



Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ FASCICULE DU BREVET A5

617 543

②1 Numéro de la demande: 7985/77

②3 Titulaire(s):
Hydro-Québec, Montréal/Québec (CA)

②2 Date de dépôt: 29.06.1977

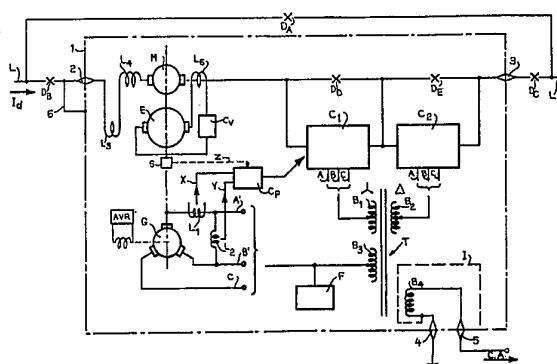
②2 Inventeur(s):
John P. Bowles, St. Bruno/Québec (CA)

②4 Brevet délivré le: 30.05.1980

②4 Mandataire:
Moinas & Cie, Genève

⑤4 Installation d'alimentation d'une charge en courant alternatif à partir d'une ligne à haute tension continue.

⑤7 Cette installation est reliée en série avec une ligne de transport (L) à haute tension continue et comporte des moyens de prélèvement et de conversion (C_1 , C_2 , T) de la haute tension continue en puissance active sous forme de tension alternative et des moyens (M, G) générateurs de puissance réactive, reliés à ladite ligne de transport pour alimenter lesdits moyens de prélèvement et de conversion et ladite charge en puissance réactive. Des moyens de commande (C_p) sont reliés auxdits moyens de prélèvement et de conversion ainsi qu'auxdits moyens générateurs et assurent que la charge soit alimentée en puissance active par les seuls moyens de prélèvement et de conversion. Ceux-ci comportent deux ponts inverseurs (C_1 , C_2) et un circuit de couplage comprenant un transformateur (T). Les moyens générateurs de puissance réactive comprennent un moteur (M) et une génératrice (G). Les moyens de commande comportent un circuit comparateur (C_p) de signaux (Z) représentatifs de la vitesse de rotation de l'ensemble moteur-générateur et de signaux (X, Y) représentatifs de la puissance délivrée par la génératrice. Les différentes parties de l'installation sont disposées dans une enceinte métallique (1) maintenue à la haute tension de la ligne de transport.



REVENDICATIONS

1. Installation d'alimentation d'une charge en courant alternatif à partir d'une ligne de transport d'énergie électrique à haute tension continue, caractérisée par le fait qu'elle est reliée en série avec ladite ligne de transport (L), et comporte des moyens (C_1, C_2, T) de prélèvement et de conversion de la haute tension continue en puissance active sous forme de tension alternative, des moyens (M, G) générateurs de puissance réactive, reliés à ladite ligne de transport, pour fournir auxdits moyens de prélèvement et de conversion et à ladite charge la puissance réactive demandée, et des moyens de commande (C_p) reliés auxdits moyens de prélèvement et de conversion ainsi qu'auxdits moyens générateurs pour assurer que l'alimentation, en ladite puissance active, de ladite charge soit effectuée, par les seuls dits moyens de prélèvement et de conversion.

2. Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce que lesdits moyens de prélèvement et de conversion comportent au moins un pont inverseur (C_1 ou C_2) et un circuit de couplage (T) qui relie entre eux ledit au moins un pont inverseur, lesdits moyens générateurs et ladite charge.

3. Installation selon les revendications 1 et 2, caractérisée par le fait qu'elle comporte deux ponts inverseurs (C_1, C_2) reliés en série, ces ponts étant connectés respectivement audit circuit de couplage (T) à l'aide d'un enroulement en triangle (B_2) et d'un enroulement en étoile (B_1), alors que lesdits moyens générateurs de puissance réactive sont reliés au circuit de couplage par un enroulement (B_3) soit en étoile, soit en triangle.

