(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** **3 100 397**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **19 09622**

(51) Int Cl[8] : ***H 02 J 3/38*** *(2019.01)*

(12) BREVET D'INVENTION B1

(54) Procédé de gestion d'un système hybride renouvelables/groupes électrogènes et dispositif associé.

(22) **Date de dépôt :** 02.09.19.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 05.03.21 Bulletin 21/09.

(45) **Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention :** 25.02.22 Bulletin 22/08.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche :**

Se reporter à la fin du présent fascicule

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

◯ **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablissement public à caractère industriel ou commercial* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** WANTIER Audrey, BOURRY Franck et DO Thai-Phuong.

(73) **Titulaire(s) :** COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablissement public à caractère industriel ou commercial.

(74) **Mandataire(s) :** CABINET CAMUS-LEBKIRI.

FR 3 100 397 - B1

Description

Titre de l'invention : Procédé de gestion d'un système hybride renouvelables/groupes électrogènes et dispositif associé

Domaine technique

[0001] Le domaine technique de l'invention est celui de la gestion des systèmes d'énergie hybrides.

[0002] La présente invention concerne un procédé de gestion d'un système hybride et en particulier un procédé de gestion prenant en compte l'aspect potentiellement intermittent de la disponibilité d'un réseau électrique sur lequel est connecté le système hybride. La présente invention concerne également un dispositif mettant en œuvre ledit procédé.

ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE DE L'INVENTION

[0003] Dans les régions avec une disponibilité du réseau électrique intermittente, les groupes électrogènes sont souvent utilisés grâce à leur facilité de mise en œuvre et leur robustesse face aux conditions climatiques diverses. Cependant, le coût du carburant, les difficultés rencontrées pour son approvisionnement ainsi que les exigences croissantes concernant les émissions de CO_2 incitent à diminuer leur utilisation dans ces systèmes. Avec la baisse du coût de production des énergies renouvelables telles que le photovoltaïque et les avancées technologiques dans ce domaine, les systèmes hybrides renouvelable/groupes électrogènes sont de plus en plus déployés dans les régions en question.

[0004] Les sources d'énergie renouvelables variables telles que l'énergie photovoltaïque ou éolienne étant des sources intermittentes qui peuvent varier fortement, une réserve de puissance est nécessaire à tout moment afin d'assurer la stabilité du système complet et de palier aux brusques variations de la puissance en énergie renouvelable. Cette réserve est généralement assurée par le fonctionnement des groupes électrogènes qui sont activés pour assurer la stabilité du système complet mais opèrent la plupart du temps en dessous de leurs points de production optimaux. En effet, ils doivent être allumés et fonctionner à faible puissance pour pouvoir à n'importe quel instant fournir la puissance nécessaire pour palier à une chute de la production d'énergie renouvelable. La réserve du système complet est ainsi assurée par la puissance rapidement mobilisable que peuvent délivrer les groupes électrogènes allumés. Ce mode de fonctionnement permet de garantir la stabilité du système avec une gestion simple, mais il limite la quantité de l'énergie renouvelable utilisée dans le système et n'est pas optimal en termes de consommation de carburant.

[0005] La majorité des systèmes de gestion de systèmes hybrides commercialisés

récemment se basent uniquement sur la régulation à la baisse de l'énergie, en particulier de l'énergie photovoltaïque. Ceci permet de limiter la variation de cette source intermittente et laisser en fonctionnement les groupes électrogènes à une puissance minimum afin qu'ils puissent réagir rapidement pour maintenir le système stable. Autrement dit, la production photovoltaïque sert de variable d'ajustement. Mais l'inconvénient de cette gestion est qu'elle encourage l'utilisation des groupes électrogènes (ces derniers devant rester allumés pour répondre rapidement à la demande) au détriment de la production photovoltaïque, entrainant une consommation de carburant qui pourrait être évitée.

[0006] Afin de réduire l'usage des groupes électrogènes, la collaboration SMA-Reuniwatt propose une solution pour systèmes *offgrid* (c'est-à-dire non connecté à un réseau électrique) promettant une diminution des coûts opérationnels (c'est-à-dire une réduction de l'utilisation des groupes électrogènes et donc de l'émission de gaz à effet de serre). La gestion d'énergie s'appuie sur l'utilisation des prévisions de production photovoltaïque à court termes pour réduire la puissance de réserve assurée par les groupes électrogènes. Le contrôleur du système hybride va recevoir l'information de l'arrivée des nuages (pour donner un exemple) associée à une chute de production photovoltaïque, l'activation ou la désactivation d'un ou plusieurs groupes électrogènes se faisant selon les besoins ainsi anticipés. La méthode proposée est cependant limitée à l'opération des systèmes hybrides comportant seulement deux types de production électrique : des groupes électrogènes et une production photovoltaïque.

[0007] Il existe donc un besoin d'un procédé de gestion prenant en compte la connexion du système hybride à un réseau électrique et, éventuellement, la présence d'un moyen de stockage de l'énergie.

Résumé de l'invention

[0008] L'invention offre une solution au problème évoqué précédemment, en permettant une prise en compte, à travers le calcul d'une puissance de réserve P_{res}, de la disponibilité intermittente d'un réseau électrique et de la présence éventuelle d'un moyen de stockage.

[0009] Un premier aspect de l'invention concerne un procédé de gestion d'un système hybride renouvelable/groupe électrogène, ledit système hybride comportant un moyen de production d'énergie renouvelable (par ex. un moyen de production photovoltaïque et/ou éolien) et une pluralité de groupes électrogènes, ledit système étant connecté à un réseau électrique à la disponibilité intermittente, la gestion du système se faisant en fonction d'une puissance de réserve notée P_{res} prenant en compte ladite intermittence, ledit procédé comprenant :

- une étape de détermination d'une puissance de réserve comportant :

- une sous étape de détermination d'une puissance de réserve de charge (ou de consommation) notée P_{res}^{load} ;
- une sous étape de détermination d'une puissance de réserve d'énergie renouvelable notée P_{res}^{RE} ;
- une sous étape de détermination d'une puissance de réserve du réseau électrique P_{res}^{GRID} ;

la puissance de réserve P_{res} étant donnée par :

$$P_{res} = P_{res}^{load} + P_{res}^{RE} + P_{res}^{GRID}$$

- une étape de détermination des états des groupes électrogènes en fonction de la puissance de réserve P_{res} précédemment déterminée.

[0010] On entend par détermination des états des groupes électrogènes le fait de déterminer combien de groupes électrogènes doivent être à l'état allumé afin de pouvoir répondre à la demande (incluant la puissance de réserve). En prenant en compte une puissance de réserve, et notamment une puissance de réserve du réseau électrique, le procédé selon l'invention permet de prendre en compte l'aspect intermittent de la disponibilité du réseau électrique dans la gestion du système hybride.

[0011] Outre les caractéristiques qui viennent d'être évoquées dans le paragraphe précédent, le procédé selon un premier aspect de l'invention peut présenter une ou plusieurs caractéristiques complémentaires parmi les suivantes, considérées individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles.

