrostatic pump provides a flow rate of hydraulic fluid required to respond to an increase of the total motor displacement, and
 - 45 in response to the switching of the drive displacement to pass from the slow movement to the rapid movement, reducing the rotation speed of said electric motor, such that the hydrostatic pump absorbs an excess flow rate of hydraulic fluid resulting from a decrease of the total motor displacement.
- 50 2. Working vehicle according to claim 1, further comprising a forward speed sensor (26) configured to measure a forward speed (V) of the working vehicle, and in which the control unit is configured to control the switching device, so as to switch the drive displacement to pass
- from the slow movement to the rapid movement, when the forward speed is greater than or equal to a switching speed (V_c), and
 - 55 from the rapid movement to the slow movement, when the forward speed is less than the switching speed (V_c).
3. Working vehicle according to claim 2, further comprising a movement need sensor (28) configured to measure a movement need (BD), and in which said switching speed (V_c) is according to the forward speed of the working vehicle and of the movement need.

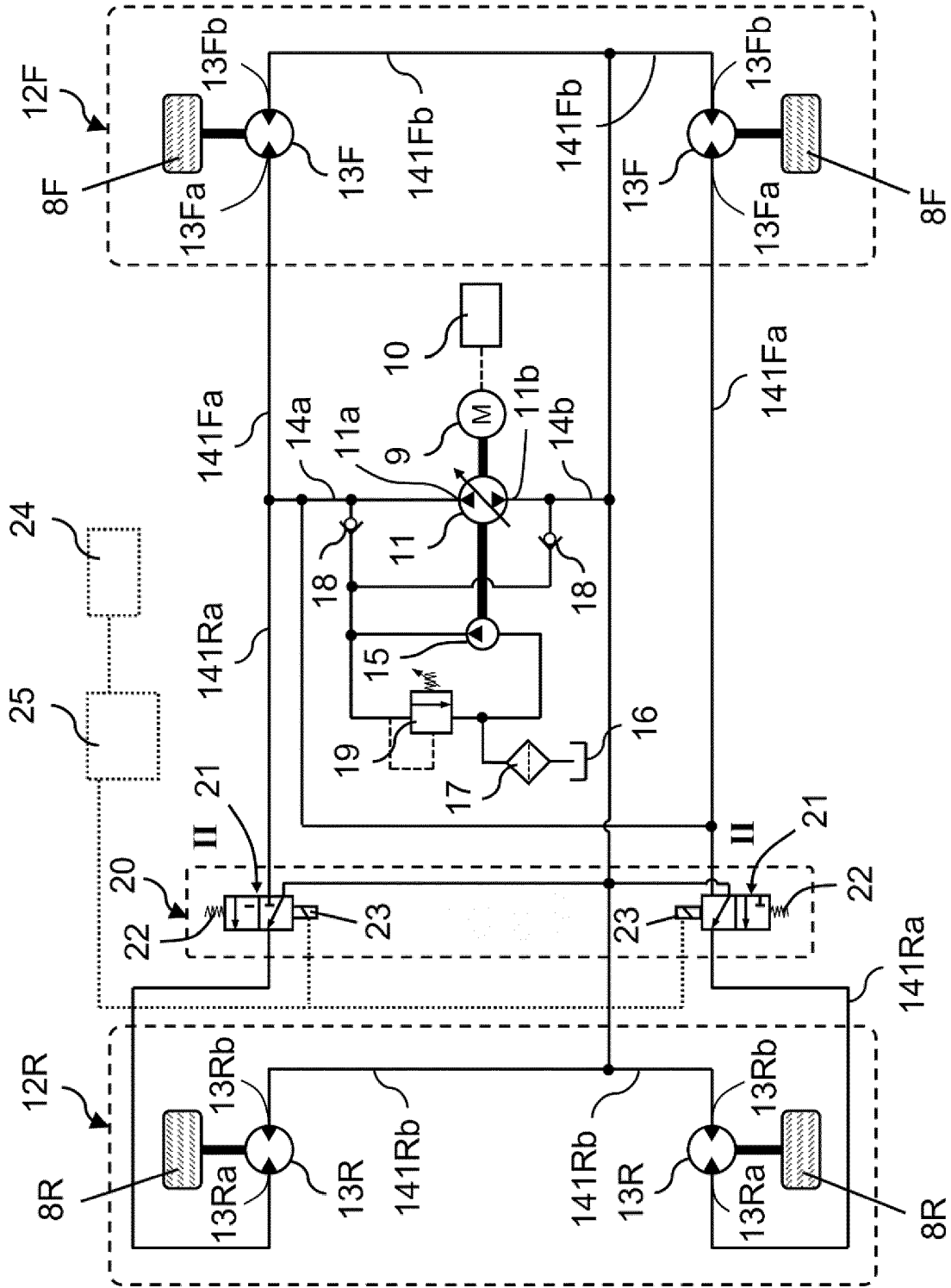
EP 4 389 687 B1

4. Working vehicle according to any one of claims 1 to 3, wherein the switching device comprises a switching control (24) making it possible for an operator to manually switch the drive displacement.
