

**MÉTODO Y SISTEMA PARA SUPERVISIÓN Y MONITOREO DEL BUS DE
PROCESOS DE UNA SUBESTACIÓN DIGITAL, EQUIPO, MÉTODO PARA
ENTRENAR UNA RED NEURAL PARA MONITOREO Y SUPERVISIÓN DEL BUS DE
PROCESOS DE UNA SUBESTACIÓN DIGITAL Y MEMORIAS LEGIBLES POR
COMPUTADORA CORRESPONDIENTES**

Campo de aplicación

[001] La presente invención pertenece al campo de los sistemas y disposiciones de circuitos para el suministro o distribución de energía eléctrica, más específicamente a la supervisión de dispositivos, sistemas y métodos para el monitoreo de subestaciones eléctricas para transformar corriente eléctrica y potencial eléctrico. Finalmente, la presente invención también se refiere al campo de los sistemas implementados por computadora basados en aprendizaje de máquina.

Introducción

[002] La presente invención se refiere a un método y un sistema para supervisión y monitoreo totalmente digital de los buses de comunicación de una subestación digital, mediante la implementación de un sistema y método digital de monitoreo de todos los dispositivos y equipos de la subestación, incluyendo los buses de comunicación de proceso o a nivel de proceso (entre los componentes de patio y los componentes intermedios (a nivel de "Bay")) y los buses de comunicación de la estación o a nivel de estación (entre los componentes intermedios y de supervisión (SCADA)). Los mensajes y/o informaciones de entrada obtenidos de los componentes de la SE, a intervalos distintos predeterminados de lectura y/o medición controlados y comandados por una unidad de procesamiento y/o resultantes de lecturas y/o mediciones continuas controladas y comandadas por una unidad de procesamiento, juntamente con los mensajes y/o informaciones de entrada del emisor, de la

conexión de comunicación y del receptor, son comparados con valores predeterminados esperados comprendidos en al menos un archivo que comprende el lenguaje de descripción de la configuración de la subestación (por ejemplo, un archivo SCD que se describirá más adelante) y/o al menos un archivo que comprende la descripción de la configuración de la subestación (por ejemplo, un archivo SCD y/o ICD y/o CID y/o SSD y/o IID y/o SED, que se describirá más adelante), y/u otros archivos similares que comprenden una o más configuraciones de la subestación y de sus componentes), siendo estos archivos puestos a disposición por el cliente y/o por el operador y/o usuario y/o mantenedor de la subestación y/o siendo parte de un archivo SCD específico para la subestación monitoreada por el sistema y método de la invención. Esta comparación determina la condición de la subestación y cualquier mensaje y/o información diferente y/o reemplazada por otra y/o alterada y/o adulterada y/o y/o alterada en su secuencia y/o adicional (léase aquí como información “extra” o información más allá de lo esperado) de uno o más protocolos de comunicación y/o de cada uno de los componentes y de la subestación como un todo, resulta en datos e instrucciones de salida para el SCADA de la subestación en forma de aviso y/o disparo de una o más alarmas en caso de desvíos o resultados críticos. Esta comparación es ejecutada mediante al menos una unidad de procesamiento del sistema de la invención que comprende al menos una memoria legible por computadora que almacena al menos un archivo SCD de la subestación e instrucciones ejecutables por computadora capaces de ejecutar un método según la invención.

[003] Opcionalmente y adicionalmente, la comparación entre los mensajes y/o informaciones leídos de los elementos de la SE y las informaciones del archivo SCD es realizada por un modelo de aprendizaje automático representado por una red neuronal entrenada para proporcionar una o más

instrucciones de salida en respuesta a uno o más mensajes y/o informaciones de entrada, en especial, para diagnosticar y generar al menos una instrucción de salida al mantenedor de la subestación en forma de sugerencia de procedimiento para mantener la operación y/o corregir los parámetros de uno o más componentes de la subestación o de la subestación como un todo.

[004] La presente invención, por lo tanto, también se refiere a un método para entrenar una red neuronal para diagnosticar la condición de los componentes de la subestación y de la subestación como un todo, en que la red neuronal se entrena con un conjunto de datos predeterminados, esperados o ideales, en las más diferentes situaciones posibles de operación de la subestación, para que esta red neuronal sea capaz de, a partir de un mensaje o información de entrada, por ejemplo, pero sin limitar la invención, un valor determinado de tensión y corriente de un IED o de un o más desvíos de los datos del protocolo de comunicación esperados, identificar posibles desvíos de los valores predeterminados, esperados o ideales, contenidos en el archivo SCD, determinar una condición de anomalía y sugerir procedimientos de corrección, y, eventualmente, realizar la corrección mediante intervención remota en uno o más componentes del sistema, disparar alertas y/o alarmas, etc. De este modo, el método y el sistema de la invención son capaces de detectar problemas de forma temprana, realizar mantenimiento preventivo y tomar medidas correctivas en tiempo real, condición esencial para garantizar la operación segura y eficiente de la infraestructura eléctrica.