[0012] Dans un mode de réalisation, la puissance de réserve de charge P_{res}^{load} est donnée par : $P_{res}^{load} = P_{prev}^{load}(h) - P_{load}(t-1)$

[0013] où P_{prev}^{load} est la puissance prévisionnelle de charge à l'horizon de temps h et $P_{load}(t-1)$ est la dernière valeur connue de la puissance de charge.

[0014] Dans un mode de réalisation, la puissance prévisionnelle de charge P_{prev}^{load} est donnée par : $P_{prev}^{load} = \gamma \times P_{load}^{parf}(h)$

[0015] où $P_{load}^{parf}(h)$ est la prévision parfaite de la charge à l'horizon de temps h et γ un coefficient de pondération.

[0016] Ce mode de réalisation permet une évaluation optimale de la puissance de réserve P_{res} nécessaire à une éventuelle variation de la charge. Cependant sa performance est dépendante de la précision de la prévision de consommation.

[0017] Dans un mode de réalisation, la puissance prévisionnelle de charge P_{prev}^{load} est

$$P_{prev}^{load} = \gamma \times \max_{h} P_{load}^{parf}$$

[0018] où $\max_{h} P_{load}^{parf}$ est la valeur maximale de la prévision parfaite de la charge sur l'horizon de temps h et γ un coefficient de pondération.

[0019] Ce mode de réalisation permet de garder une marge de sécurité dans l'évaluation de la puissance de réserve P_{res} nécessaire face à une éventuelle variation de la charge et ceci pendant l'horizon du temps *h*. Elle est donc moins optimale que l'option précédente pour un γ donné.

[0020] Dans un mode de réalisation, la puissance prévisionnelle de charge P_{prev}^{load} est donnée par : $P_{prev}^{load} = \gamma \times \underset{h}{\text{mean}} P_{load}^{parf}$

[0021] où $\underset{h}{\text{mean}} P_{load}^{parf}$ est la valeur moyenne de la prévision parfaite de la charge sur l'horizon de temps h et γ un coefficient de pondération.

[0022] Ce mode de réalisation permet d'obtenir un compromis entre les deux modes de réalisation précédents en lissant la variation de charge sur l'horizon de temps considéré.

[0023] Dans un mode de réalisation, la puissance prévisionnelle de charge P_{prev}^{load} est donnée par : $P_{prev}^{load} = \begin{cases} P_{max}^{maint} \ si \ P_{load}(t-1) < P_{maint} \\ P_{max}^{nomaint} \ si \ P_{load}(t-1) \geq P_{maint} \end{cases}$

[0024] où $P_{load}(t-1)$ est la dernière valeur connue de la puissance de charge P_{load}, P_{maint} est une valeur seuil permettant de distinguer une phase de production d'une phase de maintenance, P_{max}^{maint} est la valeur maximale de la charge durant la phase de maintenance et $P_{max}^{nomaint}$ est la valeur maximale de la charge durant la phase de production.

[0025] Ce mode de réalisation est particulièrement adapté lorsque le système hybride est destiné à alimenter un site industriel.

[0026] Dans un mode de réalisation, la puissance de réserve d'énergie renouvelable P_{res}^{RE} est donnée par : $P_{res}^{RE} = -\left(P_{prev}^{RE}(h) - P_{RE}(t-1)\right)$

[0027] où P_{prev}^{RE} est la production d'énergie renouvelable prévue à l'horizon de temps h et $P_{RE}(t-1)$ est la dernière valeur connue de la production d'énergie renouvelable.

[0028] Dans un mode de réalisation, la production d'énergie renouvelable prévue $P_{prev}^{RE}(h)$ est donnée par : $P_{prev}^{RE}(h) = \delta \times P_{RE}^{MPPT}(h)$

[0029] où δ est un coefficient et $P_{RE}^{MPPT}(h)$ est la prévision parfaite de production d'énergie renouvelable à l'horizon de temps h.

[0030] Ce mode de réalisation permet une évaluation optimale de la puissance de réserve nécessaire à une éventuelle variation de la production d'énergie renouvelable. Cependant sa performance est dépendante de la précision de la prévision de production d'énergie renouvelable.

[0031] Dans un mode de réalisation, la production d'énergie renouvelable prévue $P_{prev}^{RE}(h)$ est donnée par : $P_{prev}^{RE}(h) = \delta \times \min_{h} P_{RE}^{MPPT}(h)$

[0032] où δ est un coefficient et $\min_{h} P_{RE}^{MPPT}(h)$ est la valeur minimale de la prévision parfaite de production d'énergie renouvelable à l'horizon de temps h.

[0033] Ce mode de réalisation permet de garder une marge de sécurité dans l'évaluation de la puissance de réserve nécessaire face à une éventuelle variation de la production d'énergie renouvelable et ceci pendant l'horizon de temps *h*. Elle est donc moins optimale en termes d'utilisation des groupes électrogènes comparée à l'option précédente pour un γ donné.

[0034] Dans un mode de réalisation, la puissance de réserve du réseau électrique P_{res}^{GRID} est donnée par : $P_{res}^{GRID} = -\left(P_{prev}^{GRID} - P_{GRID}(t-1)\right)$

[0035] où P_{prev}^{GRID} est la puissance prévisionnelle du réseau électrique, $P_{GRID}(t-1)$ est la dernière valeur connue de la puissance du réseau électrique.

[0036] Dans un mode de réalisation, la puissance prévisionnelle du réseau électrique est donnée par : $P_{prev}^{GRID} = GRID_{prev}^{avail} \times P_{GRID}(t-1)$

[0037] où $P_{GRID}(t-1)$ est la dernière valeur connue de la puissance du réseau électrique et $GRID_{prev}^{avail}$ est une prévision de disponibilité du réseau électrique, ladite disponibilité étant donnée par :

$$GRID_{prev}^{avail} = \begin{cases} 0, & P_{avail}(h) < P_{avail}^{thres} \\ GRID_{prev}^{avail}(h), & P_{avail}(h) \geq P_{avail}^{thres} \end{cases}$$

[0038] où $GRID_{prev}^{avail}(h)$ est une prévision de disponibilité du réseau électrique à l'horizon de temps h, $P_{avail}(h)$ est la probabilité accordée à ladite prévision à l'horizon de temps h et P_{avail}^{thres} est un seuil de probabilité jugé acceptable.

[0039] Grâce à ce mode de réalisation, il est possible de faire varier la puissance de réserve P_{res} en fonction de la probabilité de disponibilité du réseau électrique.

