

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2020/161406 A1

(43) Date de la publication internationale
13 août 2020 (13.08.2020)

(51) Classification internationale des brevets :

H02J 3/38 (2006.01) *G05B 15/02* (2006.01)
H02J 13/00 (2006.01) *H02J 3/32* (2006.01)
G05B 13/04 (2006.01)

DE FRANCE [FR/FR] ; 2 rue Norbert Ségard, 59046
LILLE CEDEX (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2020/050056

(22) Date de dépôt international :

16 janvier 2020 (16.01.2020)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1901032 04 février 2019 (04.02.2019) FR

(72) Inventeurs : **COURTECUISSÉ, Vincent** ; 22 route de
Saint-Rémy, 79000 SCIECQ (FR). **COUTARD, Léo** ; 33
rue des petits prés, 79000 BESSINES (FR). **ROBYNS, Be-
noît** ; 1 rue Louis Braille, 59130 LAMBERSART (FR).
DAVIGNY, Arnaud ; 5 Boulevard de Flandre, 62400 BE-
THUNE (FR).

(74) Mandataire : **BREESE, Pierre** ; IP TRUST, 2 rue de Cli-
chy, 75009 Paris (FR).

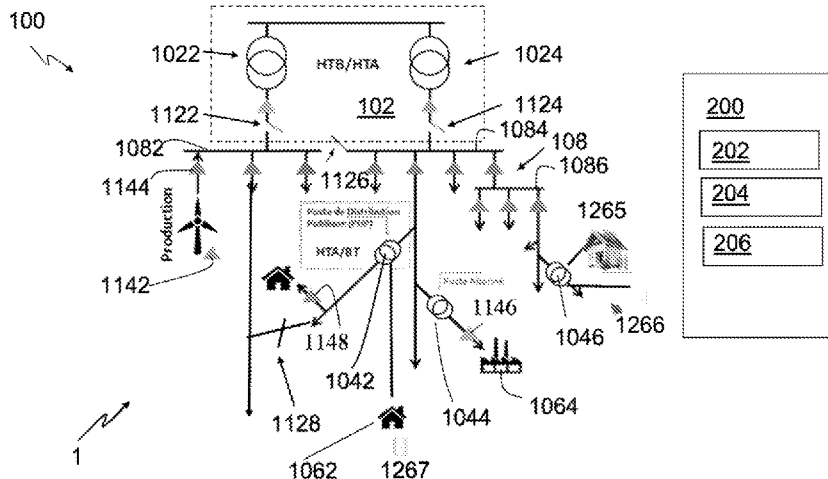
(81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,

(71) Déposants : **GEREDIS DEUX SEVRES** [FR/FR] ; 17 rue
des Herbillaux, 79000 NIORT (FR). **YNCREA HAUTS**

(54) Title: METHOD FOR SUPERVISING AN ELECTRICAL SYSTEM

(54) Titre : PROCÉDE DE SUPERVISION D'UN SYSTEME ELECTRIQUE

Figure 1



(57) Abstract: The invention relates to a method for supervising an electrical system (100) comprising loads (1062, 1064), a network (108) and sources (110), the loads being connected to the network via a high-to-medium voltage transformer (1042, 1044, 1046) which is supplied by at least one transformer (1022, 1024) and at least one local source (110), the method comprising data acquisitions at different points of the system, and a calculation of supervision setpoints from acquired data, the method further comprising a step prior to an application of the setpoints, said prior step comprising a calculation of a virtual state of the electrical system at a later time from a digital model at the current time and a digital application of the supervision setpoints to the digital model, and a verification that the virtual state belongs to the network operating domain, in which case the setpoints are applied, and otherwise a modification of the setpoints and recalculation of the virtual state from the modifications.

(57) Abrégé : Procédé de supervision d'un système électrique (100) comprenant des charges (1062, 1064), un réseau (108) et des sources (110), les charges étant raccordées au réseau par l'intermédiaire d'un transformateur (1042, 1044, 1046) de haute à moyenne tension, qui est alimenté par au moins un transformateur (1022, 1024) et au moins une source locale (110), le procédé comportant des acquisitions de données en différents points du système, et un calcul de consignes de supervision à partir de données acquises, le procédé comportant en outre une étape préalable à une application des consignes, laquelle étape préalable comprend un calcul d'un état virtuel du système



WO 2020/161406 A1

HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2(h))

électrique à un instant ultérieur à partir d'un modèle numérique à l'instant courant et d'une application numérique des consignes de supervision au modèle numérique, et une vérification de l'appartenance au domaine d'exploitation du réseau de l'état virtuel, auquel cas les consignes sont appliquées, et sinon, une modification des consignes et nouveau calcul de l'état virtuel à partir des modifications.

« Procédé de supervision d'un système électrique »**Domaine technique**

L'invention se situe dans le domaine des procédés de supervision d'un système électrique.

- 5 L'invention concerne également un dispositif de supervision électrique et un système comportant le dispositif de supervision selon l'invention. Elle concerne enfin un produit programme d'ordinateur mettant en œuvre le procédé de supervision selon l'invention.