5. Working vehicle according to any one of claims 1 to 4, wherein the two drive units comprise a front drive unit (12F, 712F, 812F) comprising two front drive wheels (8F, 708F, 808F) and at least one front hydrostatic motor (13F, 713F, 813F), and a rear drive unit (12R, 712R, 812R) comprising two rear drive wheels (8R, 708R, 808R) and at least one rear hydrostatic motor (13R, 713R, 813R), the front and rear hydrostatic motors being connected to one another in parallel.
6. Working vehicle according to claim 5, wherein at least one from among the front drive unit (712F) and the rear drive unit (712R) comprises a transmission bridge (732F, 732R) equipped with a pair of drive wheels (708F, 708R) and a hydrostatic motor (713F, 713R) coupled with the two drive wheels.
7. Working vehicle according to any one of claims 1 to 6, wherein the switching device comprises a set of valves (21, 721, 821) configured to selectively enable the supply of hydraulic fluid from a said variable drive unit by the hydrostatic pump for the slow movement and to prevent the supply of hydraulic fluid from said variable drive unit by the hydrostatic pump for the rapid movement.
8. Working vehicle according to claim 7, combined with claim 5 or 6, wherein one from among the rear drive unit and the front drive unit is configured as a variable drive unit and wherein the slow movement is with four drive wheels, front and rear, and the rapid movement is with two drive wheels, front or rear.
9. Working vehicle according to any one of claims 1 to 8, wherein said or each hydrostatic motor of a said variable drive unit is with constant displacement.
10. Working vehicle according to any one of claims 1 to 9, wherein a said variable drive unit comprises a double displacement hydrostatic motor, and wherein the switching device is configured to selectively switch the double displacement hydrostatic motor in a first displacement for the rapid