[0040] Dans un mode de réalisation, le système hybride comprend un moyen de stockage et l'étape de détermination d'une puissance de réserve P_{res} comprend une sous étape de détermination d'une puissance de réserve de stockage notée P_{res}^{ESS}, la puissance de réserve P_{res} étant donnée par : $P_{res} = P_{res}^{load} + P_{res}^{RE} + P_{res}^{GRID} + P_{res}^{ESS}$

[0041] Dans un mode de réalisation, la puissance de réserve de stockage P_{res}^{ESS} est donnée par : $P_{res}^{ESS} = -\left(P_{prev}^{ESS}(h) - P_{ESS}(t-1)\right)$

[0042] où $P_{prev}^{ESS}(h)$ est la puissance maximale que pourra fournir le moyen de stockage à l'horizon de temps h et $P_{ESS}(t-1)$ est la dernière valeur connue de la puissance de stockage.

[0043] Dans un mode de réalisation, la puissance maximale que pourra fournir le moyen de stockage à l'horizon de temps h $P_{prev}^{ESS}(h)$ est donnée par :

$$P_{prev}^{ESS} = interp\left(SOE_{bktps}, P_{max}^{DCH}, SOE_{prev}\right)$$

[0044] où $interp\ (x, y, z)$ est la fonction interpolation donnant la valeur $f(z)$ correspondant à z suivant la fonction $y = f(x)$, SOE_{bktps} est le vecteur de l'état d'énergie du moyen de stockage, P_{max}^{DCH} est le vecteur de la puissance maximale de décharge du moyen de stockage (ces paramètres sont en général fournis par le fabricant du moyen de stockage) et SOE_{prev} est l'état de d'énergie prévisionnel donnée par :

$$SOE_{prev} = SOE(t-1) - P_{ESS}(t-1) \times \frac{h}{E_{nom} \times 3600}$$

[0045] où E_{nom} est la capacité nominale en énergie du moyen de stockage et $SOE(t-1)$ est la dernière valeur connue de l'état d'énergie du moyen de stockage.

[0046] Autrement dit, la puissance de stockage prévisionnelle P_{prev}^{ESS} correspond à la puissance de décharge que pourra fournir le moyen de stockage à l'état d'énergie prévisionnel SOE_{prev}.

[0047] Ainsi, le procédé de gestion selon l'invention prend également en compte la présence d'un moyen de stockage dans le calcul de la puissance de réserve P_{res}.

[0048] Dans un mode de réalisation, l'étape de détermination des états des groupes électrogènes en fonction de la puissance de réserve P_{res} comprend :

- une sous-étape de détermination d'une charge nette notée NL_{start}^{GE} ;
- une sous-étape de détermination de l'état des groupes électrogènes à partir de

la charge nette NL_{start}^{GE}.

[0049] Dans un mode de réalisation, la charge nette est donnée par l'expression suivante :

$$NL_{start}^{GE} = P_{load}(t-1) - P_{prod}(t-1) + P_{res}$$

[0050] où $P_{load}(t-1)$ est la dernière puissance de charge (ou puissance consommée) connue (c'est-à-dire mesurée), $P_{prod}(t-1)$ est la dernière puissance produite connue (c'est-à-dire mesurée) et P_{res} est la puissance de réserve déterminée à l'étape précédente.

[0051] Un deuxième aspect de l'invention concerne un dispositif comprenant des moyens configurés pour mettre en œuvre un procédé selon un premier aspect de l'invention.

[0052] Un troisième aspect de l'invention concerne un programme d'ordinateur comprenant des instructions qui, lorsque le programme est exécuté par un ordinateur, conduisent celui-ci à mettre en œuvre un procédé selon un premier aspect de l'invention.

[0053] Un quatrième aspect de l'invention concerne un support de données lisible par ordinateur, sur lequel est enregistré le programme d'ordinateur selon un troisième aspect de l'invention.

[0054] L'invention et ses différentes applications seront mieux comprises à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent.

Brève description des dessins

[0055] La [fig.1] est présentée à titre indicatif et nullement limitatif de l'invention. Elle illustre un ordinogramme d'un procédé selon un premier aspect de l'invention.

Description des modes de réalisation

[0056] Dans la suite, la variable $X(t-1)$ représentera la dernière valeur connue de la grandeur X. La dernière valeur connue peut être issue d'une mesure, d'un calcul (si la valeur en question peut être déterminée ainsi), ou par tout autre méthode permettant de déterminer ladite valeur.

[0057] Un premier aspect de l'invention illustré à la [fig.1] concerne un procédé 100 de gestion d'un système hybride renouvelable/groupes électrogènes. Le système hybride géré par un procédé 100 selon l'invention comprend un moyen de production d'énergie renouvelable (par ex. un moyen de production photovoltaïque et/ou éolien) et une pluralité de groupes électrogènes (par ex. des groupes électrogènes diesels). En plus du dispositif de production, le système géré par le procédé 100 selon l'invention est connecté à un réseau électrique, la disponibilité de ce réseau électrique pouvant être intermittente. Autrement dit, comme nous le verrons dans la suite, le procédé 100 selon l'invention permet de gérer un système hybride connecté à un réseau électrique en prenant en compte l'aspect intermittent de ce réseau électrique. On entend par « aspect intermittent de la disponibilité du réseau électrique » le fait que le réseau électrique

peut devenir indisponible ou redevenir disponible au cours du fonctionnement du système hybride. Pour cela, la gestion se fait en fonction d'une puissance de réserve prenant en compte cette intermittence.

[0058] Détermination de la puissance de réserve

[0059] Plus particulièrement, le procédé 100 selon l'invention comprend une étape E1 de détermination d'une puissance de réserve noté P_{res} comportant :

- une sous étape E11 de détermination d'une puissance de réserve de charge (ou de consommation) notée P_{res}^{load} ;
- une sous étape E12 de détermination d'une puissance de réserve d'énergie renouvelable notée P_{res}^{RE} ;
- une sous étape E13 de détermination d'une puissance de réserve du réseau électrique P_{res}^{GRID} ;

[0060] En outre, la puissance de réserve P_{res} est donnée par l'expression suivante :

[0061] [Math.1]

$$P_{res} = P_{res}^{load} + P_{res}^{RE} + P_{res}^{GRID}$$

[0062] Dans un mode de réalisation, le système hybride comprend un moyen de stockage (par ex. une pile combustible, un supercondensateur, une batterie, etc.) et l'étape E1 de détermination d'une puissance de réserve noté P_{res} comporte une sous étape E14 de détermination d'une puissance de réserve de stockage notée P_{res}^{ESS} . Dans ce mode de réalisation, la puissance de réserve P_{res} est donnée par l'expression suivante :

[0063] [Math.2]

$$P_{res} = P_{res}^{load} + P_{res}^{RE} + P_{res}^{GRID} + P_{res}^{ESS}$$

[0064] La puissance de réserve ainsi déterminée permet notamment d'anticiper une baisse de la production d'énergie renouvelable tout en prenant en compte l'intermittence de la disponibilité du réseau électrique.