État de la technique antérieure

- 10 Depuis quelques années, les réseaux de distribution de l'énergie électrique sont au cœur des évolutions énergétiques et environnementales qui touchent notre société. En effet, de nombreuses applications exploitent le vecteur électrique afin d'accroître leur efficacité énergétique. C'est en particulier le cas des véhicules électriques ou du chauffage par pompes à chaleur. La diminution de la consommation énergétique des ménages et des industries s'accompagne souvent d'un
- 15 accroissement de la part électrique de cette consommation. Le réseau électrique de distribution voit donc accroître l'évolution de son utilisation. Parallèlement, le consommateur domestique ou industriel alimenté par le réseau de distribution participe de plus en plus à la production d'énergie électrique, souvent d'origine renouvelable. Cette production n'est pas nécessairement en
- 20 concomitance avec la consommation électrique ; de l'énergie est alors refoulée sur le réseau de distribution, voire le réseau de transport. En l'absence de maîtrise de ces évolutions, les contraintes sur les ouvrages amèneraient au renforcement du réseau de distribution en augmentant le nombre et les dimensions des lignes et des postes électriques avec des coûts élevés et des conséquences dommageables pour l'environnement. Cette stratégie serait également un
- 25 véritable frein au développement des véhicules électriques alors que l'avantage majeur des véhicules électriques est sa faible émission de CO₂. En effet les émissions de CO₂ de ce type de véhicule dépendent de la teneur de CO₂ de l'énergie électrique les alimentant, l'idéal étant que la charge de ces véhicules soit réalisée à base d'énergie renouvelable.

- On connaît des procédés de supervision d'un réseau électrique dans l'art antérieur, tel que celui décrit par le document US8401709B2 qui concerne un système permettant de gérer et de
- 30 contrôler de manière dynamique les ressources énergétiques distribuées dans un réseau de transmission/distribution.

- Toutefois, cette solution n'est pas totalement satisfaisante car le système de gestion ne prend pas en compte l'état électrique du réseau de distribution dans le contrôle dynamique des ressources énergétiques distribuées. Aussi, le système de gestion ne propose pas d'intégrer de
- 35 stratégie de reconfiguration de réseau.

Exposé de l'invention

Un but de l'invention est notamment de remédier à tout ou partie des inconvénients précités.

Selon un premier aspect de l'invention, il est proposé un procédé de supervision d'un système
5 électrique comprenant des charges électriques, un réseau et des sources d'énergie.

La présente description utilise les notions de domaines haute tension niveau B (HTB), haute
tension niveau A (HTA), aussi appelée moyenne tension, et basse tension (BT).

En France, le domaine de la haute tension niveau B vise des tensions supérieures à 50 kV.

En France, le domaine de la haute tension niveau A vise des tensions supérieures à 1kv et
10 inférieures à 50kv.

En France, le domaine de la basse tension vise des tensions inférieures à 1000V.

Des délimitations similaires de plages de tensions existant dans d'autres pays, on se référera
à la norme applicable aux réseaux électriques de transport et de distribution pour délimiter les
différents domaines.

15 Par exemple, aux États-Unis, ces trois domaines sont respectivement visés par les termes *high
voltage*, *medium voltage*, et *low voltage*. Plus précisément, la norme ANSI C84.1-1989 sépare
les sous domaines de la manière suivante : *high voltage*, pour domaine de tension de 69 kV à
230 kV, *medium voltage*, pour le domaine de tension de 600 V à 69 kV, *low voltage* pour les
tensions inférieures à 600 V.

20 Chacune des charges électriques est raccordée au réseau électrique par l'intermédiaire d'un
transformateur de tension de moyenne à basse tension.

Par transformateur de tension de moyenne à basse tension, la présente description vise un
transformateur adapté pour transformer une tension du domaine de la moyenne tension en une
tension du domaine de la basse tension. Selon le vocabulaire de l'homme du métier, le
25 transformateur de tension de moyenne à basse tension est raccordé et à un tableau secondaire de
distribution de niveau A du côté du domaine de la haute tension niveau A, et à un tableau principal
de distribution de basse tension du côté du domaine de la basse tension. En France, le
transformateur de tension de moyenne à basse tension est aussi désigné par transformateur
HTA/BT par l'homme du métier.

30 Le réseau électrique est alimenté d'une part par au moins un transformateur de haute à
moyenne tension, et d'autre part par une pluralité de sources d'énergie locales. Dans la présente
description, le terme local signifie que la source est raccordée sur le domaine de tension HTA ou
BT

Par transformateur de haute à moyenne tension, la présente description vise un transformateur
35 adapté pour transformer une tension du domaine de la haute tension en une tension du domaine

de la moyenne tension. Selon le vocabulaire de l'homme du métier, le transformateur de tension de haute à moyenne tension est raccordé et à un poste de livraison de niveau B du côté du domaine de la haute tension niveau B, et à un tableau principal de distribution de haute tension de niveau A du côté du domaine de la haute tension de niveau A. En France, le transformateur de haute à moyenne tension est aussi désigné par transformateur HTB/HTA par l'homme du métier.

Par nature d'une source d'énergie, la présente description vise, de manière non limitative, les sources d'énergie éolienne, photovoltaïque. La présente description envisage aussi la restitution d'énergie au réseau par un véhicule électrique, qui est alors vu comme une source d'énergie.

