(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** **3 149 093**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **23 05072**

(51) Int Cl[8] : ***G 01 R 31/08*** *(2023.01), G 01 R 31/50, H 04 B 3/46*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 23.05.23.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 29.11.24 Bulletin 24/48.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire :** *Se reporter à la fin du présent fascicule*

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

( ) **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *NEXANS SA* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** KAFAL Moussa et GRIOT Samuel.

(73) **Titulaire(s) :** NEXANS SA.

(74) **Mandataire(s) :** IPSILON.

(54) Synchronisation de dispositifs d'acquisition de données d'un système de surveillance en ligne d'un réseau de distribution électrique.

(57) L'invention concerne la synchronisation entre au moins deux dispositifs d'acquisition de données d'un système de surveillance en ligne d'un réseau de distribution électrique, localisé chacun en un point connu du réseau et configuré pour détecter des évènements haute fréquence lors de phases passives d'acquisition de données et pour injecter des signaux haute fréquence. Selon l'invention, on injecte dans le réseau un premier signal comprenant au moins une impulsion haute fréquence à partir d'un premier dispositif d'acquisition de données à un premier instant d'injection tA1 horodaté par un premier moyen d'horodatage local; après réception du premier signal par le deuxième dispositif d'acquisition de données à un premier instant de réception tB1 horodaté par un deuxième moyen d'horodatage local, on injecte dans le réseau un deuxième signal identique audit premier signal à partir du deuxième dispositif d'acquisition de données, le deuxième signal étant injecté à un deuxième instant d'injection tB2 séparé du premier instant de réception tB1 par une durée T prédéfinie; sur réception du deuxième signal au niveau du premier dispositif d'acquisition de données à un deuxième instant de réception tA2 horodaté par le premier moyen d'horodatage local, on détermine une différence de synchronisation entre le premier moyen d'horodatage local et le deuxième moyen d'horodatage local sur la base du premier instant d'injection tA1, du deuxième instant de réception tA2, et de la durée T prédéfinie.

Figure pour abrégé : Aucune

FR 3 149 093 - A1

Description

Titre de l'invention : Synchronisation de dispositifs d'acquisition de données d'un système de surveillance en ligne d'un réseau de distribution électrique

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne le domaine général de la surveillance du bon fonctionnement des éléments présents dans un réseau de distribution électrique, notamment des câbles électriques, et plus précisément la synchronisation entre au moins deux dispositifs d'acquisition de données appartenant à un système de surveillance en ligne d'un réseau de distribution électrique.

Arrière-plan technologique

[0002] L'un des principaux problèmes susceptibles d'affecter le fonctionnement d'un réseau de transmission et/ou de distribution électrique est l'apparition de décharges partielles sur les câbles, les transformateurs, les appareillages de commutation, les jonctions de câbles, etc. qui peuvent conduire à leur dégradation progressive et, finalement, à des défauts destructeurs.

[0003] La détection et la localisation des décharges peuvent fournir des informations cruciales à l'opérateur de réseau concernant l'état de l'isolation des câbles de distribution en fonctionnement et de l'équipement en général.

[0004] Des systèmes de surveillance ont déjà été proposés sur la base de mesures à une extrémité d'un câble du réseau, qui utilisent la réflectométrie dans le domaine temporel (TDR) ainsi que des techniques de traitement des signaux. Toutefois, ces systèmes peuvent principalement être utilisés hors ligne et présentent des limites strictes en ce qui concerne leur efficacité et leur champ d'application.

[0005] D'autres systèmes connus, appelés systèmes de surveillance en ligne, peuvent détecter et localiser des évènements susceptibles de représenter des anomalies, de type décharge partielle, sans affecter le fonctionnement normal du réseau. Les informations relatives à la progression du phénomène dans le temps peuvent empêcher l'apparition de défauts destructeurs, améliorant ainsi les indices de fiabilité du réseau et évitant que le courant de court-circuit ne sollicite d'autres équipements. En conséquence, de tels systèmes de surveillance en ligne contribuent à l'un des aspects importants du réseau intelligent, à savoir l'utilisation optimale des actifs existants par la mise en œuvre d'une maintenance préventive optimisée et d'une connaissance intelligente de l'état des actifs.

[0006] Comme représenté sur la [Fig.1], qui schématise partiellement un exemple de réseau de distribution électrique maillé, le principe de la surveillance en ligne consiste à placer une pluralité de dispositifs 1 d'acquisition de données en ligne à des em-

placements prédéfinis du réseau, par exemple aux extrémités de câbles électriques présents dans ce réseau. Dans l'exemple non limitatif de la [Fig.1], trois de ces dispositifs 1 d'acquisition de données en ligne ont été représentés placés à trois localisations connues illustrées par les points A, B et C. Les deux dispositifs 1 placés aux points A et B peuvent détecter des évènements correspondant à une décharge partielle survenant à n'importe quelle position d'un câble ou équipement du réseau, par exemple située entre les points A et B ou même en dehors de ces points. De même, les deux dispositifs 1 placés aux points B et C peuvent détecter des évènements correspondant à une décharge partielle survenant à n'importe quelle position d'un câble ou équipement du réseau, par exemple située entre les points B et C, ou même en dehors de ces points.