[0065] Prise en compte de la charge (ou consommation)

[0066] Dans le procédé 100 selon l'invention, la puissance de réserve de charge (ou de consommation) notée P_{res}^{load} permet de prendre en compte une éventuelle augmentation (ou diminution) de la puissance électrique consommée. Dans un mode de réalisation, la puissance de réserve de charge P_{res}^{load} est déterminée à l'aide de l'expression suivante :

[0067] [Math.3]

$$P_{res}^{load} = P_{prev}^{load}(h) - P_{load}(t-1)$$

[0068] où $P_{prev}^{load}(h)$ est la puissance prévisionnelle de charge à l'horizon de temps h

et $P_{load}(t-1)$ est la dernière valeur connue de la puissance de charge (de préférence, déterminée par une mesure).

[0069] Afin de déterminer la puissance prévisionnelle de charge à l'horizon de temps h, il est possible d'envisager plusieurs méthodes en fonction des considérations souhaitées.

[0070] Dans un mode de réalisation, lorsque l'on considère la prévision parfaite à l'horizon de temps h, alors la puissance prévisionnelle de charge à l'horizon de temps h est donnée par l'expression suivante :

[0071] [Math.4]

$$P_{prev}^{load}(h) = \gamma \times P_{load}^{parf}(h)$$

[0072] où $P_{load}^{parf}(h)$ est la prévision parfaite de la charge (c'est-à-dire de la consommation) à l'horizon de temps h et γ un coefficient de pondération permettant de prendre en compte les éventuelles erreurs de précision dans la prévision parfaite de la charge.

[0073] Dans un mode de réalisation alternatif, lorsque l'on souhaite prendre en compte le maximum de la prévision parfaite de charge sur l'horizon de temps h considéré, alors la puissance prévisionnelle de charge à l'horizon de temps h est donnée par l'expression suivante :

[0074] [Math.5]

$$P_{prev}^{load} = \gamma \times \max_{h} P_{load}^{parf}$$

[0075] où $\max_{h} P_{load}^{parf}$ est la valeur maximale que prend la charge sur l'horizon de temps h et γ un coefficient de pondération permettant de prendre en compte les éventuelles erreurs de précision dans la prévision de la charge.

[0076] Dans un mode de réalisation alternatif, lorsque l'on souhaite prendre en compte la moyenne de la prévision parfaite de charge sur l'horizon de temps h considéré, alors la puissance prévisionnelle de charge à l'horizon de temps h est donnée par l'expression suivante :

[0077] [Math.6]

$$P_{prev}^{load} = \gamma \times \operatorname{mean}_{h} P_{load}^{parf}$$

[0078] où $\operatorname{mean}_{h} P_{load}^{parf}$ est la valeur moyenne que prend la charge sur l'horizon de temps h et γ un coefficient de pondération. Là encore, le coefficient de pondération γ permet de prendre en compte les éventuelles erreurs de précision.

[0079] Dans un mode de réalisation alternatif, lorsque l'on considère la consommation maximale suivant un seuil, alors la puissance prévisionnelle de charge à l'horizon de

temps h est donnée par l'expression suivante :

[0080] [Math.7]

$$P_{prev}^{load} = \begin{cases} P_{max}^{maint} \ si \ P_{load}(t-1) < P_{maint} \\ P_{max}^{nomaint} \ si \ P_{load}(t-1) \geq P_{maint} \end{cases}$$

[0081] où $P_{load}(t-1)$ est la dernière valeur connue de la puissance de charge P_{load} (de préférence, déterminée par une mesure), P_{maint} est une valeur seuil permettant de distinguer une phase de production d'une phase de maintenance, P_{max}^{maint} est la valeur maximale de la charge durant la phase de maintenance et $P_{max}^{nomaint}$ est la valeur maximale de la charge durant la phase de production.

[0082] Ce mode de réalisation est particulièrement adapté à une installation industrielle pour laquelle il est possible d'identifier les phases de maintenance associées à une faible consommation électrique (et donc $P_{load}(t-1) < P_{maint}$) et les phases de production associées à une forte consommation électrique (et donc $P_{load}(t-1) \geq P_{maint}$). Dans ce cas-là, le seuil sera choisi de sorte à permettre de différentier deux types de phases et d'optimiser ainsi l'usage des groupes électrogènes. La valeur seuil P_{maint} pourra être déterminée à partir d'un historique de la puissance consommée au cours du temps et/ou à partir de données techniques caractérisant la consommation de l'installation. On remarquera ici que le même principe peut être appliqué à toute installation pour laquelle il est possible d'identifier deux phases distinctes associées à deux consommations distinctes, comme par exemple un immeuble de bureau qui peut alterner entre une phase occupée (en général en journée) associée à une forte consommation et une phase vide (ou faiblement occupé – en général la nuit et le week-end) associée à une faible consommation.

[0083] Prise en compte de la production d'énergie renouvelable

[0084] Comme déjà mentionné, la puissance de réserve doit permettre d'anticiper les évolutions de la production d'énergie renouvelable, et en particulier la baisse de cette production. Pour cela, dans un mode de réalisation, la puissance de réserve d'énergie renouvelable P_{res}^{RE} est donnée par l'expression suivante :

[0085] [Math.8]

$$P_{res}^{RE} = -\left(P_{prev}^{RE}(h) - P_{RE}(t-1)\right)$$

[0086] où P_{prev}^{RE} est la production d'énergie renouvelable prévue à l'horizon de temps h et $P_{RE}(t-1)$ est la dernière valeur connue de la production d'énergie renouvelable (de préférence, déterminée par une mesure).

[0087] De manière générale, la puissance prévisionnelle d'énergie renouvelable $P_{prev}^{RE}(h)$ est calculée à partir d'une prévision parfaite sur l'horizon de temps h

notée $P_{RE}^{MPPT}(h)$. Cette prévision parfaite peut par exemple être déterminée à l'aide de données météorologiques et/ou d'un modèle physique du moyen de production d'énergie renouvelable. On entend par prévision parfaite une prévision dont exactitude est présumée parfaite, c'est-à-dire que la puissance prédite est celle qui sera produite.

[0088] Plus particulièrement, dans un mode de réalisation, lorsque l'on souhaite considérer la production parfaite, alors la puissance prévisionnelle d'énergie renouvelable $P_{prev}^{RE}(h)$ est déterminée à l'aide de l'expression suivante :

[0089] [Math.9]

$$P_{prev}^{RE}(h) = \delta \times P_{RE}^{MPPT}(h)$$

[0090] où δ est un coefficient permettant de prendre en compte les erreurs de prévision. Il est important de noter que ce coefficient peut être plus petit que un (lorsque la prédiction surestime la production) ou plus grand que un (lorsque la production sous-estime la production), mais il est toujours positif.

[0091] Dans un mode de réalisation alternatif, lorsque l'on souhaite prendre en compte le minimum de la prévision parfaite sur l'horizon de temps h, alors la puissance prévisionnelle d'énergie renouvelable $P_{prev}^{RE}(h)$ est déterminée à l'aide de l'expression suivante :

[0092] [Math.10]

$$P_{prev}^{RE}(h) = \delta \times \min_{h} P_{RE}^{MPPT}(h)$$

[0093] où δ est un coefficient permettant de prendre en compte les erreurs de prévision et $\min_{h} P_{RE}^{MPPT}$ est la valeur minimale de la prévision parfaite de production à l'horizon de temps h.