De préférence, au moins deux sources d'énergie de la pluralité de sources d'énergie sont de nature différente.

Le procédé de supervision selon le premier aspect de l'invention comporte les étapes suivantes :

- acquisition(s), de préférence de manière intermittente, de valeurs efficaces moyennées, sur un intervalle de temps prédéterminé, de la tension et du courant au niveau (en entrée ou en sortie) du transformateur de haute à moyenne tension,
- acquisition(s), de préférence de manière intermittente, sur l'intervalle de temps prédéterminé, de valeurs des puissances actives et réactives, de la tension et du courant, au niveau d'une partie au moins des sources d'énergie locales,
- acquisition(s), de préférence de manière intermittente, sur l'intervalle de temps prédéterminé de valeurs actives de la tension et du courant au niveau des départs du transformateur de haute à moyenne tension,
- acquisition(s), de préférence de manière intermittente, sur l'intervalle de temps prédéterminé, des valeurs des puissances actives et réactives, de la tension et du courant au niveau d'un premier sous-ensemble de la partie de charges électriques, chacune des charges électriques du premier sous-ensemble étant équipée d'un moyen de télérelève,
- acquisition d'un historique de données de comptage d'énergie, sur un second intervalle de temps, par exemple d'un an, de chacune des charges électriques de la partie de charges électriques n'appartenant pas au premier sous-ensemble.

Selon une possibilité, le moyen de télérelève peut être filaire, par exemple utilisation d'une ligne téléphonique ou par utilisation du courant porteur en ligne.

Alternativement, le moyen de télérelève peut être sans fil, par exemple utilisation d'une technologie de type GSM, pour l'anglais Global System for Mobile communications.

Selon un mode de réalisation, il est en outre prévu d'acquérir un historique de données de comptage d'énergie, sur le second intervalle de temps, de charges appartenant au premier sous-ensemble, c'est-à-dire de charges pourvues d'un moyen de télérelève.

Le procédé de supervision selon le premier aspect de l'invention comporte en outre une étape calcul de consignes de supervision à partir de données représentatives de l'état du système électrique à un instant courant. La consigne de supervision peut être appliquée à une charge, à une source d'énergie ou à un stockage d'énergie.

5 Toujours selon le premier aspect de l'invention, et préalablement à l'application au système électrique des consignes de supervision résultant de l'étape de calcul, le procédé de supervision comporte les étapes suivantes :

- une détermination d'un état courant d'un modèle numérique du système électrique à l'instant courant,
- 10 - une étape de calcul d'un état virtuel du modèle numérique à un instant ultérieur à l'instant courant, à partir d'une application numérique des consignes de supervision à l'état courant du modèle numérique déterminé.

Si l'état virtuel ainsi calculé s'inscrit dans le domaine d'exploitation du réseau, appliquer les consignes de supervisions, sinon, modifier les consignes de supervisions et réappliquer l'étape
15 de calcul de l'état virtuel du modèle numérique à un instant ultérieur par réévaluation de la représentation numérique virtuelle de l'état du système électrique à l'instant ultérieur à partir des consignes de supervisions modifiées.

Le domaine d'exploitation du réseau est l'espace en plan de tension, contraintes thermiques des lignes et des transformateurs l'intérieur duquel le réseau électrique peut fonctionner en
20 sécurité. Si le réseau électrique est mis en exploitation en dehors de son domaine d'exploitation, sa structure risque d'être endommagée, voire détruite.

Avantageusement, la consigne de supervision peut être une consigne de modulation de puissance. La modulation de puissance peut, par exemple, être une consigne d'effacement. Une charge, une source, ou un stockage peuvent être effacés.

25 Selon une possibilité, les charges électriques d'un deuxième sous-ensemble de la partie de charges électriques sont dépourvues de capteur ou de moyen de télérelève. Le procédé peut comporter une étape additionnelle de reconstitution et d'enregistrement dans une mémoire de la courbe temporelle de charge de chacune des charges électriques du second sous-ensemble. Le calcul de consignes de supervision peut alors prendre en compte d'une part les données acquises
30 et d'autre part les courbes temporelles du deuxième sous-ensemble. On adresse ainsi la difficulté posée par les charges qui ne sont pas équipées de moyen de télérelève.

Selon un mode de réalisation, le réseau électrique peut comporter une pluralité d'interrupteurs télécommandés pour la modification du schéma d'exploitation du réseau.

L'étape de reconstitution de la courbe temporelle de charge de chacune des charges électriques du second sous-ensemble peut alors prendre en compte l'état des interrupteurs télécommandés.

Les consignes de supervision peuvent comprendre des consignes de commande de l'état de
5 interrupteurs. Il est ainsi possible de reconfigurer le réseau électrique.

Les consignes de supervision peuvent comprendre des consignes de commande de l'état de sources d'énergie. Les consignes de commandes peuvent par exemple comprendre des consignes pour écrêter l'état d'une source d'énergie renouvelable. Par source d'énergie renouvelable, la présente description désigne, par exemple, une source éolienne, photovoltaïque, de petite
10 hydraulique (au fil de l'eau), ou de déchet, par valorisation des déchets par exemple méthanisation.

En particulier, la source d'énergie peut être un véhicule électrique.