[005] La invención se refiere también a un equipo para ejecutar el método para supervisión y monitoreo totalmente digital de los buses de comunicación de una subestación digital y las correspondientes memorias legibles por computadora.

Fundamentos de la invención

[006] Las subestaciones eléctricas de la naturaleza de que aquí se trata son, preferiblemente, pero sin limitar la invención, subestaciones de generación de energía, de distribución, de generación, de transmisión, de almacenamiento, de industrias y subestaciones móviles y SKIDs de todo tipo.

[007] Si bien diversos factores pueden considerarse críticos, es importante destacar la importancia de los Sistemas de Protección, Control y Supervisión (SPCS), que cada día son perfeccionados, sufriendo una revolución especialmente en cuanto a técnicas de adquisición y disponibilidad de datos, en una búsqueda constante de optimización y, en especial, de una solución cada vez más digital para digitalizar también las subestaciones correspondientes.

[008] Estas mejoras, que comprenden el monitoreo de los buses de comunicación de las subestaciones y que deberán asegurar que las protecciones recibirán las informaciones analógica y digitales de campo correctamente para poder actuar satisfactoriamente, mientras que el sistema de monitoreo deberá ser independiente de los componentes que publican y firman mensajes en los buses de comunicación, es decir, dependiente únicamente de las unidades de adquisición de datos (*Merging Units* o MU) para digitalizar señales analógicas de los transformadores de corriente (TC), transformadores de potencial (TP) y señales binarias de los equipos de patio, han estado desafiando a los técnicos e ingenieros de todo el mundo durante varios años.

Estado de la técnica

[009] Debido a las demandas comentadas hasta ahora, algunos fabricantes e integradores de subestaciones han comenzado a desarrollar sistemas que buscan las mejoras antes mencionadas, siendo posible identificar básicamente dos tipos de soluciones en el mercado, que denominaremos aquí soluciones **tipo A** y **tipo B**.

[010] En las soluciones **tipo A**, conocidas del estado de la técnica y

también discutidas, por ejemplo, en el “*Workshop Subestação Digital: Desafios e Perspectivas*”, organizado por el Comité de Estudios de Protección y Automatización (CE B5) del CIGRÉ-Brasil los días 9 y 10 de agosto de 2023 en la ciudad de Florianópolis, Santa Catarina, Brasil (disponible en el sitio <https://ce-b5.cigre.org.br>), y representadas en la Figura 1 de los dibujos adjuntos, algunos fabricantes entienden que al monitorear solamente las informaciones puestas a disposición por las MU y por los dispositivos electrónicos inteligentes (*Intelligent Electronic Devices* o IED, como relés de protección y control) - estas informaciones están definidas en la norma IEC-61850 - el bus está seguro. El problema es que en la solución **tipo A** no se prevé un sistema de monitoreo aparte, independiente, es decir, esta solución utiliza los sistemas de supervisión y adquisición de datos (*Supervisory Control and Data Acquisition* o SCADA) de la subestación. Además, el monitoreo previsto por una solución **tipo A** no es capaz de identificar la razón real de un fallo, solamente indica que no se están recibiendo las informaciones. Monitoreos de tipo A también son hechos manualmente por el operador, lo que deja espacio para errores de monitoreo y para la no detección de un fallo.

[011] En las soluciones **tipo B**, conocidas del estado de la técnica y también discutidas, por ejemplo, en el “*Workshop Subestação Digital: Desafios e Perspectivas*”, organizado por el Comité de Estudios de Protección y Automatización (CE B5) del CIGRÉ-Brasil los días 9 y 10 de agosto de 2023, en Florianópolis, Santa Catarina, Brasil (disponible en el sitio <https://ce-b5.cigre.org.br>), y representadas en la Figura 2 de los dibujos adjuntos, algunos fabricantes cumplen justamente el requisito de independencia de monitoreo, monitoreando solamente lo que se publica en el bus de proceso, verificando diversas informaciones, pero, aunque esta solución prevea un sistema separado, independiente, interconectando los buses de proceso y de estación, el sistema

aún no se comunica con el sistema de supervisión SCADA de la subestación, es decir, el monitoreo se basa solo en las informaciones publicada por las MU y IED. Además, la solución **tipo B**, además de repetir algunos de los problemas de la solución tipo A, no utiliza la infraestructura del operador/cliente para la alerta, lo que implica gastos adicionales con la implementación de nuevas políticas de análisis de eventos, como los costos derivados de la movilización innecesaria de personal capacitado para atender la subestación localmente. También evita que se transmitan las mismas alarmas al centro de operaciones del operador/cliente y al operador nacional del sistema eléctrico, si existe, por ejemplo, la exigencia de recibir informes del sistema digital. La no comunicación con el SCADA perjudica la automatización, ya que la conexión con el SCADA elimina la intervención o análisis en el sitio de instalación de la subestación.