[0094] Prise en compte de la production réseau et de son intermittence

[0095] Le système hybride géré par un procédé selon un premier aspect de l'invention est destiné à être connecté à un réseau électrique fournissant de la puissance électrique de manière potentiellement intermittente. Afin de prendre en compte cette intermittence, dans un mode de réalisation, la puissance de réserve du réseau électrique P_{res}^{GRID} est donnée par l'expression suivante :

[0096] [Math.11]

$$P_{res}^{GRID} = -\left(P_{prev}^{GRID} - P_{GRID}(t-1)\right)$$

[0097] où P_{prev}^{GRID} est la puissance prévisionnelle du réseau électrique, $P_{GRID}(t-1)$ est la dernière valeur connue de la puissance fournie par le réseau électrique (de

préférence, déterminée par une mesure). Autrement dit, le procédé selon un premier aspect de l'invention ne suppose pas que le réseau électrique est une source de puissance électrique dans laquelle il est possible de puiser sans restriction, mais prend au contraire en compte sont aspect intermittent.

[0098] Dans un mode de réalisation, la puissance prévisionnelle du réseau électrique est donnée par l'expression suivante :

[0099] [Math.12]

$$P_{prev}^{GRID} = GRID_{prev}^{avail} \times P_{GRID}(t-1)$$

[0100] où $P_{GRID}(t-1)$ est la dernière valeur de la puissance fournie par le réseau électrique connue (de préférence, déterminée par une mesure) et $GRID_{prev}^{avail}$ est une prévision de disponibilité du réseau électrique, ladite disponibilité étant donnée par l'expression suivante :

[0101] [Math.13]

$$GRID_{prev}^{avail} = \begin{cases} 0, & P_{avail}(h) < P_{avail}^{thresh} \\ GRID_{prev}^{avail}(h), & P_{avail}(h) \geq P_{avail}^{thresh} \end{cases}$$

[0102] où $GRID_{prev}^{avail}(h)$ est une prévision de disponibilité du réseau électrique à l'horizon de temps h, $P_{avail}(h)$ est la probabilité que l'on donne à cette prévision à l'horizon de temps h et P_{avail}^{thresh} est un seuil de probabilité jugé acceptable.

[0103] Dans ce mode de réalisation, le procédé selon l'invention est donc fonction d'une probabilité de disponibilité du réseau (par exemple calculée en fonction de l'historique dudit réseau et/ou fournie par l'exploitant du réseau) et d'une probabilité seuil au-delà de laquelle on considèrera le réseau électrique comme présent (par exemple, en fonction du risque que l'exploitant est prêt à prendre quant à la bonne détermination de la puissance de réserve).

[0104] Prise en compte du stockage

[0105] La puissance de réserve doit également permettre d'anticiper ce que pourra fournir le moyen de stockage à la fin d'un horizon de temps donné h, cette capacité à fournir une puissance électrique pouvant aller à la baisse (car son état de charge diminue) ou bien à la hausse (car son état de charge augmente). Pour cela, dans un mode de réalisation, le système hybride comprend un moyen de stockage (par ex. une pile combustible, un supercondensateur, une batterie, etc.) et la puissance de réserve de stockage P_{res}^{ESS} est donnée par :

[0106]

[Math.14]

$$P_{res}^{ESS} = -\left(P_{prev}^{ESS}(h) - P_{ESS}(t-1)\right)$$

[0107] où $P_{prev}^{ESS}(h)$ est la puissance maximale que pourra fournir le moyen de stockage à l'horizon de temps h et $P_{ESS}(t-1)$ est la dernière valeur connue de la puissance de stockage (de préférence, déterminée par une mesure). De manière générale, lorsque l'on parle de puissance de stockage, on fait référence à la valeur maximale de la puissance que peut fournir un moyen de stockage considéré à un instant donné.

[0108] Dans un mode de réalisation, la puissance maximale que pourra fournir le moyen de stockage à l'horizon de temps h est calculée en supposant que la dernière valeur connue de la puissance de stockage $P_{ESS}(t-1)$ est appliquée pendant la durée de l'horizon de temps h. Autrement dit, dans un mode de réalisation, la puissance maximale que pourra fournir le moyen de stockage à l'horizon de temps h $P_{prev}^{ESS}(h)$ est donnée par l'expression suivante :

[0109] [Math.15]

$$P_{prev}^{ESS} = interp\left(SOE_{bktps}, P_{max}^{DCH}, SOE_{prev}\right)$$

[0110] où $interp\ (x, \tilde{y}, \tilde{z})$ est la fonction interpolation donnant la valeur $f(z)$ correspondant à z suivant la fonction $y = f(x)$ (fournie au moyen de deux vecteurs de valeurs $\tilde{x}$ et $\tilde{y}$), SOE_{bktps} est le vecteur des valeurs de l'état d'énergie et p_{max}^{DCH} est le vecteur de puissance maximale de décharge du moyen de stockage correspondant. En outre, SOE_{prev} est l'état d'énergie prévisionnel donnée par :

[0111] [Math.16]

$$SOE_{prev} = SOE(t-1) - P_{ESS}(t-1) \times \frac{h}{E_{nom} \times 3600}$$

[0112] où E_{nom} est la capacité nominale du moyen de stockage et $SOE(t-1)$ est la dernière valeur connue de l'état d'énergie du moyen de stockage.

[0113] La valeur du vecteur des valeurs de l'état d'énergie SOE_{bktps} et du vecteur de puissance maximale de décharge du moyen de stockage P_{max}^{DCH} nécessaires à l'interpolation sont en général données par le constructeur ou le fournisseur du moyen de stockage.

[0114] <u>Détermination des états des groupes électrogènes</u>

[0115] Une fois que la puissance de réserve P_{res} a été déterminée, il est possible de déterminer l'état des groupes électrogènes permettant d'obtenir la puissance de réserve

nécessaire. Pour cela, le procédé 100 selon l'invention comprend une étape E2 de détermination des états des groupes électrogènes en fonction de la puissance de réserve P_{res} précédemment déterminée.

[0116] Dans un mode de réalisation, cette étape E2 comprend une sous-étape E21 de détermination d'une charge nette notée NL_{start}^{GE}. Dans un mode de réalisation, cette charge nette NL_{start}^{GE} est donnée par l'expression suivante :

[0117] [Math.17]

$$NL_{start}^{GE} = P_{load}(t-1) - P_{prod}(t-1) + P_{res}$$

[0118] où $P_{load}(t-1)$ est la dernière puissance de charge (ou puissance consommée) connue (de préférence, déterminée à partir d'une mesure), $P_{prod}(t-1)$ est la dernière puissance produite connue (de préférence, déterminée à partir d'une mesure) et P_{res} est la puissance de réserve déterminée à l'étape précédente.