Toujours selon une possibilité, le système électrique peut comporter en outre au moins un dispositif de stockage. Les consignes de supervision peuvent alors comprendre des consignes de
15 commande de l'état de l'au moins un dispositif de stockage.

Selon un deuxième aspect de l'invention, il est proposé un dispositif comportant des moyens d'acquisition configurés pour acquérir les différentes données mise en œuvre dans une étape d'un procédé selon le premier aspect de l'invention, ou l'un ou plusieurs de ses perfectionnements, des moyens de calcul configurés pour effectuer les calculs effectués par les étapes de calcul du
20 procédé et des moyens d'actionnement configurés pour appliquer les différentes consignes de supervision du procédé.

Selon un troisième aspect de l'invention, il est proposé un système comportant un système électrique et un dispositif de supervision du système électrique selon le deuxième aspect de l'invention.

25 Selon encore un autre aspect de l'invention, il est proposé un produit programme d'ordinateur, téléchargeable depuis un réseau de communication et/ou stocké sur un support lisible par ordinateur et/ou exécutable par un microprocesseur, et chargeable dans une mémoire interne d'une unité de calcul, comportant des instructions de code de programme qui, lorsqu'elles sont exécutées par l'unité de calcul, mettent en œuvre les étapes du procédé selon le premier aspect
30 de l'invention, ou l'un ou plusieurs de ses perfectionnements. Il est ainsi prévu d'implémenter sous forme de produit programme d'ordinateur un tel procédé.

Description des figures

D'autres avantages et particularités de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée de mises en œuvre et de modes de réalisation nullement limitatifs, au regard de dessins annexés sur lesquels :

- 5 - La figure 1 représente schématiquement un système selon un mode de réalisation de l'invention,
- La figure 2 représente schématiquement un procédé selon un mode de réalisation de l'invention.

Description de modes de réalisation

10 Les modes de réalisation décrits ci-après n'étant nullement limitatifs, on pourra notamment considérer des variantes de l'invention ne comprenant qu'une sélection de caractéristiques décrites, par la suite isolées des autres caractéristiques décrites, si cette sélection de caractéristiques est suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieure. Cette sélection comprend au moins une
15 caractéristique, de préférence fonctionnelle sans détails structurels, ou avec seulement une partie des détails structurels si cette partie uniquement est suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieure.

Sur les figures un élément apparaissant sur plusieurs figures conserve la même référence.

La figure 1 illustre un exemple de réalisation d'un système 1 selon l'invention.

20 Le système selon l'invention comportant un système électrique 100 et un dispositif de supervision 200 selon l'invention du système électrique 100.

Le système électrique 100 comporte :

- deux transformateurs de haute à moyenne tension, respectivement 1022 et 1024, disposés au sein d'un poste électrique HTB/HTA référencé 102,
- 25 - trois transformateurs de moyenne à basse tension, respectivement 1042, 1044 et 1046,
- deux charges, respectivement 1062 et 1066,
- un réseau électrique 108, fonctionnellement disposé entre les deux transformateurs de haute à moyenne tension, respectivement 1022 et 1024, et les deux charges, respectivement 1062 et 1064,
- 30 - une source d'énergie renouvelable de type éolienne 110,
- trois interrupteurs télécommandés 1122, 1124, 1126.,
- 12 interrupteurs télécommandés, un interrupteur en tête de départ HTA + deux interrupteur en ligne (1128 et 1146) + interrupteur du JdB HTA 1126 + interrupteur transformateur 1122 et 1124.

Le réseau électrique 108 est alimenté d'une part par les deux transformateurs de haute à moyenne tension, respectivement 1022 et 1024

Plus précisément, les interrupteurs télécommandés 1122 et 1124 sont normalement fermés (mais représenté normalement ouvert dans le schémas), et conduisent le courant depuis le transformateur 1022, respectivement 1024, vers un tableau principal de distribution HTA 1082, respectivement 1084.

L'interrupteur télécommandé 1126 est normalement ouvert. Toutefois, il est possible de reconfigurer le réseau, en fermant l'interrupteur 1126 dès lors que l'un des deux interrupteurs 1122 ou 1124 est ouvert. Le tableau principal de distribution HTA 1082, respectivement 1084, peut alors être alimenté par un autre transformateur.

Le réseau électrique est en outre alimenté par la source d'énergie renouvelable de type éolienne 110. A cet effet, la source d'énergie renouvelable est raccordée au tableau principal de distribution HTA 1082.

Chacun des transformateurs, respectivement 1042, 1044, de haute à moyenne tension est raccordée au poste électrique 102 par l'intermédiaire de ligne HTA, aussi appelée départ HTA, disposée entre le transformateur et le tableau principal de distribution 1082 ou 1084.

Chacune des charges électriques, respectivement 1062 et 1064, est raccordée à un tableau principal de distribution basse tension, 1082, respectivement 1084, par l'intermédiaire d'un transformateur, respectivement 1042, 1044, de haute à basse tension.

Une charge pilotable 1267, par exemple un chauffe-eau électrique ou un véhicule électrique, peut être également raccordée au tableau principal de distribution 1084 par l'intermédiaire du transformateur 1042 de haute à basse tension.