[012] Existen otras soluciones en el estado de la técnica conocido que se refieren al monitoreo de buses en una subestación, como, por ejemplo, el documento de patente CN111917187 titulado *“INTELLIGENT SUBSTATION CLOUD MONITORED CONTROL SYSTEM”* o *“SISTEMA DE CONTROL MONITOREADO POR NUBE INTELIGENTE DE SUBESTACIÓN”*, que divulga un sistema de monitoreo en nube de subestación inteligente que comprende una pluralidad de terminales de cambio de campo remotos dispuestos en un área de destino de dicha subestación inteligente. Además, el informe descriptivo de este documento describe que la plataforma de red se comunica mediante un protocolo de red que integra MMS y GOOSE, y las funciones de recolección de informaciones de toda la estación, prevención de operaciones de bloqueo inadecuadas y funciones similares que son concretizadas. En particular, el referido documento alude a la utilización de determinados archivos, es decir, el SCD, así como otros elementos como: Mensajes IED, GOOSE y SV. En particular, el monitoreo del sistema de subestación en este documento ocurre de forma

separada físicamente (de forma inalámbrica) del resto de la topología mediante un centro de monitoreo remoto en la nube.

[013] Si bien el documento CN111917187 se refiere a un sistema para controlar y automatizar un sistema de distribución de energía eléctrica, no se refiere al monitoreo del bus de comunicación de una SE digital en una plataforma de monitoreo computacional independiente con el posible uso de inteligencia artificial para informar las causas de problemas relacionados con el equipo de la SE. Además, son evidentes desventajas adicionales en lo que respecta a la verificación de la integridad de los mensajes.

[014] El sistema de CN111917187 adquiere las informaciones de la subestación inteligente y las utiliza para sus funciones de control de equipos primarios (disyuntor, interruptores, transformadores, etc.). En caso de falta de informaciones o informaciones diferentes a las esperadas conforme el comparativo con el archivo SCD, el sistema no informa de que hay algo diferente. Lo que puede suceder es que el sistema no realice los comandos en el equipo primario. Es decir, el sistema de CN111917187 utiliza las informaciones para controlar la subestación inteligente, pero no monitorea lo que ocurre en los buses de comunicación de la subestación para diagnosticar errores en la comunicación GOOSE, *Sampled Values* y MMS, por ejemplo.

[015] Cabe señalar que ninguna de las soluciones en el estado de la técnica relevante comprende una plataforma computacional independiente del resto del *hardware* de la subestación, garantizando una independencia completa y que, además, las soluciones conocidas no adquieren las informaciones que cada UM e IED pone a disposición, por lo que no se caracteriza un sistema de monitoreo completo, ya que el simple monitoreo de la red no garantiza que el IED y/o MU funcionen satisfactoriamente y viceversa, pues estos elementos pueden estar indicando que todo está correcto, cuando en realidad puede

ocurrir un error en la red, como, por ejemplo, en el caso de fallo de uno o más canales redundantes, tiempo de fuera de operación, configuración incorrecta, distribución incorrecta de las informaciones, mensaje desconocido, etc., además de casos de incidentes de ciberseguridad.

[016] Como se puede inferir de las descripciones anteriores, existe espacio para un método y un sistema para la supervisión y monitoreo de los buses de comunicación de una subestación digital, equipo, método para entrenar una red neuronal para monitoreo y diagnóstico del bus de una subestación digital y memorias legibles por computadora correspondientes, capaces de superar el estado de la técnica, proveyendo un monitoreo del bus de proceso, bus de estación y sistema de monitoreo adquiriendo señales del bus basado tanto en las informaciones de las MU y IED, como en las informaciones publicadas por las MU y IED. Además, también puede monitorear los elementos que componen la red, como *switches* y GNSS, pero no se limita a estos.

Objetivos de la invención

[017] Uno de los objetivos de la presente invención es, por lo tanto, un método para supervisión y monitoreo de los buses de comunicación de una subestación digital, según las características de la reivindicación 1 del conjunto de reivindicaciones adjunto.

[018] Otro objetivo de la presente invención es un sistema de supervisión y monitoreo del bus de comunicaciones y una subestación digital, según las características de la reivindicación 11 del conjunto de reivindicaciones adjunto.

[019] Un objetivo más de la presente invención es un sistema de supervisión y monitoreo del bus de comunicaciones y una subestación digital, según las características de la reivindicación 14 del conjunto de reivindicaciones adjunto.

[020] Otro objetivo de la presente invención es un método para entrenar

una red neuronal para determinar un estado de subestación de una subestación digital, según las características de la reivindicación 17 del conjunto de reivindicaciones adjunto.

[021] Otro objetivo más de la presente invención es un equipo para monitoreo del bus de comunicaciones de una subestación digital, según las características de la reivindicación 18 del conjunto de reivindicaciones adjunto.

[022] Un objetivo más de la presente invención es proveer una memoria legible por computadora según las características de la reivindicación 19 del conjunto de reivindicaciones adjunto.