[0119] Dans un mode de réalisation, cette charge nette est donnée par l'expression suivante :

[0120] [Math.18]

$$NL_{start}^{GE} = P_{load}(t-1) - P_{PV}^{PMMT}(t-1) - P_{GRID}(t-1) - P_{ESS}^{ch_dch} + P_{res}$$

[0121] où $P_{ESS}^{ch_dch}$ est donnée par l'expression suivante :

[0122] [Math.19]

$$P_{ESS}^{ch_dch} = -\min\left(P_{ESS}^{max/dch}, SOE \times \frac{E_{nom} \times 3600}{TimeStep}\right) \times (dch(SOE) \times Ind_{dch} + ch(SOE) \times Ind_{ch})$$

[0123] où E_{nom} est la capacité nominale en énergie, $TimeStep$ est l'intervalle de temps séparant deux déterminations de la charge nette, $P_{ESS}^{max/dch}$ est la puissance que peut délivrer le moyen de stockage en décharge, Ind_{dch} est un indicateur que vaut un (1) lorsque le moyen de stockage est en décharge et zéro (0) lorsqu'il est en charge, Ind_{ch} est un indicateur que vaut 1 (un) lorsque le moyen de stockage est en charge et zéro (0) lorsqu'il est en décharge (autrement dit, $Ind_{dch} = \bar{Ind}_{ch}$), et : $dch(SOE) = \begin{cases} 1 & si \ SOE \geq 0.15 \\ 0 & sinon \end{cases}$

[0124] et $ch(SOE) = \begin{cases} 1 & si \ SOE \geq 0.5 \\ 0 & sinon \end{cases}$

[0125] Autrement dit, la possibilité de décharge est prise en compte lorsque l'état d'énergie du moyen de stockage est supérieur ou égal à 15% ($SOE \geq 0.15$) et la possibilité de charge est prise en compte lorsque l'état d'énergie est supérieur ou égal à 50% ($SOE \geq 0.5$).

[0126] Dans un mode de réalisation, une fois la charge nette NL_{start}^{GE} déterminée, le procédé 100 comprend en outre une sous-étape E22 de détermination de l'état des

groupes électrogènes à partir de la charge nette NL_{start}^{GE}. Plus particulièrement, durant cette sous-étape E22, un nombre de groupes électrogènes n est activé, n étant choisi de sorte que $NL_{start}^{GE} > P_{max}^{GE(n-1)} * coef_start$ et $NL_{start}^{GE} < P_{max}^{GE(n+1)} * coef_stop$ où P_{max}^{GEk} est la puissance maximale générée par k groupes électrogènes et les coefficients $coef_start$ et $coef_stop$ sont définis par l'opérateur afin de déterminer une plage de puissance de préférence des groupes. Cette méthode de gestion des groupes est courante dans les centrales thermiques et souvent appelée la gestion wattmétrique. Lesdits coefficients sont généralement compris entre 0.7 et 0.85 pour $coef_start$ et entre 0.3 et 0.5 pour $coef_stop$. Autrement dit, durant la sous-étape E22 de détermination de l'état des groupes électrogènes, on détermine le nombre n de groupes électrogènes nécessaires à la charge (ou la consommation) et à la prise en compte de la réserve calculée lors de l'étape E1 de détermination d'une puissance de réserve noté P_{res}. On notera que lorsque $NL_{start}^{GE} < 0$, alors aucun groupe électrogène n'est activé.

[0127] Dans un mode de réalisation, il possible d'attribuer un ordre de priorité à chaque groupe électrogène, les groupes électrogènes étant alors activés par ordre de priorité.

[0128] Afin d'illustrer les avantages qu'il apporte, le procédé 100 selon l'invention va maintenant être illustré au travers d'un exemple dans lequel le système hybride comprend deux groupes électrogènes, un moyen de production d'énergie renouvelable sous la forme de panneaux photovoltaïques, une connexion à un réseau intermittent et un moyen de stockage. Afin de comparer la présente invention à l'état de la technique, trois simulations ont été effectuées sur ce système : une première simulation notée S1 simulant la mise en œuvre d'un procédé selon l'état de la technique prenant en compte une puissance de réserve P_{res}^{S1} ; une deuxième simulation notée S2 simulant la mise en œuvre d'un procédé ne prenant pas en compte de puissance de réserve ; et une troisième simulation notée S3 simulant la mise en œuvre d'un procédé 100 selon l'invention.

[0129] Afin de comparer les résultats, les indicateurs suivants sont utilisés :

- la quantité d'énergie non distribuée (Unmet Load en anglais) qui représente la stabilité de la fourniture ;
- la production des groupes électrogènes qui représente notamment l'émission de gaz à effet de serre ;
- la puissance prélevée sur le réseau qui représente l'optimisation de l'usage de la puissance disponible sur le réseau électrique (sachant qu'il est préférable de prélevée la puissance sur le réseau électrique que de faire usage des groupes

électrogènes).

[0130] Les résultats de ces simulations (présentés sur le tableau 1) illustrent clairement les avantages du procédé 100 selon l'invention.

[0131] Par exemple, si l'on compare les simulations S1 et S2, l'absence de gestion de la puissance de réserve dans le cas de la simulation S2 diminue la production des groupes électrogènes (de 49,5% à 41,3%) et augmente la part de production réseau (de 32% à 40,1%) par rapport au cas de la simulation S1. Cependant, le manque de réserve induit des moments de déséquilibre consommation/production, visible au moyen de l'indicateur d'énergie non distribuée.

[0132] En revanche, si l'on compare la simulation S1 et la simulation S3, l'on constate que la gestion de la puissance de réserve par un procédé 100 selon l'invention permet à la fois d'augmenter la participation du réseau (40,4%), de diminuer la production des groupes électrogènes (40,9%), mais aussi de préserver l'équilibre consommation-production (l'énergie non distribuée est nulle).

[0133] [Tableaux1]

Indicateurs	Simulation S1	Simulation S2	Simulation S3
Energie non distribuée (kWh)	0	9,06	0
Production des groupes électrogènes (%)	49,5	41,3	40,9
Puissance prélevée sur le réseau (%)	32	40,1	40,4

[0134] Un deuxième aspect de l'invention concerne un dispositif comportant les moyens configurés pour mettre en œuvre un procédé 100 selon un premier aspect de l'invention. Dans un mode de réalisation, le dispositif comporte un moyen de calcul associé à une mémoire, ladite mémoire étant configurée pour stocker les instructions ainsi que les données nécessaires à la mise en œuvre d'un procédé 100 selon l'invention. Dans un mode de réalisation, le dispositif comprend un ou plusieurs moyens de saisie permettant à un opérateur de saisir les données nécessaires à la mise en œuvre d'un procédé selon un premier aspect de l'invention (par exemple, pour saisir des données telles que l'horizon de temps h considéré, les coefficients de pondération δ et γ évoqués précédemment, etc.). Dans un mode de réalisation, le dispositif comporte également des moyens configurés pour envoyer des instructions aux groupes électrogènes en vue de leur activation ou désactivation et recevoir des données concernant l'état desdits groupes électrogènes. Dans un mode de réalisation, le

dispositif comporte également des moyens configurés pour recevoir des données ou des instructions (par exemple des données de prévisions météorologiques pour la prédiction de la production d'énergie renouvelable, voire recevoir directement les données de prédiction de la production d'énergie renouvelable).