Le transformateur 1046 de haute à basse tension est raccordé au tableau principal 1084 de distribution HTA par l'intermédiaire d'un tableau secondaire 1086 de distribution basse tension.

Comme cela est représenté, des productions photovoltaïques, sur toiture résidentielle ou parc de production, respectivement 1265 et 1266, peuvent faire partie du réseau.

Comme représenté sur la figure, le réseau électrique comporte encore un autre interrupteur télécommandé 1128 (normalement ouvert) agencé pour choisir sélectivement l'alimentation en énergie de la charge 1162 parmi deux départs HTA.

Comme cela est illustré par les différents triangles sur la figure, le système électrique 100 comporte en outre des moyens de comptage ou télémessure.

Ces moyens de comptages peuvent être disposés au niveau d'une source, comme le moyen 1142, au niveau d'un départ HTA comme le moyen 1144, ou encore au niveau d'une charge comme les moyens 1146 et 1148, respectivement associés à la charge 1064 et 1062.

On peut noter que le compteur 1148 peut être de type compteur électronique et indiquer un index de consommation.

Toutefois, certaines charges, non représentées, ne disposent pas de moyen de télérelève.

Le dispositif de supervision 200 comporte :

- 5 - des moyens d'acquisition 202 configurés pour acquérir des données provenant du système électrique 100,
- des moyens de calcul 204 configurés pour effectuer des calculs pour déterminer des consignes de supervision qui vont être présentées ultérieurement,
- 10 - des moyens d'actionnement 206 configurés pour appliquer les différentes consignes de supervision au système électrique 100.

Le dispositif de supervision 200 est souvent appelé système de contrôle et d'acquisition de données ou SCADA, pour l'anglais *Supervisory Control And Data Acquisition*.

La particularité de l'invention réside notamment dans la configuration des moyens de calculs pour déterminer les consignes de supervision.

15

Selon une possibilité, le dispositif de supervision 200 peut en outre comporter des moyens de réception 208 de tarification de l'électricité.

20 Selon une possibilité avantageuse, les moyens de calcul 204 peuvent être configurés pour mettre en œuvre des outils d'intelligence artificiel (par exemple des réseaux de neurones, de la logique floue) pour déterminer les consignes de supervision à partir d'un procédé selon l'invention, et/ou de tarification de l'électricité récupérées par les moyens de réception 208.

En référence à la figure 2, il est représenté un exemple de procédé P1 de supervision selon l'invention.

Le procédé P1 comporte une étape d'acquisition E1.

25 L'étape d'acquisition E1 comporte les étapes suivantes, mises en œuvre via les moyens de d'acquisition 202 :

- acquisition E11 de valeurs efficaces moyennées, sur un intervalle de temps prédéterminé, de la tension et du courant au niveau des transformateurs de haute à moyenne tension 1022 et 124,
- 30 - acquisition E12 de valeurs, sur l'intervalle de temps prédéterminé (classiquement 10 minutes), des puissances actives et réactives, de la tension et du courant, au niveau d'une partie au moins des sources d'énergie locales, via le moyen de mesure 1142,
- acquisition E13 de valeurs, sur l'intervalle de temps prédéterminé, actives de la tension et du courant au niveau de départs du transformateur de haute à moyenne tension, via les
- 35 moyens de mesure 1144,

- acquisition E14 de valeurs, sur l'intervalle de temps prédéterminé, des puissance active et réactive, de la tension et du courant au niveau d'un premier sous-ensemble de la partie, chacune des charges électriques du premier sous-ensemble étant équipée d'un moyen de télérelève, ou plus généralement d'un capteur de consommation, via le moyen de mesure 1148,
- acquisition E15 de l'historique des données de comptage d'énergie sur un second intervalle de temps de chacune des charges électriques des charges électriques n'appartenant pas au premier sous-ensemble,
- reconstitution et enregistrement E16 dans une mémoire de la courbe temporelle de charge de chacune des charges électriques du second sous-ensemble, le calcul de consignes de supervision prenant en compte d'une part les données acquises et d'autre part les courbes temporelles.

Le procédé P1 comporte une étape E2 de détermination d'un modèle numérique à l'instant courant du système électrique, à partir des données acquises au cours de l'étape E1 et de détermination de consignes de supervision (des outils d'intelligence artificiel permettent de consolider les résultats et de s'affranchir de données manquante et/ou erronées).

Le procédé P1 comporte une étape E3 comportant une application numérique virtuelle des consignes de supervision au modèle numérique à l'instant courant. En sortie de l'étape E3, il est ainsi déterminé un état virtuel du modèle numérique à un instant ultérieur à partir d'un modèle numérique à l'instant courant du système électrique.

Le procédé P1 comporte une étape E4 de vérification de la conformité l'état virtuel à un instant ultérieur avec le domaine d'exploitation du réseau.

Si l'état virtuel à un instant ultérieur ainsi calculé s'inscrit dans le domaine d'exploitation du réseau, le procédé P1 se poursuit par une étape E5 comportant une application des consignes de supervisions au système électrique 100.

Si l'état du réseau virtuel à un instant ultérieur ainsi calculé ne s'inscrit pas dans le domaine d'exploitation du réseau, le procédé P1 se poursuit par une étape E6 de détermination de consignes de supervisions modifiées.