[023] Otras características y detalles de las características están representados por reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de las figuras

[024] Para una mejor comprensión y visualización del objeto de la presente invención, a continuación se describirá con referencia a las figuras adjuntas, que representan el efecto técnico obtenido mediante modalidades no limitativas del alcance de la presente invención, en las que, esquemáticamente:

Figura 1: muestra una vista esquemática de un bus de subestación del estado de la técnica, controlado por una solución conocida de tipo A;

Figura 2: muestra una vista esquemática de un bus de subestación del estado de la técnica, controlado por una solución conocida de tipo B;

Figura 3: muestra una vista esquemática de un bus de subestación al que se aplicará un método y sistema según la invención; y

Figura 4: muestra una vista esquemática de un bus de subestación supervisado y monitoreado por el método y sistema según la invención.

Descripción detallada de la invención

[025] La descripción detallada que sigue a continuación se refiere a los dibujos adjuntos en los que se representan, a título ilustrativo no limitativo,

modalidades de la presente invención. Estas modalidades se describen de manera que permitan a un técnico en el asunto reproducir sus resultados. Son posibles otras modalidades resultantes de cambios estructurales, mecánicos, lógicos, eléctricos y electrónicos y pueden realizarse sin apartarse del espíritu y alcance de la presente invención. Por lo tanto, la siguiente descripción detallada no debe interpretarse como restrictiva o limitativa.

[026] La presente invención es relativa, basicamente, a un método y un sistema para supervisión y monitoreo de los buses de comunicación de una subestación digital. Además, la presente invención es relativa a un equipo para monitoreo del bus de comunicación de una subestación digital y a un método para entrenar una red neuronal para monitoreo y diagnóstico del bus de comunicación de una subestación digital y también a memorias legibles por computadora que contienen un conjunto de instrucciones que, cuando ejecutadas, efectúan el método de supervisión y monitoreo de los buses de comunicación de una subestación digital.

[027] En el contexto de la presente invención, el término “subestación” se refiere a cualquier subestación de energía eléctrica para transformar corriente eléctrica y/o potencial eléctrico, forme o no parte de un sistema de distribución de energía eléctrica, según las definiciones conocidas en el estado de la técnica. El término “subestación digital” (SE) es relativo a una subestación digital según la invención.

[028] En el contexto de la presente invención, el término “transformador de corriente” (TC) se refiere a todos y cada uno de los dispositivos electromagnéticos conocidos en el estado de la técnica que transforman una corriente eléctrica de alto valor en una corriente de bajo valor y viceversa, manteniendo la misma relación de fase entre las corrientes primaria y secundaria, ejecutando tareas conocidas en el estado de la técnica como, por

ejemplo, pero sin limitar la invención, medida de corriente, protección de circuitos, aislamiento entre circuito de alta tensión y circuito de baja tensión, etc.

[029] En el contexto de la presente invención, el término “transformador de potencial” (TP) se refiere a todos y cada uno de los dispositivos electromagnéticos conocidos en el estado de la técnica que transforman una tensión eléctrica de alto valor en una tensión de bajo valor y viceversa, manteniendo la misma relación de fase entre las tensiones primaria y secundaria, ejecutando tareas conocidas en el estado de la técnica como, por ejemplo, pero sin limitar la invención, medida de corriente, protección de circuitos, aislamiento entre circuito de alta tensión y circuito de baja tensión, etc.

[030] En el contexto de la presente invención, el término “SKID” se refiere a todas y cada una de las estructuras conocidas en el estado de la técnica en forma de chasis sobre el que se dispone una subestación de energía.

[031] En el contexto de la presente invención, el término “IED” (abreviatura del término inglés *Intelligent Electronic Devices* o Dispositivo Electrónico Inteligente) se refiere a todos y cada uno de los dispositivos conocidos en el estado de la técnica que comprenden un controlador integrado basado en microprocesador para equipos de sistemas de potencia, tales como, por ejemplo, pero sin limitar la invención, interruptores automáticos, transformadores, bancos de condensadores, así como relés de protección y control y similares.

[032] En el contexto de la presente invención, el término “MU” (abreviatura del término inglés *Merging Units* o Unidades de Fusión) se refiere a todas y cada una de las unidades de adquisición de datos para digitalizar señales analógicas de TCs y TPs y señales binarias de los equipos de patio de una subestación, también conocidas en el estado de la técnica, consistentes básicamente en un circuito eléctrico que recibe valores analógicos de tensión y

corriente, un conversor analógico-digital que realiza el muestreo de señales y un procesador que estandariza la señal digital para trabajar de acuerdo a estándares como, por ejemplo, pero sin limitar la invención, la norma IEC 61850. El procesamiento interno utiliza bloques distintos, lo que provoca un retraso en la señal. Para corregir este retraso se debe utilizar un sincronizador de tiempo externo (GNSS o similar).