[0007] Le principe connu de la localisation d'une décharge partielle avec ce type de systèmes de surveillance en ligne est le suivant : Si une décharge partielle 2 survient entre les points A et B du réseau, deux signaux impulsionnels correspondant $u_A(t)$ et $u_B(t)$ vont se propager en direction opposée dans le réseau. Le signal $u_A(t)$ est détecté par le dispositif 1 d'acquisition de données situé au point A à un instant t_{oa_A}, et le signal $u_B(t)$ est détecté par le dispositif 1 d'acquisition de données situé au point B à un instant t_{oa_B}. La localisation Z_{PD} de la décharge partielle 2 peut ainsi être déterminée selon la relation suivante :

$$Z_{PD}=\frac{t_c-\Delta t_{oa}}{2t_c}.l_c \quad (1) \qquad \text{avec } \Delta t_{oa}= t_{oa_A} - t_{oa_B} \quad (2)$$

t_c, le temps de vol entre les points A et B; et

l_c la longueur connue de câble séparant les points A et B.

[0008] Afin de pouvoir déterminer la quantité Δt_{oa}, et par suite, la localisation Z_{PD}, il est donc nécessaire de synchroniser les deux dispositifs 1 d'acquisition de données situés aux points A et B. En d'autres termes, les instants d'arrivée t_{oa_A} et t_{oa_B} des signaux $u_A(t)$ et $u_B(t)$ acquis par chacun des deux dispositifs 1 d'acquisition de données doivent être déterminés dans un référentiel temporel commun.

[0009] Comme visible sur la figure 1, il est déjà connu d'associer chaque dispositif 1 d'acquisition de données du système de surveillance à un récepteur 10 d'un système de navigation par satellite, par exemple un récepteur GPS 10. Chaque évènement détecté par chacun des dispositifs 1 d'acquisition de données, par exemple le signal précédent $u_A(t)$ ou $u_B(t)$ généré par une décharge partielle, peut ainsi être horodaté dans un système de référence commun. Cette méthode de synchronisation est décrite par exemple dans le document WO 2021/138569. La différence entre les temps d'arrivée des signaux $u_A(t)$ et $u_B(t)$ au niveau des deux dispositifs 1 d'acquisition de données, exprimés dans une référence de temps commune, et par suite, la localisation Z_{PD} de la

décharge partielle, peuvent ensuite être déterminées par application des relations (1) et (2) ci-dessus.

[0010] Néanmoins, bien que la précision du GPS puisse être très élevée, plusieurs facteurs peuvent introduire des erreurs, tels que les effets de la propagation multiple du signal GPS, les erreurs de localisation des satellites, les conditions atmosphériques et, surtout, les difficultés d'installation. En effet, l'utilisation correcte des systèmes GPS implique l'utilisation d'antennes qui doivent être installées en espace libre pour permettre de capter le signal du satellite. Or, outre le fait que ces antennes sont coûteuses, de nombreux réseaux de distribution électrique haute tension ou moyenne tension sont des réseaux de distribution souterrains pour lesquels on souhaite minimiser les besoins d'installer des équipements en surface.

[0011] Une autre méthode connue, décrite dans le document WO 2004/013642 A2, consiste à injecter des impulsions de synchronisation haute fréquence à l'une des extrémités d'un câble sous surveillance d'un réseau de distribution, à l'aide d'un coupleur inductif. Les données acquises par les systèmes de surveillance utilisés aux deux extrémités du câble, générées par des impulsions de décharge partielle dans le câble contiennent ainsi à la fois des impulsions de décharge partielles et des impulsions de synchronisation. En alignant les ensembles de données et en utilisant le délai entre l'impulsion de décharge partielle et l'impulsion de synchronisation, il est possible d'obtenir l'emplacement de la décharge partielle. Cette méthode de synchronisation temporelle utilise le câble d'alimentation comme support de transmission des impulsions de synchronisation, ce qui atténue l'inconvénient de l'invisibilité des satellites et les problèmes de conditions atmosphériques associés au GPS. Cependant, la précision de cette méthode est fortement affectée par l'atténuation et la dispersion des impulsions de synchronisation se propageant dans le câble. Il en résulte une perte des données temporelles envoyées par le câble.

Résumé de l'invention

[0012] La présente invention a pour but de pallier les inconvénients des méthodes et systèmes pour synchroniser au moins deux dispositifs d'acquisition de données d'un système de surveillance en ligne d'un réseau de distribution électrique.

[0013] Plus précisément, la présente invention a pour objet un procédé de synchronisation entre au moins un premier dispositif et un deuxième dispositif d'acquisition de données d'un système de surveillance en ligne d'un réseau de distribution électrique, chaque dispositif d'acquisition de données étant localisé en un point connu du réseau et étant configuré pour détecter des évènements haute fréquence lors de phases passives d'acquisition de données et pour injecter des signaux haute fréquence, le procédé comportant les étapes suivantes :

- injecter dans le réseau un premier signal comprenant au moins une impulsion haute fréquence à partir du premier dispositif d'acquisition de données à un premier instant d'injection t_{A1}horodaté par un premier moyen d'horodatage local ;
- recevoir ledit premier signal au niveau du deuxième dispositif d'acquisition de données à un premier instant de réception t_{B1} horodaté par un deuxième moyen d'horodatage local ;
- injecter dans le réseau un deuxième signal identique audit premier signal à partir du deuxième dispositif d'acquisition de données, le deuxième signal étant injecté à un deuxième instant d'injection t_{B2} horodaté par le deuxième moyen d'horodatage local et séparé du premier instant de réception t_{B1}par une durée T prédéfinie ;
- recevoir ledit deuxième signal au niveau du premier dispositif d'acquisition de données à un deuxième instant de réception t_{A2}horodaté par le premier moyen d'horodatage local ; et
- déterminer une différence de synchronisation Δt_{oa} entre le premier moyen d'horodatage local et le deuxième moyen d'horodatage local sur la base du premier instant d'injection t_{A1}, du deuxième instant de réception t_{A2}, et de la durée T prédéfinie.