Revendications

[Revendication 1] Procédé (100) de gestion d'un système hybride renouvelable/groupes électrogènes, ledit système hybride comportant un moyen de production d'énergie renouvelable et une pluralité de groupes électrogènes, ledit système étant connecté à un réseau électrique à la disponibilité intermittente, la gestion du système se faisant en fonction d'une puissance de réserve noté P_{res} prenant en compte ladite intermittence, ledit procédé comprenant :

- une étape (E1) de détermination d'une puissance de réserve comportant :
  - une sous étape (E11) de détermination d'une puissance de réserve de charge notée P_{res}^{load} ;
  - une sous étape (E12) de détermination d'une puissance de réserve d'énergie renouvelable notée P_{res}^{RE} ;
  - une sous étape (E13) de détermination d'une puissance de réserve du réseau électrique P_{res}^{GRID} ;

la puissance de réserve P_{res} étant donnée par l'expression suivante :

$$P_{res} = P_{res}^{load} + P_{res}^{RE} + P_{res}^{GRID}$$

- une étape (E2) de détermination des états des groupes électrogènes en fonction de la puissance de réserve P_{res} précédemment déterminée.

[Revendication 2] Procédé (100) selon la revendication précédente dans lequel la puissance de réserve de charge P_{res}^{load} est donnée par l'expression suivante :

$$P_{res}^{load} = P_{prev}^{load}(h) - P_{load}(t-1)$$

où P_{prev}^{load} est la puissance prévisionnelle de charge à l'horizon de temps h et $P_{load}(t-1)$ est la dernière valeur connue de la puissance de charge.

[Revendication 3] Procédé (100) selon la revendication précédente dans lequel la puissance prévisionnelle de charge P_{prev}^{load} est donnée par l'expression

suivante :

$$P_{prev}^{load} = \gamma \times P_{load}^{parf}(h)$$

où $P_{load(h)}^{parf}$ est la prévision parfaite de la charge à l'horizon de temps h et γ un coefficient de pondération.

[Revendication 4] Procédé (100) selon la revendication 2 dans lequel la puissance prévisionnelle de charge P_{prev}^{load} est donnée par l'expression suivante :

$$P_{res}^{load} = \gamma \times \max_{h} P_{load}^{parf}$$

où $\max_{h} P_{load}^{parf}$ est la valeur maximale de la prévision parfaite de la charge sur l'horizon de temps h et γ un coefficient de pondération.

[Revendication 5] Procédé (100) selon la revendication 2 dans lequel la puissance prévisionnelle de charge P_{prev}^{load} est donnée par l'expression suivante :

$$P_{prev}^{load} = \gamma \times \operatorname{mean}_{h} P_{load}^{parf}$$

où $\operatorname{mean}_{h} P_{load}^{parf}$ est la valeur moyenne de la prévision parfaite de la charge sur l'horizon de temps h et γ un coefficient de pondération.

[Revendication 6] Procédé (100) selon la revendication 2 dans lequel la puissance de prévisionnelle de charge P_{prev}^{load} est donnée par l'expression suivante :

$$P_{prev}^{load} = \begin{cases} P_{max}^{maint} \; si \; P_{load}(t-1) < P_{maint} \\ P_{max}^{nomaint} \; si \; P_{load}(t-1) \geq P_{maint} \end{cases}$$

où $P_{load}(t-1)$ est la dernière valeur connue de la puissance de charge, P_{maint} est une valeur seuil permettant de distinguer une phase de production d'une phase de maintenance, P_{max}^{maint} est la valeur maximale de la charge durant la phase de maintenance et $P_{max}^{nomaint}$ est la valeur maximale de la charge durant la phase de production.

[Revendication 7] Procédé (100) selon l'une des revendications précédentes dans lequel la puissance de réserve d'énergie renouvelable P_{res}^{RE} est donnée par l'expression suivante :

$$P_{res}^{RE} = -\left(P_{prev}^{RE}(h) - P_{RE}(t-1)\right)$$

où P_{prev}^{RE} est la production d'énergie renouvelable prévue à l'horizon

de temps h et $P_{RE}(t-1)$ est la dernière valeur connue de la production d'énergie renouvelable.

[Revendication 8] Procédé (100) selon la revendication précédente dans lequel $P^{RE}_{prev}(h)$ est donnée par l'expression suivante :

$$P^{RE}_{prev}(h) = \delta \times P^{MPPT}_{RE}(h)$$

où δ est un coefficient et $P^{MPPT}_{RE}(h)$ est la prévision parfaite de production d'énergie renouvelable à l'horizon de temps h.

[Revendication 9] Procédé (100) selon la revendication 7 dans lequel $P^{RE}_{prev}(h)$ est donnée par l'expression suivante :

$$P^{RE}_{prev}(h) = \delta \times \min_{h} P^{MPPT}_{RE}(h)$$

où δ est un coefficient et $\min_{h} P^{MPPT}_{RE}(h)$ est la valeur minimale de la prévision parfaite de production d'énergie renouvelable à l'horizon de temps h.

[Revendication 10] Procédé (100) selon l'une des revendications précédentes dans lequel la puissance de réserve du réseau électrique P^{GRID}_{res} est donnée par l'expression suivante :

$$P^{GRID}_{res} = -\left(P^{GRID}_{prev} - P_{GRID}(t-1)\right)$$

où P^{GRID}_{prev} est la puissance prévisionnelle de la grille, $P_{GRID}(t-1)$ est la dernière valeur connue de la puissance disponible issue du réseau électrique.

[Revendication 11] Procédé (100) selon la revendication précédente dans lequel la puissance prévisionnelle du réseau électrique est donnée par l'expression suivante :

$$P^{GRID}_{prev} = GRID^{avail}_{prev} \times P_{GRID}(t-1)$$

où $P_{GRID}(t-1)$ est la dernière valeur connue de la puissance issue du réseau électrique et $GRID^{avail}_{prev}$ est une prévision de disponibilité du réseau électrique, ladite disponibilité étant donnée par :

$$GRID^{avail}_{prev} = \begin{cases} 0, & P_{avail}(h) < P^{thres}_{avail} \\ GRID^{avail}_{prev}(h), & P_{avail}(h) \geq P^{thres}_{avail} \end{cases}$$

où $GRID^{avail}_{prev}(h)$ est une prévision de disponibilité du réseau

électrique à l'horizon de temps h, $P_{avail}(h)$ est la probabilité accordée à ladite prévision à l'horizon de temps h et P_{avail}^{thres} est un seuil de probabilité jugé acceptable.