[033] En el contexto de la presente invención, el término “GOOSE” (abreviatura del término inglés *Generic Object Oriented Substation Event*) se refiere a eventos genéricos de subestación (que es un modelo de control definido de acuerdo a estándares como, por ejemplo, pero sin limitar la invención, la norma IEC 61850-8-1), siendo un protocolo que trabaja con un mecanismo rápido y confiable para transferir datos de eventos en redes completas de subestaciones eléctricas, comprendiendo, pero sin limitar la invención, mensajes binarios de supervisión, alarmas y comandos, puestos a disposición en formato de mensaje para transitar en redes *Ethernet*.

[034] En el contexto de la presente invención, el término “SV” (abreviatura del término inglés *Sampled Values* o Valores muestreados) se refiere a los protocolos de mensajería encargados de transmitir valores instantáneos de las magnitudes primarias de tensión y corriente del sistema de potencia de la subestación de energía, comprendiendo, pero sin limitar la invención, valores analógicos muestreados puestos a disposición en formato de mensaje para transitar en redes *Ethernet*, tal como se define, por ejemplo, pero sin limitar la invención, en las normas IEC-61850-9, IEC-61950-9-2LE e IEC-61869-9.

[035] En el contexto de la presente invención, el término “MMS” (abreviatura del término inglés *Manufacturing Message Specification* o Especificación del Mensaje de Producción) se refiere a un protocolo estándar

internacional, definido en un estándar, por ejemplo, pero sin limitar la invención en la norma IEC61850, que trata de sistemas de mensajería para transferir datos de procesos en tiempo real e información de control de supervisión entre dispositivos en red o aplicaciones de computadora, comprendiendo, pero sin limitar la invención, la comunicación cliente/servidor entre IED y SCADA.

[036] En el contexto de la presente invención, el término “LLDP” (abreviatura del término inglés *Link Layer Discovery Protocol* o Protocolo de Descubrimiento de Capas de Enlace) se refiere a un protocolo ampliamente utilizado para descubrir informaciones sobre dispositivos en una red local. En las estaciones de energía, se puede emplear LLDP para descubrir y gestionar informaciones sobre dispositivos conectados a la red, como *switches*, enrutadores, servidores y otros equipos de red.

[037] En el contexto de la presente invención, el término “PCAP” (abreviatura del término inglés *Packet Capture* o Captura de Paquetes) (*Packet Capture*) es un archivo que contiene datos de captura de paquetes de red. Puede contener informaciones detalladas sobre el tráfico de la red, incluidos paquetes de alarma si se capturan durante el monitoreo o análisis de la red.

[038] En el contexto de la presente invención, el término “latencia” se refiere al retraso o tiempo que tarda un paquete de datos en viajar de un punto a otro en la red o dentro del sistema. En el contexto del *kernel*, la baja latencia es especialmente crucial para garantizar que las operaciones y las transmisiones de datos ocurran lo más rápido posible, sin retrasos significativos.

[039] En el contexto de la presente invención, el término “kernel” se refiere al núcleo central de un sistema operativo, siendo esencial para el funcionamiento de un computadora o unidad de procesamiento, siendo responsable de gestionar los recursos del sistema y proporcionar una interfaz entre el *hardware* y el *software*, es decir, es un programa que posee control total

sobre el sistema. El *kernel* es, por lo tanto, la capa más baja del sistema operativo y opera en modo privilegiado, lo que significa que posee acceso directo y control total sobre los recursos de *hardware*. Funciona como una especie de supervisor, garantizando que las diferentes partes del sistema operativo y del *software* ejecuten sus tareas de forma organizada y segura.

[040] En el contexto de la presente invención, el término “ stream de paquetes de alarma ” es relativo a la transmisión continua de paquetes de datos relacionados con una alarma o evento específico en una red de comunicación. En los sistemas de monitoreo, automatización o seguridad, los dispositivos frecuentemente envían paquetes de datos para informar sobre condiciones de alarma, como un fallo del sistema, un evento crítico o una condición anormal. El *stream* de paquetes de alarma describe el flujo continuo de informaciones encapsuladas en paquetes de datos que se transmiten por la red para comunicar y registrar eventos relevantes. Esto puede incluir informaciones sobre el tipo de alarma, ubicación, gravedad, horario de ocurrencia y otros datos asociados, siendo, por lo tanto, crucial para la detección y respuesta rápida a situaciones críticas, garantizando la seguridad y la operación eficiente de los sistemas en una variedad de contextos, incluida la industria de energía y automatización.

[041] En el contexto de la presente invención, el término “SCADA” (abreviatura del término inglés *Supervisory Control and Data Acquisition* o Sistemas de Supervisión y Adquisición de Datos), también llamado sistema supervisor SCADA, se refiere a sistemas que utilizan *software* para monitorizar y supervisar las variables y dispositivos de procesos y equipos industriales y no industriales conectados a través de servidores/*drivers* de comunicaciones específicos.

[042] En el contexto de la presente invención, el término “Red Ethernet” se refiere a todas y cada una de las tecnologías de redes informáticas cableadas

utilizadas comúnmente en redes de área local, redes de área metropolitana y redes de área amplia.