[0014] Dans un mode de réalisation possible, ladite durée T prédéfinie est supérieure à au moins une valeur estimée de temps de vol d'un signal entre le premier et le deuxième dispositifs d'acquisition de données.

[0015] Dans un mode de réalisation possible, ledit premier signal injecté et ledit deuxième signal injecté comprennent une séquence d'impulsions haute fréquence de période prédéfinie.

[0016] Dans un mode de réalisation possible, ladite durée T prédéfinie est supérieure à la somme de la valeur estimée de temps de vol et de ladite période prédéfinie.

[0017] Dans un mode de réalisation possible, la différence de synchronisation Δt_{oa} est déterminée selon la relation suivante :

$\Delta t_{oa} = t_{A2} + TOF'$dans laquelle TOF' correspond au temps de vol d'un signal entre le premier le premier et le deuxième dispositifs d'acquisition de données calculé selon la relation :

$$TOF' = \frac{1}{2}(t_{A2} - t_{A1} - T)$$

[0018] Dans un mode de réalisation possible, le procédé comprend en outre un horodatage des évènements haute fréquence détectés par le premier dispositif d'acquisition de données lors d'une première phase passive d'acquisition de données, via le premier moyen d'horodatage local, et des évènements haute fréquence détectés par le deuxième dispositif d'acquisition de données lors d'une deuxième phase passive d'acquisition de données, via le deuxième moyen d'horodatage local.

[0019] La première phase passive d'acquisition de données est déclenchée de préférence au

deuxième instant de réception t_{A2}horodaté par le premier moyen d'horodatage local.

[0020] La deuxième phase passive d'acquisition de données est déclenchée de préférence au deuxième instant d'injection t_{B2} horodaté par le deuxième moyen d'horodatage local.

[0021] La première phase passive d'acquisition de données et la deuxième phase passive d'acquisition de données peuvent être avantageusement réalisées sur une fenêtre temporelle de même durée prédéterminée.

[0022] Dans un mode de réalisation possible, le premier évènement haute fréquence détecté par le premier dispositif d'acquisition de données et le deuxième évènement haute fréquence détecté par le deuxième dispositif de données correspondent à deux signaux générés par une même décharge partielle en un point du réseau situé entre le premier et le deuxième dispositifs d'acquisition de données, et le procédé comporte en outre une étape de calcul de la localisation Z_{PD} de la décharge partielle selon la relation $Z_{PD}=\frac{TOF-\Delta t_{oa}}{2TOF}.l_c$dans laquelle l_c est une longueur de câble entre le premier et le deuxième dispositifs d'acquisition de données.

[0023] La présente invention a également pour objet un système de surveillance en ligne d'un réseau de distribution électrique comportant au moins un premier et un deuxième dispositif d'acquisition de données, chaque dispositif d'acquisition de données étant localisé en un point connu du réseau et étant configuré pour détecter des évènements haute fréquence lors de phases passives d'acquisition de données et pour injecter des signaux haute fréquence, le système de surveillance en ligne étant caractérisé en ce qu'il comporte un premier moyen d'horodatage local associé au premier dispositif d'acquisition de données, un deuxième moyen d'horodatage local associé au deuxième dispositif d'acquisition de données, et des moyens de synchronisation configurés pour :

- injecter dans le réseau un premier signal comprenant au moins une impulsion haute fréquence à partir du premier dispositif d'acquisition de données à un premier instant d'injection t_{A1}horodaté par le premier moyen d'horodatage local ;
- recevoir ledit premier signal au niveau du deuxième dispositif d'acquisition de données à un premier instant de réception t_{B1} horodaté par le deuxième moyen d'horodatage local ;
- injecter dans le réseau un deuxième signal identique audit premier signal à partir du deuxième dispositif d'acquisition de données, le deuxième signal étant injecté à un deuxième instant d'injection t_{B2} horodaté par le deuxième moyen d'horodatage local et séparé du premier instant de réception t_{B1}par une durée T prédéfinie ;
- recevoir ledit deuxième signal au niveau du premier dispositif d'acquisition de données à un deuxième instant de réception t_{A2}horodaté par le premier moyen d'horodatage local ; et
- déterminer une différence de synchronisation Δt_{oa} entre le premier moyen

d'horodatage local et le deuxième moyen d'horodatage local sur la base du premier instant d'injection t_{A1}, du deuxième instant de réception t_{A2}, et de la durée T prédéfinie.

[0024] Dans un mode de réalisation possible, le premier moyen d'horodatage local et le deuxième moyen d'horodatage local sont des compteurs N bits, N étant un entier supérieur ou égal à 16.

[0025] Dans un mode de réalisation possible, le premier moyen d'horodatage local est intégré au premier dispositif d'acquisition des données, et/ou le deuxième moyen d'horodatage local est intégré au deuxième dispositif d'acquisition des données.

Brève description des figures

[0026] La description qui va suivre en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs, fera bien comprendre en quoi consiste l'invention et comment elle peut être réalisée. Sur les figures annexées :

[Fig.1] La [Fig.1], déjà décrite ci-avant, illustre partiellement et schématiquement un exemple de réseau de distribution électrique avec un système de surveillance en ligne comprenant des dispositifs d'acquisition de données synchronisés de manière connue sur la base d'un système de navigation de type GPS;

[Fig.2] La [Fig.2] illustre partiellement et schématiquement un exemple de un réseau de distribution électrique avec des dispositifs d'acquisition de données synchronisés selon un mode de réalisation possible de l'invention;

[Fig.3] La [Fig.3] illustre schématiquement un dispositif d'acquisition de données conforme à un mode de réalisation possible selon l'invention;

[Fig.4] La [Fig.4] illustre des étapes possibles pour un procédé de synchronisation conforme à l'invention ;

[Fig.5] La [Fig.5] illustre schématiquement certaines étapes du procédé de la [Fig.4].

Description de mode(s) de réalisation

[0027] Dans les figures, les éléments identiques ou équivalents porteront les mêmes signes de référence. Les différents schémas ne sont pas à l'échelle.

[0028] Dans la suite, la synchronisation entre au moins deux dispositifs d'acquisition de données d'un système de surveillance selon l'invention sera décrite dans le cas non limitatif où le système de surveillance en ligne est configuré pour identifier et localiser des décharges partielles dans le réseau. Le principe de synchronisation peut néanmoins être élargi à tout système de surveillance en ligne disposant de plusieurs dispositifs d'acquisition de données qui doivent être synchronisés.

[0029] La [Fig.2] illustre partiellement un réseau de distribution électrique similaire au réseau de la [Fig.1], comprenant un système de surveillance d'évènements. Le réseau de distribution électrique est par exemple un réseau haute tension ou moyenne tension, composé d'une pluralité de câbles électriques, d'accessoires de connexion ou de rac-

cordement, d'appareillages et/ou de transformateurs. Le système comprend une pluralité de dispositifs 1 d'acquisition placés en différents points connus du réseau, tels que les points A, B et C représentés sur la [Fig.2]. Les points A, B, C où sont localisés les dispositifs d'acquisition de données sont de préférence situés aux extrémités de câbles ou de tronçons de câbles. Dans le cas non limitatif d'un réseau souterrain, les dispositifs 1 d'acquisition de données sont placés de préférence à des endroits faciles d'accès, par exemple au niveau des transformateurs.

[0030] Les dispositifs 1 étant ici dédiés, de façon non limitative, à la détection et la localisation des décharges partielles, chaque dispositif 1 comporte classiquement, comme illustré schématiquement sur la figure 3, des moyens de détection 11 aptes à détecter des évènements impulsionnels occasionnés dans les câbles par les décharges partielles, tels que les impulsions haute fréquence $u_A(t)$ et $u_B(t)$ engendrées par la décharge impulsionnelle 2 de la [Fig.2]. Les moyens 11 sont par exemple un capteur non invasif, de préférence un capteur inductif 11, situé autour du câble au point de localisation du dispositif. En lieu et place du récepteur GPS 10 de la [Fig.1], le système de surveillance en ligne comporte en outre un moyen d'horodatage local 12 associé à chaque dispositif 1 d'acquisition de données, et des moyens de synchronisation temporelle configurés pour implémenter les étapes d'un procédé de synchronisation conforme à l'invention. Par « associé », on entend que chaque moyen d'horodatage local 12 est soit relié électriquement et fonctionnellement à chaque dispositif 1, soit intégré dans chaque dispositif 1 comme illustré sur la [Fig.3]. Chaque dispositif 1 comporte également des moyens d'injection 13 configurés pour générer des signaux haute fréquence et injecter ces signaux haute fréquence via les moyens de détection 11. Ces moyens d'injection 13 font partie, comme cela apparaîtra plus clairement dans la suite, des moyens de synchronisation temporelle. Chaque dispositif 1 d'acquisition de données peut comporter en outre avantageusement un module 14 de communication mobile (4G ou plus) ou par Ethernet, lui permettant notamment de recevoir voir des signaux de contrôle émis par un serveur distant (non représenté) compris dans le système de surveillance en ligne, ou de transmettre des informations, telles que les données acquises, à ce serveur.

[0031] Chaque moyen d'horodatage local 12 est de préférence une horloge locale précise, ou un compteur de 16 bits ou plus. Un tel moyen d'horodatage local 12 permet d'horodater chaque injection d'un signal haute fréquence, chaque réception d'un signal haute fréquence, et chaque évènement détecté par le capteur haute fréquence 11 au point de localisation du dispositif 1 d'acquisition de données, lors d'une phase passive d'acquisition de données.

[0032] Un procédé de synchronisation temporelle, conforme à la présente invention, entre les dispositifs 1 d'acquisition de données, va à présent être décrit en référence aux

figures 4 et 5. Par souci de simplification, l'explication est faite en ce qui concerne les deux dispositifs 1 localisés aux points A et B, mais peut aisément être étendue à tous les dispositifs d'acquisition de données 1 présents dans le système de surveillance en ligne du réseau électrique. Dans la suite, on appelle « premier dispositif d'acquisition de données » le dispositif 1 placé au point A, et « deuxième dispositif d'acquisition de données » le dispositif 1 placé au point B. Les deux dispositifs étant identiques, leur rôle peut néanmoins être inversé :

[0033] Le procédé de synchronisation débute par une étape 110 lors de laquelle le premier dispositif 1 d'acquisition de données génère un premier signal $S_A(t)$, et injecte ce premier signal dans le réseau, plus précisément dans le câble. Ce premier signal $S_A(t)$, généré ou délivré par les moyens d'injection 13 du premier dispositif 1, comprend au moins une impulsion haute fréquence. Il est ainsi possible d'injecter ce premier signal dans le réseau au point A, en utilisant les moyens de détection 11 dans un mode actif (par opposition au mode passif dans lequel les moyens de détections 11 reçoivent des signaux). Dans un mode de réalisation possible, ce premier signal $S_A(t)$ correspond à une séquence d'impulsions haute fréquence de période prédéterminée. L'utilisation de plusieurs impulsions successives, au lieu d'une unique impulsion, améliore avantageusement la résolution des signaux et pallie les effets d'atténuation et de dispersion du signal lors de sa propagation dans le câble. L'instant d'injection t_{A1} de ce premier signal est horodaté par le moyen d'horodatage local 12 intégré, ou plus largement associé, au premier dispositif 1, et enregistré localement ou transmis pour enregistrement au serveur central via le module de communication 14 du premier dispositif 1.

[0034] Le premier signal injecté se propage dans les différents composants du réseau (câbles et transformateurs et/ou appareillages de commutation, et/ou jonctions de câbles, etc.) jusqu'à atteindre le deuxième dispositif 1 d'acquisition de données. Ce premier signal $S_A(t)$ est donc reçu par le deuxième dispositif 1 lors d'une étape 120 via ses moyens de détection 11. L'instant de réception t_{B1} de ce premier signal est horodaté par le moyen d'horodatage local 12 intégré, ou plus largement associé, au deuxième dispositif 1, et enregistré localement.

[0035] Après une durée T prédéfinie suivant l'instant de réception t_{B1}, le deuxième dispositif 1 d'acquisition de données génère un deuxième signal $S_B(t)$, identique au premier signal, et injecte ce deuxième signal au point B du réseau, plus précisément dans le câble, en utilisant ses moyens de détection 11 dans un mode actif (étape 130 sur les figures 4 et 5). L'instant d'injection t_{B2} de ce deuxième signal $S_B(t)$ est horodaté par le moyen d'horodatage local 12 intégré, ou plus largement associé, au deuxième dispositif 1, et enregistré localement. La durée T prédéfinie séparant l'instant de réception t_{B1} et l'instant d'injection t_{B2}de ce deuxième signal $S_B(t)$ est choisie de

préférence supérieure à au moins une valeur estimée de temps de vol d'un signal entre le premier et le deuxième dispositifs 1 d'acquisition de données. Dans le cas où le premier signal et le deuxième signal correspondent à une séquence d'impulsions périodiques haute fréquence de période prédéfinie $T_{A/B}$, la durée T prédéfinie est choisie de préférence supérieure à la somme de la valeur estimée de temps de vol et de ladite période prédéfinie $T_{A/B}$. La valeur estimée de temps de vol au travers du réseau n'a pas besoin d'être précise. Il peut s'agir d'une valeur moyenne de temps de vol au travers des composants du réseau.

[0036] Ce deuxième signal injecté $S_B(t)$ se propage dans les différents composants du réseau (câbles et transformateurs et/ou appareillages de commutation, et/ou jonctions de câbles, etc.) en subissant les mêmes effets que ceux rencontrés lors de la propagation du premier signal $S_B(t)$, jusqu'à atteindre le premier dispositif 1 d'acquisition de données. Ce deuxième signal $S_B(t)$ est donc reçu par le premier dispositif 1 lors d'une étape 140 via ses moyens de détection 11. L'instant de réception t_{A2} de ce deuxième signal est horodaté par le moyen d'horodatage local 12 intégré, ou plus largement associé, au premier dispositif 1, et enregistré localement ou transmis pour enregistrement au serveur central via le module de communication 14 du premier dispositif 1.

[0037] Il est alors possible, lors d'une étape 150, de déterminer une différence de synchronisation Δt_{oa} entre le premier moyen d'horodatage local 2 et le deuxième moyen d'horodatage local 12 des deux dispositifs 1 d'acquisition de données sur la base du premier instant d'injection t_{A1}, du deuxième instant de réception t_{A2}, et de la durée T prédéfinie. Plus précisément, la différence de synchronisation Δt_{oa} est déterminée par le calcul selon la relation suivante :

$\Delta t_{oa} = t_{A2} + TOF'$ dans laquelle TOF' correspond au temps de vol d'un signal entre le premier le premier et le deuxième dispositifs (1) d'acquisition de données calculé selon la relation :

$$TOF' = \frac{1}{2}(t_{A2} - t_{A1} - T)$$

[0038] Ce calcul peut être effectué en local (au niveau du premier dispositif 1) ou centralisé au niveau du serveur distant.

[0039] Tout évènement haute fréquence susceptible d'être détecté par les moyens de détection 11 du premier dispositif 1 ou du deuxième dispositif 1 lors de phases passives d'acquisition de données vont par suite pouvoir être horodatés d'abord localement, via les moyens d'horodatage locaux 12, puis dans une base de référence commune grâce à la connaissance de la différence de synchronisation Δt_{oa} entre les deux dispositifs 1 d'acquisition de données.

[0040] Dans le cas non limitatif où les dispositifs 1 d'acquisition de données sont dédiés à la

détection d'évènements haute fréquence correspondants à des signaux $u_A(t)$ et $u_B(t)$ générés par une même décharge partielle 2, le procédé comporte donc le déclenchement d'une première phase passive et d'une deuxième phase passive de détection de ces évènements au niveau respectivement du premier dispositif 1 d'acquisition de données et du deuxième dispositif 1 d'acquisition de données, pendant une fenêtre temporelle de même durée prédéterminée pour les deux phases (étape 160).

[0041] Dans un mode de réalisation possible, la première phase passive d'acquisition de données est déclenchée au deuxième instant de réception t_{A2}etla deuxième phase passive d'acquisition de données est déclenchée au deuxième instant d'injection t_{B2}. Sur détection des signaux $u_A(t)$ et $u_B(t)$, il est alors possible de calculer la localisation Z_{PD} de la décharge partielle selon la relation $Z_{PD}=\frac{TOF'-\Delta t_{OS}}{2TOF'}.l_c$dans laquelle l_c est une longueur de câble entre le premier et le deuxième dispositifs 1 d'acquisition de données. Cette étape de calcul 170 peut par exemple être réalisée au niveau du serveur central distant.

[0042] Les étapes 110 à 150 sont de préférence répétées périodiquement (par exemple une ou plusieurs fois par jour) de manière à compenser les dérives pouvant affecter le réseau, telles que des changements de températures, des surcharges, et/ou une dispersion dans les compteurs 12.

Revendications

[Revendication 1] Procédé de synchronisation entre au moins un premier dispositif (1) et un deuxième dispositif (1) d'acquisition de données d'un système de surveillance en ligne d'un réseau de distribution électrique, chaque dispositif (1) d'acquisition de données étant localisé en un point connu du réseau et étant configuré pour détecter des évènements haute fréquence lors de phases passives d'acquisition de données et pour injecter des signaux haute fréquence, le procédé comportant les étapes suivantes :

- injecter (110) dans le réseau un premier signal comprenant au moins une impulsion haute fréquence à partir du premier dispositif (1) d'acquisition de données à un premier instant d'injection t_{A1}horodaté par un premier moyen d'horodatage local (12) ;
- recevoir (120) ledit premier signal au niveau du deuxième dispositif (1) d'acquisition de données à un premier instant de réception t_{B1} horodaté par un deuxième moyen d'horodatage local (12) ;
- injecter (130) dans le réseau un deuxième signal identique audit premier signal à partir du deuxième dispositif (1) d'acquisition de données, le deuxième signal étant injecté à un deuxième instant d'injection t_{B2} horodaté par le deuxième moyen d'horodatage local (12) et séparé du premier instant de réception t_{B1}par une durée T prédéfinie ;
- recevoir (140) ledit deuxième signal au niveau du premier dispositif (1) d'acquisition de données à un deuxième instant de réception t_{A2} horodaté par le premier moyen d'horodatage local (12) ; et
- déterminer (150) une différence de synchronisation Δt_{oa} entre le premier moyen d'horodatage local (12) et le deuxième moyen d'horodatage local (12) sur la base du premier instant d'injection t_{A1}, du deuxième instant de réception t_{A2}, et de la durée T prédéfinie.

[Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel ladite durée T prédéfinie est supérieure à au moins une valeur estimée de temps de vol d'un signal entre le premier et le deuxième dispositifs (1) d'acquisition de données.

[Revendication 3] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit premier signal injecté et ledit deuxième signal injecté comprennent une séquence d'impulsions haute fréquence de période prédéfinie.

[Revendication 4] Procédé selon les revendications 2 et 3, dans lequel ladite durée T

prédéfinie est supérieure à la somme de la valeur estimée de temps de vol et de ladite période prédéfinie.

[Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la différence de synchronisation Δt_{oa} est déterminée selon la relation suivante :

$\Delta t_{oa} = t_{A2} + TOF'$

dans laquelle TOF' correspond au temps de vol d'un signal entre le premier le premier et le deuxième dispositifs (1) d'acquisition de données calculé selon la relation :

$TOF' = \frac{1}{2}(t_{A2} - t_{A1} - T)$

[Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre un horodatage (160) des évènements haute fréquence détectés par le premier dispositif (1) d'acquisition de données lors d'une première phase passive d'acquisition de données, via le premier moyen d'horodatage local (12), et des évènements haute fréquence détectés par le deuxième dispositif (1) d'acquisition de données lors d'une deuxième phase passive d'acquisition de données, via le deuxième moyen d'horodatage local (12).

[Revendication 7] Procédé la revendication 6, dans lequel la première phase passive d'acquisition de données est déclenchée au deuxième instant de réception t_{A2}horodaté par le premier moyen d'horodatage local (12).

[Revendication 8] Procédé selon les revendications 6 et 7, dans lequel la deuxième phase passive d'acquisition de données est déclenchée au deuxième instant d'injection t_{B2} horodaté par le deuxième moyen d'horodatage local (12).

[Revendication 9] Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, dans lequel la première phase passive d'acquisition de données et la deuxième phase passive d'acquisition de données sont réalisées sur une fenêtre temporelle de même durée prédéterminée.

[Revendication 10] Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, caractérisé en ce que le premier évènement haute fréquence détecté par le premier dispositif (1) d'acquisition de données et le deuxième évènement haute fréquence détecté par le deuxième dispositif (1) de données correspondent à deux signaux générés par une même décharge partielle (2) en un point du réseau situé entre le premier et le deuxième dispositifs (1) d'acquisition de données, et en ce que le procédé comporte en outre une étape (170) de calcul de la localisation Z_{PD} de la décharge partielle selon la relation

$Z_{PD}=\frac{TOF'-\Delta t_{oa}}{2TOF'}.l_c$

dans laquelle l_c est une longueur de câble entre le premier et le deuxième dispositifs (1) d'acquisition de données, et

dans laquelle TOF' correspond au temps de vol d'un signal entre le premier le premier et le deuxième dispositifs (1) d'acquisition de données calculé selon la relation :

$TOF'=\frac{1}{2}(t_{A2}-t_{A1}-T)$.

[Revendication 11] Système de surveillance en ligne d'un réseau de distribution électrique comportant au moins un premier et un deuxième dispositif (1) d'acquisition de données, chaque dispositif (1) d'acquisition de données étant localisé en un point connu du réseau et étant configuré pour détecter des évènements haute fréquence lors de phases passives d'acquisition de données et pour injecter des signaux haute fréquence, le système de surveillance en ligne étant caractérisé en ce qu'il comporte un premier moyen d'horodatage local (12) associé au premier dispositif (1) d'acquisition de données, un deuxième moyen d'horodatage local (12) associé au deuxième dispositif (1) d'acquisition de données, et des moyens de synchronisation configurés pour :

- injecter (110) dans le réseau un premier signal comprenant au moins une impulsion haute fréquence à partir du premier dispositif (1) d'acquisition de données à un premier instant d'injection t_{A1}horodaté par le premier moyen d'horodatage local (12) ;
- recevoir (120) ledit premier signal au niveau du deuxième dispositif (1) d'acquisition de données à un premier instant de réception t_{B1} horodaté par le deuxième moyen d'horodatage local (12) ;
- injecter (130) dans le réseau un deuxième signal identique audit premier signal à partir du deuxième dispositif (1) d'acquisition de données, le deuxième signal étant injecté à un deuxième instant d'injection t_{B2} horodaté par le deuxième moyen d'horodatage local (12) et séparé du premier instant de réception t_{B1}par une durée T prédéfinie ;
- recevoir (140) ledit deuxième signal au niveau du premier dispositif (1) d'acquisition de données à un deuxième instant de réception t_{A2} horodaté par le premier moyen d'horodatage local (12) ; et
- déterminer (150) une différence de synchronisation Δt_{oa} entre le premier moyen (12) d'horodatage local et le deuxième moyen (12) d'horodatage local sur la base du premier instant d'injection t_{A1}, du deuxième instant de réception t_{A2}, et de la durée T prédéfinie.

[Revendication 12] Système selon la revendication 11, caractérisé en ce que le premier moyen d'horodatage local (12) et le deuxième moyen d'horodatage local sont des compteurs N bits, N étant un entier supérieur ou égal à 16.

[Revendication 13] Système selon l'une quelconque des revendications 11 et 12, dans lequel le premier moyen d'horodatage local (12) est intégré au premier dispositif (1) d'acquisition des données, et/ou le deuxième moyen d'horodatage local (12) est intégré au deuxième dispositif (1) d'acquisition des données.

[Fig. 1]

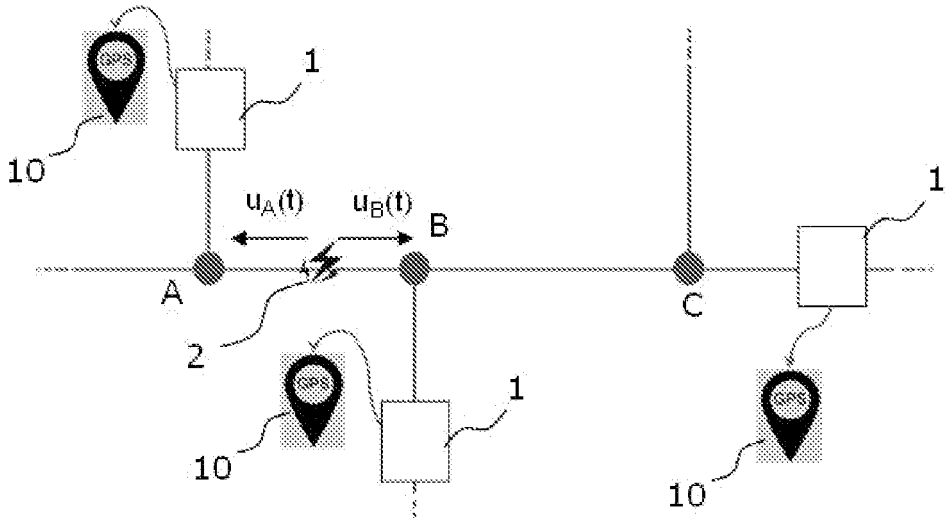


FIG.1 (art antérieur)

[Fig. 2]

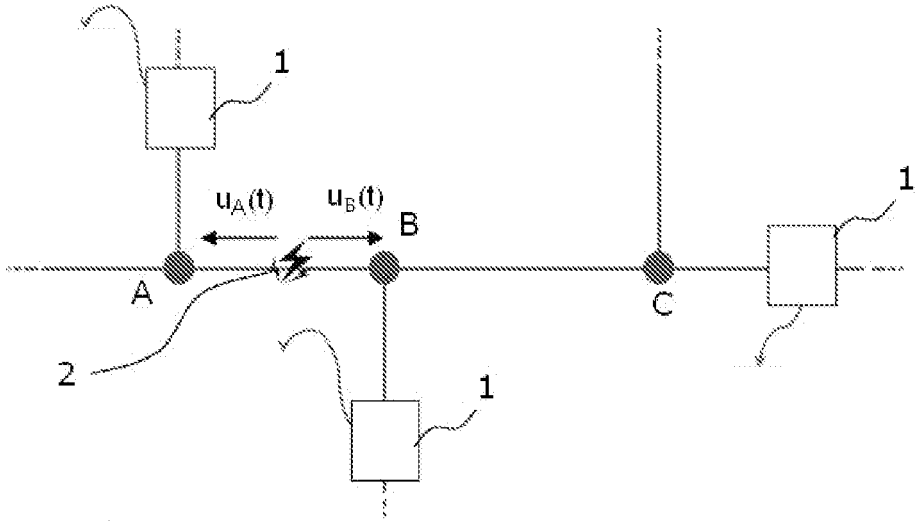


FIG.2

[Fig. 3]

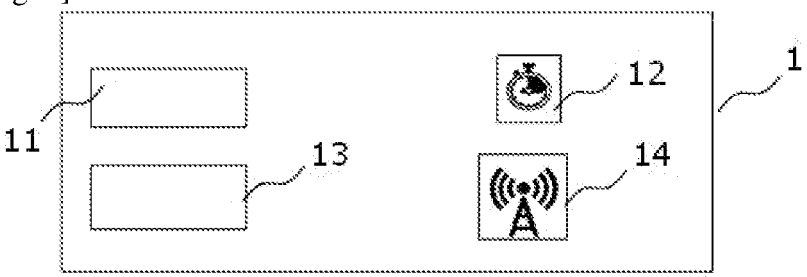


FIG.3

[Fig. 4]

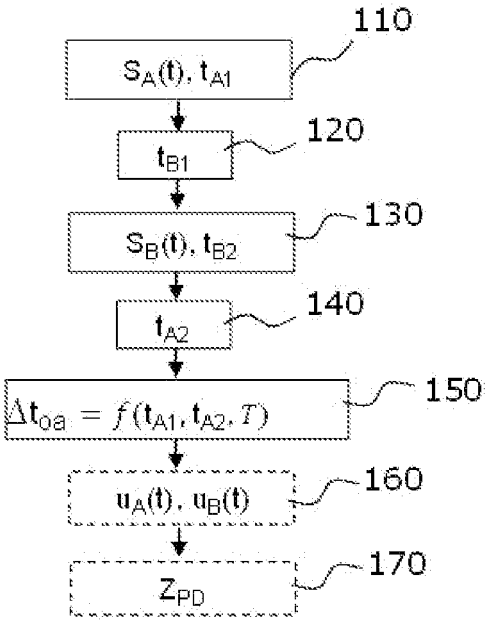


FIG.4

[Fig. 5]

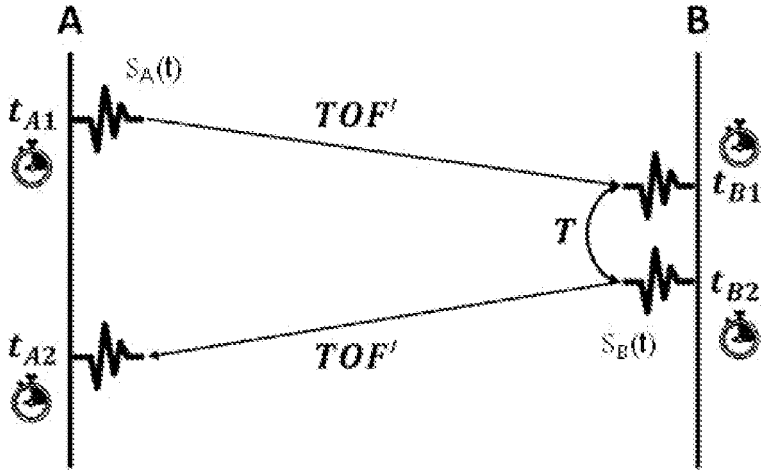


FIG.5

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement national

FA 920867
FR 2305072

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y A	US 2023/021450 A1 (COOK CHARLES [US]) 26 janvier 2023 (2023-01-26) * alinéa [0003] * * alinéa [0027] - alinéa [0031] * * figures 2, 3 * -----	1-9, 11-13 10	G01R 31/08 G01R 31/50 H04B 3/46
Y	EP 4 044 466 A1 (HUAWEI TECH CO LTD [CN]) 17 août 2022 (2022-08-17) * alinéa [0001] * * alinéa [0044] * * figure 1 * -----	1-9, 11-13	
Y	EP 3 253 139 A1 (MAPLE HIGH TECH [FR]; UT2J [FR]) 6 décembre 2017 (2017-12-06) * ligne 1, alinéa 12 - alinéa 14 * * alinéa [0028] - alinéa [0039] * * alinéa [0043] - alinéa [0051] * * figures 2, 3 * -----	1-9, 11-13	
Y	EP 3 798 649 A1 (ELECTRICITE DE FRANCE [FR]) 31 mars 2021 (2021-03-31) * alinéa [0001] * * alinéa [0015] - alinéa [0023] * * alinéa [0025] * * alinéa [0028] - alinéa [0030] * * alinéa [0036] - alinéa [0037] * * alinéa [0040] * -----	1-9, 11-13	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H04Q G01R

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
19 décembre 2023	Barbelanne, Alain

CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons
.....
& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2305072 FA 920867

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **19-12-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2023021450 A1	26-01-2023	AUCUN	
EP 4044466 A1	17-08-2022	CN 114586297 A	03-06-2022
		EP 4044466 A1	17-08-2022
		US 2022248353 A1	04-08-2022
		WO 2021077289 A1	29-04-2021
EP 3253139 A1	06-12-2017	EP 3253139 A1	06-12-2017
		FR 3052322 A1	08-12-2017
EP 3798649 A1	31-03-2021	EP 3798649 A1	31-03-2021
		FR 3101427 A1	02-04-2021

EPO FORM P0465