L'étape E6 est alors poursuivie par l'étape E3, qui comporte alors une application numérique des consignes de supervision modifiée au modèle numérique à l'instant courant. En sortie de l'étape E3, il est ainsi déterminé un nouvel état virtuel du modèle numérique à un instant ultérieur à partir de l'état courant et des consignes modifiées. La vérification de l'étape E4 est alors effectuée.

Avec le procédé P1 selon l'invention, le réseau électrique est modélisé selon un niveau de granularité très fin, et il est possible de délivrer différentes consignes de supervision, telle que

des consignes de modulation de puissance, de commande de l'état des interrupteurs, de commande de l'état des sources d'énergie ou encore de commande de l'état d'au moins un dispositif de stockage.

5 Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits et de nombreux aménagements peuvent être apportés à ces exemples sans sortir du cadre de l'invention. De plus, les différentes caractéristiques, formes, variantes et modes de réalisation de l'invention peuvent être associés les uns avec les autres selon diverses combinaisons dans la mesure où ils ne sont pas incompatibles ou exclusifs les uns des autres.

Revendications

1. Procédé de supervision d'un système électrique (100) comprenant des charges électriques (1062, 1064...), un réseau électrique (108) et des sources d'énergie (110...), chacune des charges électriques étant raccordée à un réseau électrique par l'intermédiaire d'un transformateur (1042, 1044, 1046) de haute à moyenne tension, ledit réseau électrique étant alimenté d'une part par au moins un transformateur (1022, 1024) et d'autre part par au moins une source d'énergie locale (110), comportant les étapes suivantes :
- 5 – acquisition (E11) de valeurs efficaces moyennées, sur un intervalle de temps prédéterminé, de la tension et du courant au niveau du transformateur de haute à moyenne tension ,
 - 10 – acquisition (E12) de valeurs, sur ledit intervalle de temps prédéterminé, des puissances actives et réactives, de la tension et du courant, au niveau d'une partie au moins desdites sources d'énergie locales,
 - 15 – acquisition (E13) de valeurs, sur ledit intervalle de temps prédéterminé, actives de la tension et du courant au niveau de départs dudit transformateur de haute à moyenne tension ,
 - acquisition (E14) de valeurs, sur ledit intervalle de temps prédéterminé, des puissance actives et réactives, de la tension et du courant au niveau d'un premier sous-ensemble de ladite partie, chacune des charges électriques dudit premier sous-ensemble étant équipée d'un moyen de télérelève,
 - 20 – acquisition (E15) de l'historique des données de comptage d'énergie sur un second intervalle de temps de chacune des charges électriques des charges électriques n'appartenant pas au premier sous-ensemble,
 - 25 le procédé comportant en outre une étape de calcul (E2) de consignes de supervision à partir de données représentatives de l'état du système électrique à un instant courant, le procédé comportant en outre une étape préalable à une étape d'application (E5) au système électrique desdites consignes de supervision résultant dudit calcul, comprenant l'étape de :
 - 30 – calculer (E3) un état virtuel d'un modèle numérique du système électrique à un instant ultérieur à partir d'un état courant du modèle numérique à l'instant courant et d'une application numérique des consignes de supervision audit état courant du modèle numérique, et l'étape de comparaison (E4) suivante :
 - 35 ○ si l'état virtuel ainsi calculé s'inscrit dans le domaine d'exploitation du réseau, appliquer (E5) lesdites consignes de supervisions,

- sinon, modifier (E6) lesdites consignes de supervisions et réappliquer ladite étape de calcul de l'état virtuel du modèle numérique à l'instant ultérieur à partir desdites consignes de supervision modifiées.
- 5 2. Procédé de supervision selon la revendication 1, dans lequel la consigne de supervision est une consigne de modulation de puissance.
- 10 3. Procédé de supervision selon la revendication 1 ou 2, dans lequel les charges électriques d'un deuxième sous-ensemble de la partie de charges électriques sont dépourvues de capteur ou de moyen de télérelève, le procédé comportant une étape additionnelle (E16) de reconstitution et d'enregistrement dans une mémoire de la courbe temporelle de charge de chacune desdites charges électriques du second sous-ensemble, ledit calcul de consignes de supervision prenant en compte d'une part lesdites données acquises et d'autre part lesdites courbes temporelles.
- 15 4. Procédé de supervision selon la revendication 1, dans lequel le réseau électrique (108) comporte une pluralité d'interrupteurs télécommandés (1122, 1124, 1126, 1128) pour la modification du schéma d'exploitation du réseau électrique.
- 20 5. Procédé de supervision selon les deux revendications précédentes, dans lequel l'étape de reconstitution prend en compte l'état desdits interrupteurs.
- 25 6. Procédé de supervision selon la revendication 4 ou 5, dans lequel les consignes de supervision comprennent en outre des consignes de commande de l'état des interrupteurs.
- 30 7. Procédé de supervision selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les consignes de supervision comprennent en outre des consignes de commande de l'état des sources d'énergie.
- 35 8. Procédé de supervision selon la revendication précédente, dans lequel la source d'énergie est un véhicule électrique.
9. Procédé de supervision selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant en outre au moins un dispositif de stockage et, si ledit état virtuel ainsi calculé

s'inscrit dans le domaine d'exploitation du réseau, commander l'état de l'au moins un dispositif de stockage.

- 5 10. Dispositif de supervision (200) d'un système électrique (100) comportant des moyens d'acquisition (202) configurés pour acquérir les différentes données mise en œuvre dans une étape d'un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, des moyens de calcul (204) configurés pour effectuer les calculs effectués par les étapes de calcul dudit procédé et des moyens d'actionnement (206) configurés pour appliquer les différentes consignes de supervision dudit procédé.
- 10 11. Système électrique (100) comportant un dispositif de supervision (200) dudit système électrique selon la revendication précédente.
- 15 12. Produit programme d'ordinateur, téléchargeable depuis un réseau de communication et/ou stocké sur un support lisible par ordinateur et/ou exécutable par un microprocesseur, et chargeable dans une mémoire interne d'une unité de calcul, comportant des instructions de code de programme qui, lorsqu'elles sont exécutées par l'unité de calcul, mettent en œuvre les étapes du procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes de procédé de supervision d'un système électrique.

20

Figure 1

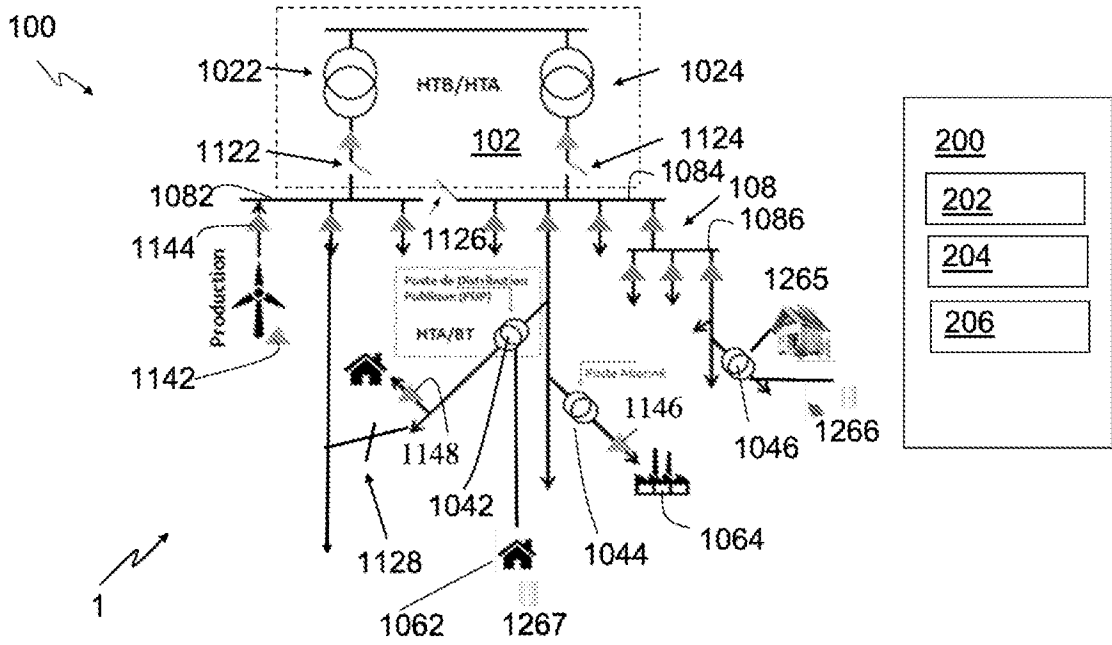
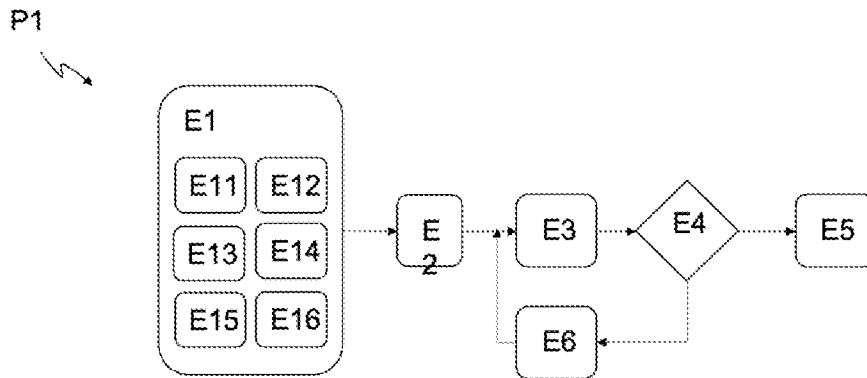


Figure 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2020/050056

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H02J 3/38 (2006.01)i; H02J 13/00 (2006.01)i; G05B 13/04 (2006.01)i; G05B 15/02 (2006.01)i; H02J 3/32 (2006.01)n		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G05B; H02J		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 8401709 B2 (CHERIAN SUNIL [US]; KEOGH BRENDAN [US] ET AL.) 19 March 2013 (2013-03-19) cited in the application abstract pages 2-4,6-9 column 13, line 17 - column 21, line 15	1-12
A	US 2009113049 A1 (NASLE ADIB [US] ET AL) 30 April 2009 (2009-04-30) abstract figures 2-4, 6, 18 paragraphs [0077], [0093] - [0096], [0154], [0197], [0206]	1-12
A	US 2014265574 A1 (TYLER STEPHEN J [US] ET AL) 18 September 2014 (2014-09-18) abstract figures 1-3,11-13 paragraph [0018] - paragraph [0026] paragraph [0059] - paragraph [0084] paragraph [0112] - paragraph [0118]	1-12
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 19 May 2020		Date of mailing of the international search report 04 June 2020
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Hurtado-Albir, F Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2020/050056

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 2894597 A1 (ALCATEL LUCENT [FR]) 15 July 2015 (2015-07-15) abstract paragraphs [0019], [0020], [0029] - [0036]	1-12
A	US 2013325147 A1 (KARNOUSKOS STAMATIS [DE]) 05 December 2013 (2013-12-05) the whole document	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/FR2020/050056

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	8401709	B2	19 March 2013	CA	2779307	A1	19 January 2012
				CN	102725933	A	10 October 2012
				EP	2497177	A2	12 September 2012
				ES	2744192	T3	24 February 2020
				JP	5896420	B2	30 March 2016
				JP	2013510545	A	21 March 2013
				US	2011106321	A1	05 May 2011
				US	2013166085	A1	27 June 2013
				US	2015012146	A1	08 January 2015
				WO	2012008979	A2	19 January 2012
US	2009113049	A1	30 April 2009	AU	2008356120	A1	12 November 2009
				CA	2701997	A1	12 November 2009
				CA	2883059	A1	12 November 2009
				EP	2223260	A2	01 September 2010
				US	2009113049	A1	30 April 2009
				US	2015112907	A1	23 April 2015
				US	2016048757	A1	18 February 2016
				WO	2009136230	A2	12 November 2009
US	2014265574	A1	18 September 2014	US	2014265574	A1	18 September 2014
				US	2015137600	A1	21 May 2015
				US	2017170661	A1	15 June 2017
				US	2020036189	A1	30 January 2020
EP	2894597	A1	15 July 2015	CN	105900128	A	24 August 2016
				EP	2894597	A1	15 July 2015
				JP	2017505599	A	16 February 2017
				US	2016322819	A1	03 November 2016
				WO	2015104088	A1	16 July 2015
US	2013325147	A1	05 December 2013	NONE			

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2020/050056

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H02J3/38 H02J13/00 G05B13/04 G05B15/02 ADD. H02J3/32		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G05B H02J		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 8 401 709 B2 (CHERIAN SUNIL [US]; KEOGH BRENDAN [US] ET AL.) 19 mars 2013 (2013-03-19) cité dans la demande abrégé pages 2-4,6-9 colonne 13, ligne 17 - colonne 21, ligne 15 -----	1-12
A	US 2009/113049 A1 (NASLE ADIB [US] ET AL) 30 avril 2009 (2009-04-30) abrégé figures 2-4, 6, 18 alinéas [0077], [0093] - [0096], [0154], [0197], [0206] ----- -/--	1-12
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		
<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets	
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 19 mai 2020		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 04/06/2020
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Hurtado-Albir, F

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>US 2014/265574 A1 (TYLER STEPHEN J [US] ET AL) 18 septembre 2014 (2014-09-18) abrégé figures 1-3,11-13 alinéa [0018] - alinéa [0026] alinéa [0059] - alinéa [0084] alinéa [0112] - alinéa [0118] -----</p>	1-12
A	<p>EP 2 894 597 A1 (ALCATEL LUCENT [FR]) 15 juillet 2015 (2015-07-15) abrégé alinéas [0019], [0020], [0029] - [0036] -----</p>	1-12
A	<p>US 2013/325147 A1 (KARNOUSKOS STAMATIS [DE]) 5 décembre 2013 (2013-12-05) le document en entier -----</p>	1-12

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2020/050056

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 8401709	B2	19-03-2013	CA 2779307 A1	19-01-2012
			CN 102725933 A	10-10-2012
			EP 2497177 A2	12-09-2012
			ES 2744192 T3	24-02-2020
			JP 5896420 B2	30-03-2016
			JP 2013510545 A	21-03-2013
			US 2011106321 A1	05-05-2011
			US 2013166085 A1	27-06-2013
			US 2015012146 A1	08-01-2015
			WO 2012008979 A2	19-01-2012

US 2009113049	A1	30-04-2009	AU 2008356120 A1	12-11-2009
			CA 2701997 A1	12-11-2009
			CA 2883059 A1	12-11-2009
			EP 2223260 A2	01-09-2010
			US 2009113049 A1	30-04-2009
			US 2015112907 A1	23-04-2015
			US 2016048757 A1	18-02-2016
			WO 2009136230 A2	12-11-2009

US 2014265574	A1	18-09-2014	US 2014265574 A1	18-09-2014
			US 2015137600 A1	21-05-2015
			US 2017170661 A1	15-06-2017
			US 2020036189 A1	30-01-2020

EP 2894597	A1	15-07-2015	CN 105900128 A	24-08-2016
			EP 2894597 A1	15-07-2015
			JP 2017505599 A	16-02-2017
			US 2016322819 A1	03-11-2016
			WO 2015104088 A1	16-07-2015

US 2013325147	A1	05-12-2013	AUCUN	