[Revendication 12] Procédé (100) selon l'une des revendications précédentes dans lequel le système comprend un moyen de stockage et dans lequel l'étape (E1) de détermination d'une puissance de réserve P_{res} comprend une sous étape (E14) de détermination d'une puissance de réserve de stockage notée P_{res}^{ESS}, la puissance de réserve P_{res} étant donnée par l'expression suivante :

$$P_{res} = P_{res}^{load} + P_{res}^{RE} + P_{res}^{GRID} + P_{res}^{ESS}$$

[Revendication 13] Procédé (100) selon la revendication précédente dans lequel la puissance de réserve de stockage P_{res}^{ESS} est donnée par l'expression suivante :

$$P_{res}^{ESS} = -\left(P_{prev}^{ESS}(h) - P_{ESS}(t-1)\right)$$

où $P_{prev}^{ESS}(h)$ est la puissance maximale que pourra fournir le moyen de stockage à l'horizon de temps h et $P_{ESS}(t-1)$ est la dernière valeur connue de la puissance de stockage.

[Revendication 14] Procédé (100) selon la revendication précédente dans lequel la puissance maximale que pourra fournir le moyen de stockage à l'horizon de temps h $P_{prev}^{ESS}(h)$ est donnée par l'expression suivante :

$$P_{prev}^{ESS} = interp\left(SOE_{bktps}, P_{max}^{DCH}, SOE_{prev}\right)$$

où $interp\ (x, y, z)$ est la fonction interpolation donnant la valeur $f(z)$ correspondant à z suivant la fonction $y = f(x)$, SOE_{bktps} est le vecteur des valeurs de l'état d'énergie du moyen de stockage, P_{max}^{DCH} est le vecteur des valeurs de la puissance maximale de décharge du moyen de stockage et SOE_{prev} est l'état d'énergie prévisionnel donnée par l'expression suivante :

$$SOE_{prev} = SOE(t-1) - P_{ESS}(t-1) \times \frac{h}{E_{nom} \times 3600}$$

où E_{nom} est la capacité en énergie nominale du moyen de stockage et $SOE(t-1)$ est la dernière valeur connue de l'état d'énergie du moyen de stockage.

[Revendication 15] Procédé (100) selon l'une des revendications précédentes dans lequel étape (E2) de détermination des états des groupes électrogènes en fonction de la puissance de réserve P_{res} comprend :

- une sous-étape (E21) de détermination d'une charge nette notée NL_{start}^{GE} ;
- une sous-étape (E22) de détermination de l'état des groupes électrogène à partir de la charge nette NL_{start}^{GE}.

[Revendication 16] Procédé (100) selon la revendication précédente dans lequel la charge nette est donnée par l'expression suivante :

$$NL_{start}^{GE} = P_{load}(t-1) - P_{prod}(t-1) + P_{res}$$

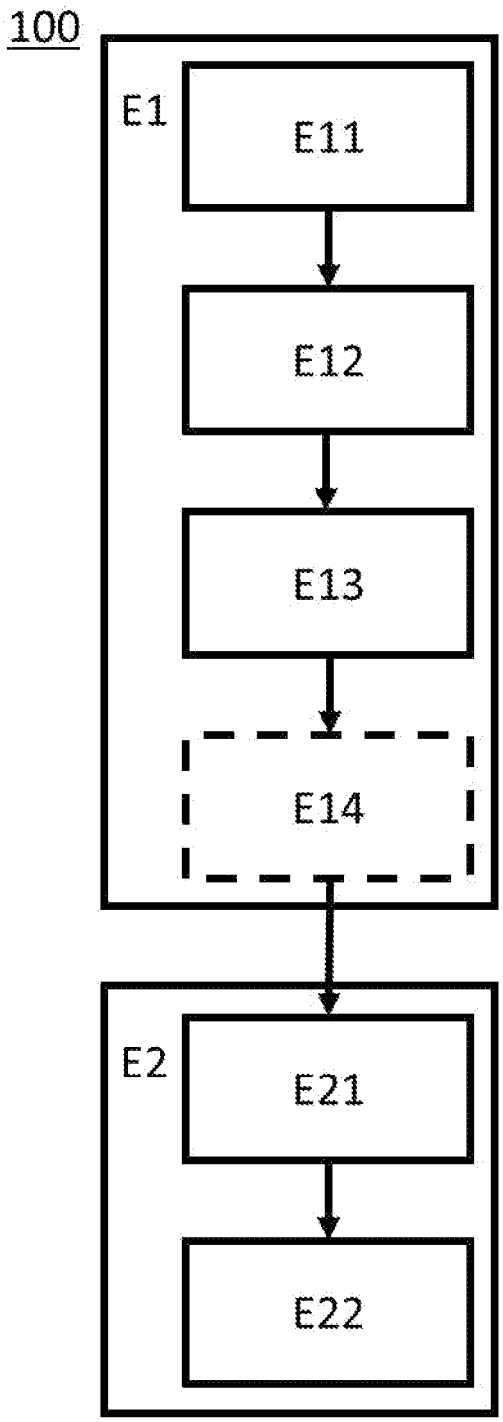
où $P_{load}(t-1)$ est la dernière puissance de charge (ou puissance consommée) connue (c'est-à-dire mesurée), $P_{prod}(t-1)$ est la dernière puissance produite connue (c'est-à-dire mesurée) et P_{res} est la puissance de réserve déterminée à l'étape précédente.

[Revendication 17] Dispositif comprenant les moyens configurés pour mettre en œuvre un procédé (100) selon l'une des revendications précédentes.

[Revendication 18] Programme d'ordinateur comprenant des instructions qui, lorsque le programme est exécuté par un ordinateur, conduisent celui-ci à mettre en œuvre un procédé (100) selon l'une des revendications 1 à 16.

[Revendication 19] Support de données lisible par ordinateur, sur lequel est enregistré le programme d'ordinateur selon la revendication précédente.

[Fig. 1]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveauté) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.
Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

[x] Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

[x] Le demandeur a maintenu les revendications.

☐ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

[x] Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

FR 3 045 194 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 16 juin 2017 (2017-06-16)

EP 3 255 594 A1 (SCHNEIDER ELECTRIC IND SAS [FR]) 13 décembre 2017 (2017-12-13)

US 2015/081124 A1 (EKANAYAKE SANJI [US] ET AL) 19 mars 2015 (2015-03-19)

US 2014/163755 A1 (POTTER DAVID [US] ET AL) 12 juin 2014 (2014-06-12)

US 2017/187186 A1 (PREMM DANIEL [DE] ET AL) 29 juin 2017 (2017-06-29)

CN 107 769 258 A (HUNAN RED SOLAR NEW ENERGY SCIENCE AND TECH CO LTD) 6 mars 2018 (2018-03-06)

US 2016/064934 A1 (ZHAO BO [CN] ET AL) 3 mars 2016 (2016-03-03)

US 2014/200723 A1 (ROY BINAYAK [US] ET AL) 17 juillet 2014 (2014-07-17)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT