

(12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication : **MA 44867 B1** (51) Cl. internationale : **H02J 3/28**

(43) Date de publication :
30.09.2024

(21) N° Dépôt :
44867

(22) Date de Dépôt :
02.05.2017

(30) Données de Priorité :
04.05.2016 FR 1654059

(86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT:
PCT/FR2017/051040 02.05.2017

(71) Demandeur(s) :
RTE RESEAU DE TRANSPORT D'ELECTRICITE, Immeuble Window 7C Place du Dôme 92073 Paris La Défense Cedex (FR)

(72) Inventeur(s) :
GAME, David ; PANCIATICI, Patrick ; GRABETTE, Olivier

(74) Mandataire :
SABA & CO., TMP

(86) N° de dépôt auprès de l'organisme de validation :17725322.6

(54) Titre : **PROCÉDÉ, PROGRAMME D'ORDINATEUR, SYSTÈME ET INSTALLATION POUR L'OPTIMISATION DU FONCTIONNEMENT D'UN RÉSEAU DE TRANSMISSION DE COURANT ÉLECTRIQUE**

(57) Abrégé : Ce procédé d'optimisation du fonctionnement d'un réseau de transmission de courant électrique comporte la commande de contrôleurs de conversion, par l'envoi (108) de commandes de stockage ou déstockage d'énergie dans ou à partir d'unités de stockage d'énergie raccordées à des extrémités d'au moins une ligne électrique du réseau. Le procédé prévoit l'activation (106, 108) d'une transmission virtuelle d'une quantité Q de courant électrique depuis un premier ensemble E1 d'extrémité(s) de ligne(s) vers un deuxième ensemble E2 d'extrémité(s) de ligne(s) en adressant conjointement aux contrôleurs de conversion concernés : au moins une première commande de stockage d'une quantité d'énergie, correspondant à la quantité Q de courant électrique, dans un premier ensemble S1 d'unité(s) de stockage raccordée(s) au premier ensemble E1; au moins une deuxième commande de déstockage de la même quantité d'énergie à partir d'un deuxième ensemble S2 d'unité(s) de stockage raccordée(s) au deuxième ensemble

E2. Ces deux commandes sont alors exécutées (110) conjointement par les contrôleurs de conversion concernés.

Revendications

1. Procédé d'optimisation du fonctionnement d'un réseau (10) de transmission de courant électrique, le réseau comportant au moins une ligne électrique (L1, L2, L3, L4, L5), une pluralité d'unités (24, 30, 36, 42) de stockage d'énergie raccordées à une pluralité des extrémités de ladite au moins une ligne électrique et des contrôleurs (28, 34, 40, 46) de conversion d'énergie stockée en courant électrique et réciproquement entre chaque unité de stockage et la ou les extrémité(s) de ligne(s) à laquelle ou auxquelles elle est raccordée, le procédé d'optimisation comportant les étapes suivantes :
 - maintien à jour (100 ; 200 ; 300) en mémoire (56) d'informations de remplissage de chacune des unités de stockage (24, 30, 36, 42) fournies par les contrôleurs de conversion (28, 34, 40, 46),
 - commande (108 ; 210 ; 302) des contrôleurs de conversion (28, 34, 40, 46), par l'envoi de commandes de stockage ou déstockage d'énergie dans ou à partir des unités de stockage (24, 30, 36, 42), le procédé comportant en outre les étapes suivantes :
 - sélection (104 ; 206) d'un premier ensemble S1 d'au moins une unité de stockage raccordée à un premier ensemble E1 d'au moins une extrémité de ligne,
 - sélection (104 ; 206) d'un deuxième ensemble S2 d'au moins une unité de stockage raccordée à un deuxième ensemble E2 d'au moins une extrémité de ligne,
 - en fonction (106 ; 208) des informations de remplissage maintenues à jour en mémoire (56), activation (108 ; 210 ; 302) d'une transmission virtuelle d'une quantité Q de courant électrique depuis le premier ensemble E1 vers le deuxième ensemble E2 en adressant conjointement aux contrôleurs de conversion concernés :
 - au moins une première commande de stockage d'une quantité d'énergie, correspondant à la quantité Q de courant électrique, dans le premier ensemble S1, et
 - au moins une deuxième commande de déstockage de la même quantité d'énergie, correspondant à la quantité Q de courant électrique, à partir du deuxième ensemble S2, et
 - exécution conjointe (110 ; 212 ; 304) des commandes de stockage et déstockage par les contrôleurs de conversion concernés, caractérisé en ce qu'un remplissage de référence est prédéterminé pour chacune des unités de stockage (24, 30, 36, 42), le procédé comportant en outre, suite à l'étape d'activation (108 ; 210 ; 302) de la transmission virtuelle, une étape de reconstitution (114 ; 216 ; 302) selon laquelle les contrôleurs de conversion des unités de stockage sollicitées lors de la transmission virtuelle commandent leur stockage ou déstockage d'énergie en vue d'atteindre leur remplissage de référence, et en ce que le remplissage de référence est prédéterminé pour chacune des unités de stockage (24, 30, 36, 42) au moins selon les règles suivantes :
 - si le sens de congestion est équiprobable, alors le remplissage de référence est le remplissage à mi capacité de chaque unité de stockage concernée,

- si la congestion se produit toujours dans le même sens de transmission, alors le remplissage de référence pour chaque unité de stockage située en amont sera le niveau de charge le plus faible possible et le remplissage de référence pour chaque unité de stockage située en aval sera le niveau de charge le plus élevé possible, et

- pour toute situation intermédiaire, le remplissage de référence est défini comme une fonction monotone interpolant les deux règles précédentes.

2. Procédé d'optimisation selon la revendication 1, dans lequel les commandes de stockage et déstockage adressées lors de l'activation (108 ; 210 ; 302) de la transmission virtuelle de la quantité Q de courant électrique sont exécutées par les contrôleurs de conversion concernés pour un bilan énergétique total nul des unités de stockage des ensembles S1 et S2, aux pertes de rendements énergétiques près.

3. Procédé d'optimisation selon la revendication 1, dans lequel l'étape de reconstitution (114 ; 216 ; 302) est exécutée de manière à ne jamais solliciter un dépassement de capacité maximale de transmission de courant électrique de ladite au moins une ligne électrique (L1, L2, L3, L4, L5).

4. Procédé d'optimisation selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel, chaque ligne électrique (L1, L2, L3, L4, L5) présentant une capacité maximale de transmission de courant électrique, la transmission virtuelle de la quantité Q de courant électrique est activée (108 ; 210 ; 302) lorsqu'au moins une ligne électrique située entre les ensembles E1 et E2 est sollicitée (102 ; 202) pour transmettre temporairement une quantité de courant électrique dépassant sa capacité maximale d'une quantité supérieure ou égale à la quantité Q.

5. Procédé d'optimisation selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel :

- un sens principal de congestion d'au moins une ligne électrique dans le réseau est déterminé (202), et

- les sélections (206) des premier et deuxième ensembles S1, S2 sont réalisées pour orienter la transmission virtuelle dans ce sens principal de congestion.

6. Système (12) d'optimisation du fonctionnement d'un réseau (10) de transmission de courant électrique, le réseau comportant au moins une ligne électrique (L1, L2, L3, L4, L5), une pluralité d'unités (24, 30, 36, 42) de stockage d'énergie raccordées à une pluralité des extrémités de ladite au moins une ligne électrique et des contrôleurs (28, 34, 40, 46) de conversion d'énergie stockée en courant électrique et réciproquement entre chaque unité de stockage et la ou les extrémité(s) de ligne(s) à laquelle ou auxquelles elle est raccordée, le système d'optimisation (12) comportant :

- une mémoire (56) maintenant à jour des informations de remplissage de chacune des unités de stockage (24, 30, 36, 42),

- une unité de commande (54), connectée en lecture/écriture à la mémoire (56) et échangeant avec les contrôleurs de conversion (28, 34, 40, 46), programmée (58) pour adresser des commandes de stockage ou déstockage d'énergie dans ou à partir des unités de stockage (24, 30, 36, 42), dans lequel l'unité de commande (54) est en outre programmée (58) pour :

- sélectionner un premier ensemble S1 d'au moins une unité de stockage raccordée à un premier ensemble E1 d'au moins une extrémité de ligne,
- sélectionner un deuxième ensemble S2 d'au moins une unité de stockage raccordée à un deuxième ensemble E2 d'au moins une extrémité de ligne,
- en fonction des informations de remplissage maintenues à jour en mémoire (56), activer une transmission virtuelle d'une quantité Q de courant électrique depuis le premier ensemble E1 vers le deuxième ensemble E2 en adressant conjointement aux contrôleurs de conversion concernés :
 - au moins une première commande de stockage d'une quantité d'énergie, correspondant à la quantité Q de courant électrique, dans le premier ensemble S1, et
 - au moins une deuxième commande de déstockage de la même quantité d'énergie, correspondant à la quantité Q de courant électrique, à partir du deuxième ensemble S2, caractérisé en ce que l'unité de commande (54) est programmée pour exécuter les étapes suivantes : un remplissage de référence est prédéterminé pour chacune des unités de stockage (24, 30, 36, 42), suite à l'étape d'activation (108 ; 210 ; 302) de la transmission virtuelle, une étape de reconstitution (114 ; 216 ; 302) selon laquelle les contrôleurs de conversion des unités de stockage sollicitées lors de la transmission virtuelle commandent leur stockage ou déstockage d'énergie en vue d'atteindre leur remplissage de référence, le remplissage de référence est prédéterminé pour chacune des unités de stockage (24, 30, 36, 42) au moins selon les règles suivantes :
 - si le sens de congestion est équiprobable, alors le remplissage de référence est le remplissage à mi capacité de chaque unité de stockage concernée,
 - si la congestion se produit toujours dans le même sens de transmission, alors le remplissage de référence pour chaque unité de stockage située en amont sera le niveau de charge le plus faible possible et le remplissage de référence pour chaque unité de stockage située en aval sera le niveau de charge le plus élevé possible, et
 - pour toute situation intermédiaire, le remplissage de référence est défini comme une fonction monotone interpolant les deux règles précédentes.

7. Installation de transmission optimisée de courant électrique comportant :

- un réseau (10) de transmission de courant électrique comportant :
 - au moins une ligne électrique (L1, L2, L3, L4, L5),
 - une pluralité d'unités (24, 30, 36, 42) de stockage d'énergie raccordées à une pluralité des extrémités de ladite au moins une ligne électrique, et
 - des contrôleurs (28, 34, 40, 46) de conversion d'énergie stockée en courant électrique ou réciproquement entre chaque unité de stockage et la ou les extrémité(s) de ligne(s) à laquelle ou auxquelles elle est raccordée,
- un système d'optimisation (12) selon la revendication 6, et

- un réseau de télécommunication (14) pour un échange des informations de remplissage et des commandes de stockage/déstockage entre l'unité de commande (54) du système d'optimisation (12) et les contrôleurs de conversion (28, 34, 40, 46) du réseau (10) de transmission de courant électrique.

8. Installation selon la revendication 7, dans laquelle les unités de stockage (24, 30, 36, 42) sont disposées à l'intérieur de postes électriques (16, 18, 20, 22) de raccordement de lignes électriques (L1, L2, L3, L4, L5) du réseau (10) de transmission de courant électrique.