movement and in a second displacement strictly greater than the first displacement for the slow movement.
11. Working vehicle according to claim 10, wherein the double displacement hydrostatic motor does not have a continuously variable displacement.

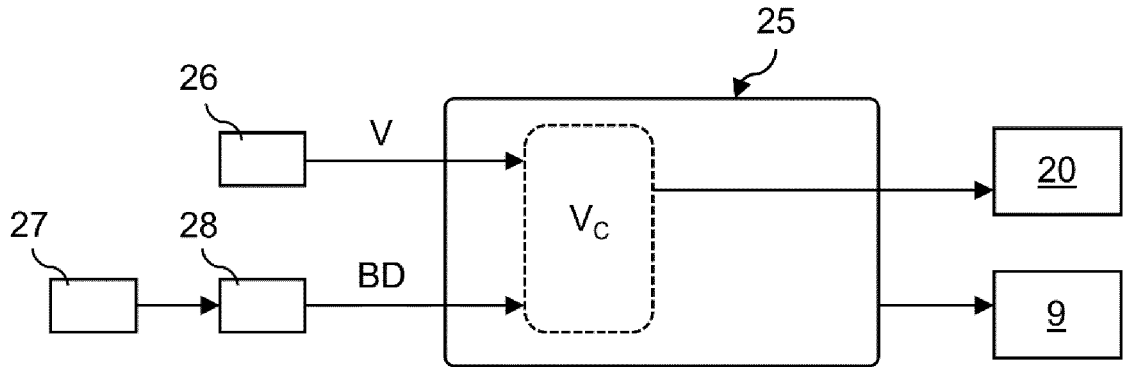
[Fig. 1]



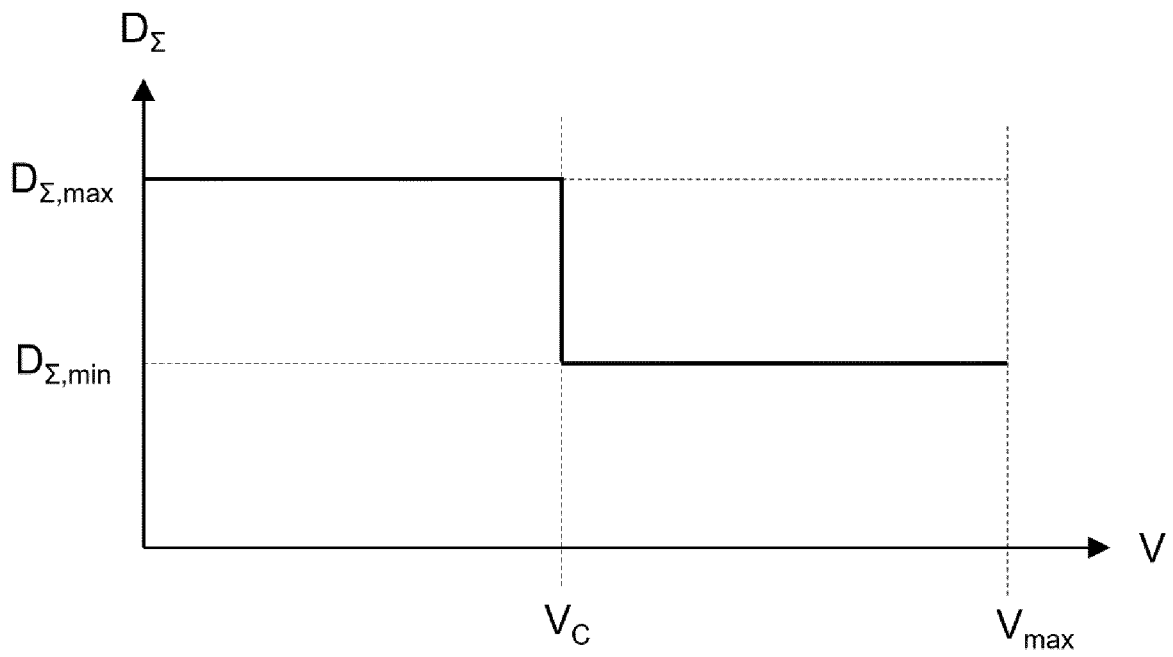
[Fig. 3]



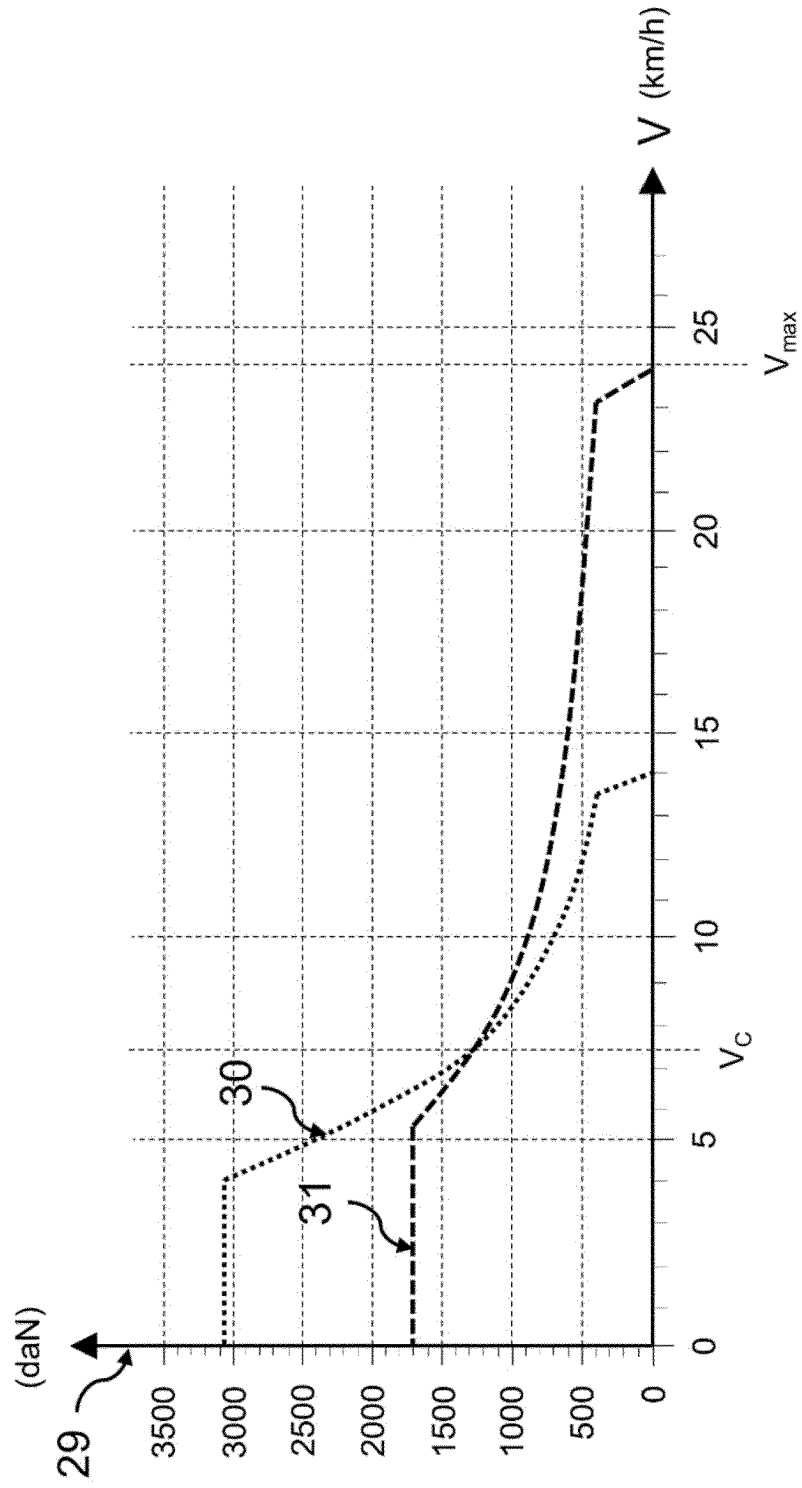
[Fig. 4]



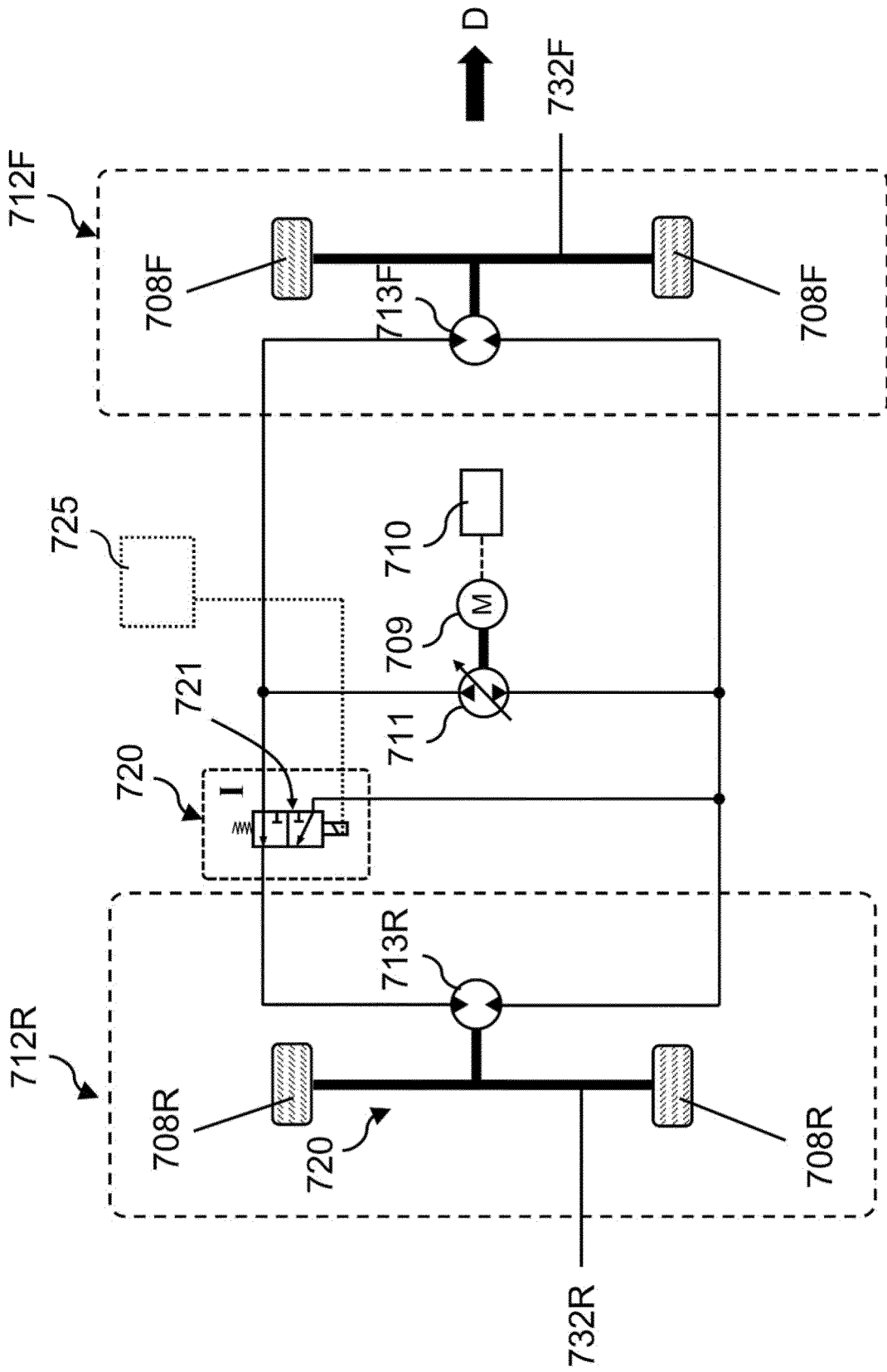
[Fig. 5]



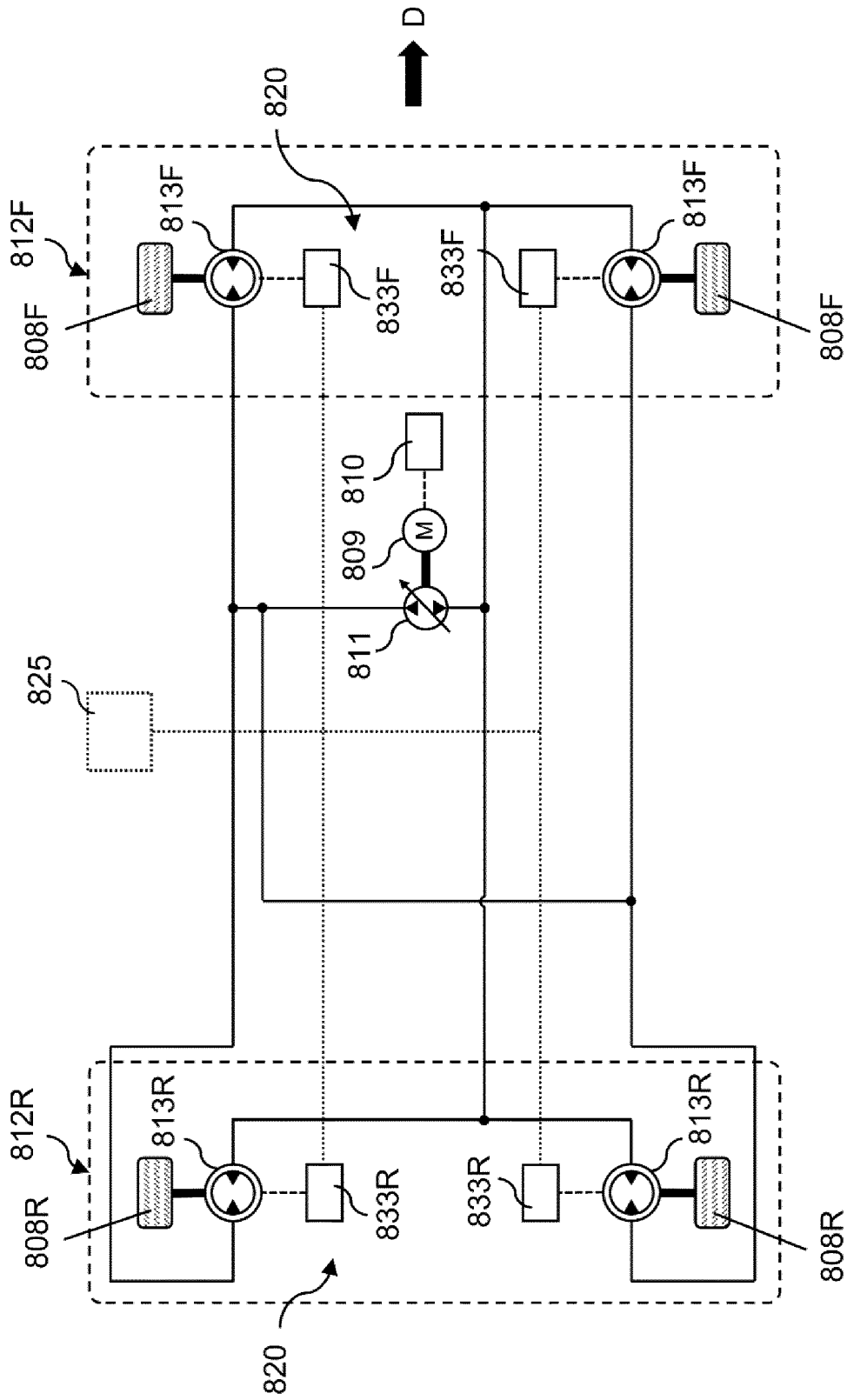
[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 8]



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 2012023924 A1 [0005]