4. Installation selon les revendications 1, 2 et 3 caractérisée ce que le circuit de couplage (T) comporte un enroulement secondaire (B_4) relié à la charge de sortie, et que cet enroulement secondaire est isolé électriquement au moyen d'un écran (I) de protection contre les perturbations arrivant de la ligne à courant continu, une des bornes (4) de l'enroulement secondaire et l'écran (I) étant mis à la terre.

5. Installation selon l'une des revendications 2 à 4, caractérisée en ce que ledit circuit de couplage (T) comprend un transformateur.

6. Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce que lesdits moyens générateurs de puissance réactive comprennent un ensemble moteur (M)-génératrice (G).

7. Installation selon les revendications 1 et 6, caractérisée en ce que ledit moteur (M) de l'ensemble est un moteur à courant continu tournant à vitesse constante et monté en série avec ladite ligne (L) de transport à courant continu, une unité excitatrice (E) reliée à un circuit de commande de vitesse (C_v) assurant la rotation du moteur à ladite vitesse constante.

8. Installation selon les revendications 1 et 6, caractérisée en ce que la génératrice dudit ensemble comporte un circuit régulateur de tension automatique (AVR) pour maintenir nulle la puissance active normalement générée par la génératrice.

9. Installation selon l'une des revendications 6 à 8, caractérisée en ce qu'un circuit (F) de filtration d'harmoniques générées par lesdits moyens de prélèvement et de conversion est branché sur la sortie de ladite génératrice (G).

10. Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce que lesdits moyens générateurs de puissance réactive comportent un ensemble moteur (M)-génératrice (G) à vitesse constante et en ce que lesdits moyens de commande comportent un circuit comparateur (C_p) de signaux représentatifs de la vitesse de rotation dudit ensemble moteur (M)-génératrice (G) et de signaux représentatifs de la puissance délivrée par la génératrice (G), ledit circuit comparateur (C_p) émettant des impulsions pour la commande sélective de chaque élément de commutation constituant lesdits moyens de prélèvement et de conversion.

11. Installation selon les revendications 1 et 10, caractérisée ce qu'un circuit de mesure de la puissance de sortie (7) de la génératrice est relié à un circuit intégrateur (8) pour alimenter

un comparateur (9) en lesdits signaux représentatifs de ladite puissance.

12. Installation selon l'une des revendications 10 et 11, caractérisée en ce qu'un dispositif tachymétrique (10) mesure la vitesse de rotation de l'ensemble moteur (M)-génératrice (G) et est relié à un circuit générateur de dents de scie (11) pour l'alimentation dudit comparateur (9) en signaux représentatifs de ladite vitesse de rotation.

13. Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend une enceinte métallique (1), cette enceinte étant maintenue à la haute tension continue de ladite ligne de transport.

La présente invention a pour but de prélever de l'énergie transportée par une ligne électrique à haute tension continue et de la transformer en énergie à courant alternatif destinée à alimenter une charge, et plus particulièrement de permettre de prélever une quantité donnée d'énergie de ladite ligne de transport à haute tension continue et de la transformer en puissance complexe, l'ensemble de l'installation considérée étant montée en série sur la ligne à haute tension continue précitée.

Par puissance complexe, on entend une puissance proportionnelle à la somme des puissances active et réactive fournies à une charge électrique, en régime sinusoïdal.

Il n'existe présentement aucun mode de réalisation pratique d'installations pouvant servir de poste intermédiaire, le long d'une ligne de transport à courant continu, permettant de prélever et de convertir de l'énergie transportée par cette ligne en puissance directement utilisable par un appareillage fonctionnant sur courant alternatif.

La présente invention préconise une telle installation, qui est montée en série sur la ligne de transport d'énergie à haute tension continue, et qui permet le prélèvement d'une faible ou d'une forte proportion de cette énergie et sa conversion en tension alternative pour utilisation locale, les éléments constituant cette installation étant alors à une tension proportionnelle à la puissance prélevée de la ligne de transport.

Suivant la présente invention, l'installation préconisée est caractérisée en ce qu'elle est branchée en série avec la ligne de transport et comporte des moyens de prélèvement et de conversion de l'énergie transportée par cette ligne en puissance active sous forme de tension alternative des moyens générateurs de puissance réactive, reliés à ladite ligne de transport, pour fournir la puissance réactive demandée aux dits moyens de prélèvement et de conversion et à ladite charge, et des moyens de commande reliés auxdits moyens de prélèvement et de conversion et auxdits moyens générateurs pour assurer que l'alimentation, en ladite puissance active, de ladite charge soit effectuée par les seuls dits moyens de prélèvement et de conversion.

Un mode de réalisation préféré de l'objet de la présente invention est décrit ci-après avec référence aux dessins annexés, dans lesquels:

La fig. 1 illustre une installation de prélèvement montée en série sur une ligne de transport d'énergie à haute tension continue; et

la fig. 2, schématiquement, un ensemble de commande des ponts de conversion employés dans l'installation selon la fig. 1.

Se référant à la fig. 1, l'ensemble de l'installation de prélèvement est contenu dans une enceinte métallique 1, qui est maintenue à la tension de la ligne de transport à haute tension continue L au moyen du conducteur électrique 6. L'installation de prélèvement est branchée directement en série sur la ligne de transport L à l'aide des connecteurs 2 et 3, alors que le raccordement de la sortie, fourni par la tension alternative, se fait par

les connecteurs 4 et 5, le connecteur 4 assurant la mise à la terre. En conséquence, il est à noter que le montage de cette installation de prélèvement est relativement simple et peu complexe et peut être effectué en un temps relativement court.

Mentionnons que les disjoncteurs D_A , D_B et D_C permettent, selon qu'ils sont ouverts ou fermés, d'alimenter directement l'installation de prélèvement, ou encore de la court-circuiter, ce qui assure une continuité de fourniture d'énergie en haute tension continue le long de la ligne de transport lorsqu'une ou plusieurs de ces installations montées en série sur cette ligne ne sont pas utilisées.

L'installation elle-même peut être divisée en deux ensembles opérationnels: le premier ayant pour but de prélever de l'énergie de la ligne de transport L et de la convertir en tension alternative, le second comportant des éléments de génération de la puissance réactive nécessaire au bon fonctionnement de l'installation.

Les convertisseurs C_1 et C_2 , montés en série, ont pour fonction de prélever une fraction ou la totalité de l'énergie transportée par la ligne à haute tension continue et de la transformer en puissance active. Ces convertisseurs sont de fait des ponts de conversion conventionnels, de type Graetz, qui opèrent en onduleurs et qui sont constitués soit de thyristors ou de lampes-à-arc au mercure. Un agencement de ces ponts de conversion C_1 et C_2 est décrit, par exemple, dans la publication «Control Systems for H.V.D.C. Transmission» par J.P. Bowles, CEA, Mars 1971. Les tensions triphasées A, B, C produites à la sortie de chacun de ces ponts alimentent respectivement les enroulements en étoile B_1 et en triangle B_2 d'un circuit de couplage T, comprenant un transformateur, dont l'enroulement secondaire B_4 , en étoile ou en triangle, fournit de la puissance utile.

En plus de la puissance active fournie à la charge branchée sur la sortie de l'installation, il faut fournir également de la puissance réactive, laquelle est générée par une génératrice G dont les tensions triphasées de sortie A', B', C' alimentent les enroulements B_3 montés soit en étoile, soit en triangle, du circuit de couplage T. La génératrice G est entraînée mécaniquement par un moteur à courant continu M, de type à traction conventionnel; ce moteur M est monté en série sur la ligne de transport L. En régime permanent, le moteur M fonctionne à vitesse constante et cette vitesse est ajustée de façon très précise à l'aide d'une excitatrice E reliée à un circuit de commande de vitesse C_V . Les bobines de châssis L_3 , L_4 et L_5 assurent la constance de la vitesse du moteur M, indépendamment de l'intensité du courant continu circulant dans la ligne de transport. En outre, il est prévu de régulariser les tensions de sortie de la génératrice G à l'aide d'un régulateur automatique de tension AVR pour garder ces tensions constantes, ce qui se traduit de la part de la génératrice, par génération d'une puissance active presque nulle.

En plus de fournir la puissance réactive demandée par la charge de sortie et les ponts de conversion C_1 et C_2 , la génératrice G est utilisée pour commander l'angle d'amorçage des éléments de commutation constituant chacun de ces ponts de conversion, ceci afin de contrôler avec précision le degré de prélèvement de puissance de la ligne de transport L en fonction de celle requise par la charge de sortie. Cette commande s'effectue à l'aide d'un circuit comparateur de commande C_p , décrit plus loin, dont les entrées X, Y et Z sont reliées, d'une part, aux capteurs de courant et de tension L_1 et L_2 , respectivement, fournissant une mesure de la puissance active de sortie de la génératrice, et, d'autre part, à un capteur S qui fournit une mesure de la vitesse de rotation de la génératrice. Par ce moyen, toute augmentation ou diminution de demande de puissance active par la charge se traduit par une variation proportionnelle de l'angle d'amorçage des ponts de conversion C_1 et C_2 par le

circuit comparateur C_p . Ce circuit comparateur C_p est représenté à la fig. 2 et sera décrit plus loin.

Il est important de noter ici que l'installation fonctionne de façon tout-à-fait adéquate, même si un seul pont de conversion, soit C_1 , soit C_2 , est utilisé. Le présent mode de réalisation préconise l'utilisation de deux ponts de conversion dans le seul but de diminuer de façon sensible les harmoniques générées par ceux-ci, les sorties des ponts étant montées en triangle et en étoile sur le circuit de couplage T. En tout état de cause, un filtre F est prévu à la sortie de la génératrice G pour éliminer les harmoniques engendrées par les convertisseurs utilisés.

En ce qui concerne la génératrice G, il est à préciser que celle-ci n'est employé que pour fournir les volts-ampères réactifs requis par la charge de sortie et les convertisseurs, et non de la puissance active. Si, par exemple, davantage de puissance active était requise, comme suite à une demande accrue de la part de la charge de sortie, un ajustement de l'angle d'amorçage des convertisseurs serait aussitôt effectué par le circuit comparateur C_p à travers les capteurs L_1 , L_2 et S, en sorte que ce soient les convertisseurs seuls qui fournissent la puissance active requise, réduisant ainsi à zéro la puissance active de sortie de la génératrice G.

Il est à noter que tous les éléments constituant l'installation sont sous une tension qui est proportionnelle à la puissance prélevée de la ligne de transport à courant continu. Seul l'enroulement B_4 au secondaire du circuit de couplage T est mis à la terre, et un écran isolant I sert à protéger l'enroulement B_4 de sorties des perturbations impulsionales arrivant de la ligne à courant continu.

L'installation de prélèvement décrite ci-dessus permettrait de prélever une énergie d'environ 7 MW d'une ligne de transport d'énergie haute tension continue de l'ordre de 500 kV où circule un courant d'environ 500 A. Dans ce cas, la chute de potentiel à travers les convertisseurs C_1 et C_2 est de l'ordre de 14 kV, soit 7 kV pour chacun des ponts de conversion. Ce qui signifie que cet appareillage fonctionne à une tension relativement basse, ne requérant que l'utilisation de six thyristors en série par convertisseur. La puissance réactive générée par la génératrice G est de l'ordre de 3 à 4 MVAR lorsque celle-ci possède un enroulement opérant à 4 kV, soit approximativement la moitié de la tension soutirée par chacun des convertisseurs. D'autre part, le moteur de traction à courant continu M possède, en régime normal, une puissance de l'ordre de 10% de celle de l'installation, pour de bonnes conditions d'accélération, ce qui représente une puissance d'environ 0,4 MW à 500 A, soit une chute de potentiel d'environ 900 V à travers le moteur.

Dans ces conditions, la puissance de sortie de l'installation se chiffre à environ 7 MW.

Pour mettre l'installation de prélèvement en service, il suffit de fermer d'abord les disjoncteurs D_B et D_C , puis d'ouvrir le disjoncteur D_A qui court-circuite l'installation. Le courant de la ligne de transport circule alors dans le poste de prélèvement qui, au début, apparaît comme un court-circuit. Le moteur M accélère jusqu'à sa vitesse de régime (fréquence de la génératrice = 50 à 60 Hz) et est maintenu à cette vitesse par l'excitatrice E munie du circuit de commande de vitesse C_V . Lorsque le moteur M et la génératrice G qu'il entraîne ont atteint leur vitesse synchrone, les disjoncteurs D_D et D_E s'ouvrent automatiquement. Le circuit de mesure de la puissance active branché sur la sortie de la génératrice G la réduit à zéro par un ajustement approprié de l'angle d'amorçage des ponts de conversion. Les disjoncteurs D_D et D_E étant ouverts, le courant continu de la ligne traverse les convertisseurs C_1 et C_2 qui fournissent alors toute la puissance active requise par la charge d'utilisation alors

que la génératrice fournit la puissance réactive demandée par les ponts et cette charge. Comme mentionné plus haut, l'installation répond automatiquement aux variations de charge du centre de consommation locale.

La fig. 2 représente schématiquement un mode de réalisation du circuit comparateur de commande C_p de la fig. 1, pour la commande et le contrôle de l'angle d'amorçage des convertisseurs utilisés dans chacun des ponts de conversion C_1 et C_2 . Dans ce circuit, les valeurs X et Y fournies par les capteurs L_1 et L_2 alimentent un circuit de mesure de puissance 7, tel un wattmètre, qui fournit à sa sortie une mesure de la puissance active débitée par la génératrice. La valeur de cette puissance est intégrée à travers l'intégrateur 8 qui comporte un nombre n de sorties, ce nombre correspondant au nombre d'éléments de conversion utilisés pour l'ensemble des ponts de conversion C_1 et C_2 . Dans le cas où chacun des ponts de conversion utilise six éléments, l'intégrateur 8 aura douze sorties, soit un ensemble de six sorties pour chacun des ponts. Les signaux apparaissant sur les six sorties de l'ensemble sont alors déphasés entre eux d'un angle de 30° . D'autre part, un tachymètre 10 mesure la vitesse de rotation Z de l'arbre reliant mécaniquement le moteur M à la génératrice G, et le résultat de cette mesure alimente un générateur de dents de scie 11 qui comporte un nombre de sortie égal à celles de l'intégrateur 8 et dont les signaux sont également déphasés de 30° . Les sorties de l'intégrateur 8 et du générateur 11 sont ensuite comparées, de façon correspondante, à l'aide du comparateur 9 qui émet, selon le cas, sur chacune de ses n sorties, une impulsion représentative d'un écart entre la valeur du signal émis par le générateur 11 et par l'intégrateur 8, pour

une sortie donnée. Cette impulsion émanant du comparateur 9 sert à corriger l'angle d'amorçage d'un élément particulier constituant les ponts de conversion C_1 et C_2 , afin de varier suivant la demande de la charge le taux de conversion de l'énergie CC en énergie CA. Grâce au circuit de la fig. 2, l'angle d'amorçage de chaque élément de conversion est ajusté de façon automatique en fonction de la demande de puissance active de la charge de sortie du dispositif.

Il est à noter que le mode de réalisation décrit ci-dessus ne comporte que des composantes déjà existantes sur le marché, donc de caractéristiques connues, ce qui a pour effet d'en diminuer d'autant le coût de fabrication et d'assemblage. De plus, grâce à l'écran I de protection, l'isolation entre la sortie B_4 du transformateur T et les autres enroulements est améliorée de façon sensible, ce qui a pour résultat de minimiser les effets causés par les perturbations, telles les fautes de commutation, ou la foudre frappant la ligne de transport, sur la sortie de l'installation.

Il est aussi à remarquer que toute la puissance réactive de l'installation est fournie par un ensemble synchrone, le moteur M et la génératrice G, entièrement alimentés par le réseau principal et intégrés à l'installation, de sorte qu'aucun apport auxiliaire ou extérieur d'énergie n'est nécessaire pour en assurer le bon fonctionnement.

Des modifications peuvent être apportées au mode de réalisation ci-dessus indiqué sans pour cela sortir du cadre de la présente invention, comme par exemple l'addition de ventilateurs pour l'évacuation de la chaleur générée par l'ensemble moteur-générateur et les ponts de conversion.