[043] En el contexto de la presente invención, el término “PTP” (abreviatura del término inglés *Precision Time Protocol* o Protocolo de Tiempo Preciso) se refiere a todos y cada uno de los protocolos utilizados para sincronizar la hora del sistema en varios sistemas en una LAN a un reloj maestro común en la LAN, especialmente importante en entornos sensibles a la latencia, como en el caso de una subestación digital de la invención, siendo una señal de sincronismo horario de alta precisión disponible vía una red *ethernet*, definida en normas como, por ejemplo, pero sin limitar la invención, la norma IEEE1588v2.

[044] En el contexto de la presente invención, el término “GNSS” (abreviatura del término inglés *Global Navigation Satellite System* o Sistema Global de Navegación por Satélite) se refiere a todos y cada uno de los equipos conocidos en el estado de la técnica que utiliza una constelación de satélites en órbita terrestre para proporcionar información de posicionamiento, tiempo y navegación a usuarios en cualquier lugar del planeta. En las subestaciones de energía, el GNSS se usa para diversas finalidades, principalmente para la sincronización temporal y el posicionamiento preciso, informaciones cruciales para el funcionamiento coordinado y eficiente de las redes eléctricas, garantizando que los dispositivos y equipos estén operando en el mismo intervalo de tiempo, lo cual es esencial para la transmisión y distribución de energía de forma confiable.

[045] En el contexto de la presente invención, el término “Switches” se refiere, en un sentido más amplio, a todos y cada uno de los dispositivos de conmutación usados para conectar y desconectar circuitos eléctricos, como, por ejemplo, pero sin limitar la invención, conmutadores de carga, de protección,

mantenimiento, etc. y, en un sentido más estricto, a todos y cada uno de los dispositivos que conectan todos los equipos en una red *Ethernet*.

[046] En el contexto de la presente invención, el término “SNMP” (abreviatura del término inglés *Simple Network Management Protocol* o Protocolo Simple de Gestión de Red) se refiere, en un sentido más amplio, a todos y cada uno de los protocolos estándar de *Internet* para gestionar dispositivos en redes IP, comprendiendo, pero sin limitarse a, enrutadores, computadoras, servidores, estaciones de trabajo, impresoras, *racks*, etc. y, en un sentido más estricto, a todos y cada uno de los protocolos usados para informar de lo que ocurre en los activos de la red, en este caso GNSS y *switches*.

[047] En el contexto de la presente invención, el término “SCL” (abreviatura del término inglés *Substation Configuration description Language* ou Lenguaje de descripción de Configuración de la Subestación) se refiere al lenguaje y formato de representación especificado en normas como, por ejemplo, pero sin limitar la invención, en la norma IEC 61850 para configurar dispositivos eléctricos de subestaciones. El Lenguaje de Configuración de Subestaciones (SCL) es un lenguaje estandarizado usado para describir y configurar los componentes y sistemas dentro de una subestación de energía eléctrica, permitiendo configurar e interoperar diferentes dispositivos de protección, control y monitoreo, facilitando la integración y comunicación entre ellos. El SCL especifica una jerarquía entre los archivos de configuración a través de la definición de cuatro grupos: Archivo de descripción de especificación del sistema (SSD), Archivo de descripción de capacidades del IED (ICD), Archivo de descripción de la configuración de la subestación (SCD), Archivo de descripción de configuración del IED (CID), Archivo de Descripción del IED Instanciado (IID) y Archivo de Descripción de Intercambio del Sistema (SED), siendo archivos de los tipos ICD, CID, SSD, SCD, IID y SED, entre otros, relacionados con el SCL y

generalmente formando parte de estándares, como por ejemplo, pero sin limitar la invención, el estándar IEC 61850, siendo el archivo SCD y sus derivados esenciales para asegurar la interoperabilidad y el funcionamiento adecuado de los dispositivos dentro de una subestación de energía eléctrica, facilitando la configuración, mantenimiento y operación del sistema eléctrico. Los archivos SCD se pueden crear en diversos formatos, como UML (del acrónimo en inglés *Unified Modeling Language* o Lenguaje de Modelado Unificado), XML (del acrónimo en inglés *Extensible Markup Language* o Lenguaje de Marcado Extensible), IEC 61850 (un estándar de comunicación para la automatización de subestaciones), entre otros formatos propietarios de *software* utilizados en el área de la ingeniería eléctrica.

[048] En el contexto de la presente invención, el término “ICD” (abreviatura del término inglés *IED Capability Description* o Descripción de la Capacidad del IED) se refiere a la configuración de un IED, con las definiciones de dispositivos lógicos, puntos nodales lógicos, informes o reportes, conjuntos de datos, etc., siendo el archivo ICD generado por la herramienta de configuración del IED, proporcionado por cada fabricante, definiendo las capacidades y funcionalidades de los Dispositivos Electrónicos Inteligentes (IEDs) dentro de la subestación, detallando sus capacidades de medición, control y protección.

[049] En el contexto de la presente invención, el término “SSD” (abreviatura del término inglés *System Specification Description* o Descripción de la Especificación del Sistema) se refiere a la especificación completa de un sistema de automatización de subestación incluyendo un diagrama unifilar de la subestación y sus funcionalidades, además de describir las especificaciones generales de la subestación, incluyendo la topología, equipos principales, requisitos de comunicación y cualquier otra información relevante para el diseño de la subestación.

[050] En el contexto de la presente invención, el término “SCD” (abreviatura del término inglés *Substation Configuration Description* o Descripción de la Configuración de la Subestación) se refiere a archivos que pueden crearse en diversos formatos, como XML (del acrónimo en inglés *Extensible Markup Language* o Lenguaje de Marcado Extensible), IEC 61850 (un estándar de comunicación para automatización de subestaciones), entre otros formatos propietarios de *software* utilizados en el área de ingeniería eléctrica, que comprenden la descripción de los detalles completos de la subestación, conteniendo, por ejemplo, informaciones sobre todos los IED existentes en la subestación, datos de configuración de comunicaciones y una descripción completa de la subestación, que comprende información sobre:

- La topología de la subestación que contiene detalles sobre la estructura física de la subestación, como la disposición de los equipos, el *layout* de los disyuntores, transformadores, relés, interruptores seccionadores, buses y otros dispositivos;
- Configuración de los equipos, como informaciones específicas de cada componente, incluyendo sus características técnicas, capacidades nominales, datos de fabricación y conexiones eléctricas;
- Diagramas y esquemas tales como dibujos y diagramas que ilustren la disposición de los equipos y la interconexión entre ellos, pudiendo incluir diagramas unifilares, trifilares, lógicos y otros esquemas que representen la configuración eléctrica de la subestación; e
- Informaciones de control y protección, como detalles sobre los sistemas de control, protección, automatización y monitoreo utilizados en la subestación, incluidas lógicas de operación, configuración de relés de protección, sistemas SCADA y otros dispositivos de control.

[051] En el contexto de la presente invención, el término “CID”

(abreviatura del término inglés *Configured IED Description* o Descripción del IED Configurado) se refiere a un protocolo utilizado para la comunicación entre una herramienta de configuración de IED y un IED, conteniendo informaciones específicas sobre cómo cada IED individual está configurado dentro de la subestación, incluyendo parámetros de funcionamiento, configuraciones de comunicación, configuraciones de protección, entre otros.

[052] En el contexto de la presente invención, el término “IID” (abreviatura del término inglés *Instantiated IED Description* o Descripción del IED Instanciado) se refiere a un archivo que define la configuración de un IED para un proyecto y se utiliza como formato de cambio de datos desde el configurador del IED al configurador del sistema.

[053] En el contexto de la presente invención, el término “SED” (abreviatura del término inglés *System Exchange Description* o Descripción del Intercambio del Sistema) se refiere a un archivo que debe cambiarse entre configuradores de sistemas de diferentes proyectos.

[054] En el contexto de la presente invención, la expresión “condición de subestación” debe entenderse como el estado de funcionamiento actual en tiempo real de la SE y/o de uno o más componentes de la SE y/o de la comunicación entre dos o más componentes de la SE entre ellos y/o de la comunicación entre al menos uno de los componentes de la SE con el SCADA, pudiendo comprender, pero sin limitar la invención, una o más condiciones de operación normal; y/o una o más condiciones de operación anormal; y/o una o más condiciones de eventos críticos. Esta comparación hecha por la unidad de procesamiento resulta en datos y/o instrucciones de salida en forma de avisos y/o alarmas de desvío y/o inconsistencia y, en el caso de utilizar, adicionalmente u opcionalmente, una red neuronal para monitoreo y diagnóstico, los datos y/o instrucciones de salida se generarán en forma de avisos y/o alarmas y también

sugerencias de procedimientos para mantener la operación y/o corregir los parámetros de uno o más componentes de la SE o de la SE como un todo.

[055] En el contexto de la presente invención, **una condición de operación normal** indica que los valores leídos por el sistema de monitoreo en forma de mensajes y/o informaciones de entrada están todos dentro de un rango esperado e ideal de los parámetros predeterminados y descritos en al menos un archivo SCD de la SE, sin que se haya detectado ningún desvío o inconsistencia.

[056] En el contexto de la presente invención, una **condición de operación anormal** indica que hubo al menos un desvío y/o al menos una inconsistencia de uno o más de los datos leídos en relación con los rangos esperados e ideales de los parámetros predeterminados y descritos en al menos un archivo SCD de la SE. Una condición de operación anormal comprende, por ejemplo, pero sin limitar la invención, desvíos como la ausencia de mensajes previstos, intervalos anormales entre mensajes previstos, tiempo anormal de propagación (latencia) para mensajes previstos con un período fijo de publicación, etc., y/o inconsistencias como pérdida de integridad de los mensajes, ausencia de señales de sincronismo, presencia de mensajes no previstos, etc. Una condición de operación anormal puede generar avisos y/o alarmas específicas de aviso de desvíos y/o inconsistencias y, en el caso de la utilización, adicionalmente u opcionalmente, de una red neuronal para monitoreo y diagnóstico, alertas con sugerencias de mantenimiento y/o cambio de componentes, además del conteo de horas de operación e intervalos de mantenimiento o reposición de uno o más componentes de la SE, etc.

[057] En el contexto de la presente invención, una **condición de evento crítico** indica que hubo al menos un desvío crítico y/o al menos una inconsistencia crítica. Una condición de evento crítico comprende, por ejemplo,

pero sin limitar la invención, desvíos tales como la ausencia de mensajes previstos, intervalos anormales entre mensajes previstos, tiempo anormal de propagación (latencia) para mensajes previstos con un período de publicación fijo, etc., y/o inconsistencias como la pérdida de integridad de mensajes, ausencia de señales de sincronismo, presencia de mensajes no previstos, etc. Una condición de evento crítico puede generar una o más condiciones de alarma, indicando que la protección puede actuar incorrectamente o incluso no operar, trayendo riesgos a la instalación y/o personas en su entorno, además de impactos económicos, ciberataques, etc., en el caso de la utilización, adicionalmente u opcionalmente, de una red neuronal para monitoreo y diagnóstico, alertas con sugerencias de mantenimiento y/o cambio de componentes, además del conteo de horas de operación e intervalos de mantenimiento o reposición para uno o más componentes de la SE, etc.

[058] Cabe señalar que todas las condiciones de subestación de la invención tienen en cuenta el resultado de la comparación entre los parámetros esperados e ideales de cada componente de la SE contenidos en al menos un archivo SCD de la SE con los datos leídos y evaluados por la unidad de procesamiento (u, opcionalmente y adicionalmente, por una red neuronal de la unidad de procesamiento entrenada según el modelo de aprendizaje de máquina de la invención), pudiendo comprender, además del monitoreo de la integridad, completitud y sincronismo de los mensajes cambiados entre los elementos de la SE y la unidad de procesamiento, parámetros adicionales relativos a los valores contenidos en los mensajes, es decir, las cantidades físicas leídas de los elementos de la SE *versus* los valores esperados.

[059] En el contexto de la presente invención, la expresión “determinar una condición de subestación” se refiere a determinar el estado actual de la SE mediante la lectura a intervalos predeterminados o en cualquier tiempo, ambas

controladas y comandadas por una unidad de procesamiento del sistema de la invención, de uno o más mensajes recibidos de uno o más elementos de la SE y/o publicados por uno o más elementos de la SE y/o datos medidos de uno o más componentes de la SE y su comparación con los datos contenidos en al menos un archivo SCD de la SE y/o un archivo SCD específico para la SE supervisada y monitoreada por el sistema y método de la invención. Esta comparación es ejecutada por al menos una unidad de procesamiento del sistema de la invención ejecutando al menos una etapa del método de la invención y, opcionalmente o adicionalmente, por un modelo de aprendizaje de máquina representado por una red neuronal entrenada para proporcionar una o más instrucciones de salida en respuesta a uno o más mensajes y/o informaciones de entrada. El resultado de esta comparación determina la condición de cada uno de los componentes de la SE y/o de la SE como un todo y/o la comunicación entre dos o más componentes de la SE entre ellos y/o la comunicación entre al menos uno de los componentes de la SE y el SCADA, en forma de una condición de la subestación.

[060] Como ya se ha descrito anteriormente, es posible, a partir de la asociación de los parámetros de los mensajes recibidos a los valores y rangos esperados descritos en al menos un archivo SCD de la SE, además de la identificación de una condición normal de operación, obtener informaciones indicativas de una o más condiciones anormales de funcionamiento de uno o más de los componentes de la SE y una o más condiciones de eventos críticos de funcionamiento o no funcionamiento de uno o más de los componentes de la SE. Estas informaciones permiten el monitoreo de la SE y ayudan a determinar con precisión la situación de cada componente de la SE, para que se puedan tomar las medidas adecuadas para la corrección, mantenimiento, sustitución, alarma e incluso la interrupción inmediata de la operación de uno o más

componentes de la SE o de la SE como un todo.

[061] En el contexto de la presente invención, el término “monitorear” se refiere a una o más tareas de monitoreo de una condición de subestación, comprendiendo aún términos relacionados con un monitoreo y sus sinónimos y/o términos equivalentes como, por ejemplo, pero sin limitar la invención, supervisión, monitorización, vigilancia, verificación, evaluación, medida, etc.

[062] También en el contexto de la presente invención, el término “red neuronal” se refiere a un modelo de aprendizaje de máquina que puede ser una red neuronal convolucional, en la que el término “entrenar” se refiere a ajustar los parámetros del modelo de aprendizaje de máquina para que, a partir de un número de parámetros de referencia asociados a los valores ideales y/o esperados para cada componente de la SE y de la SE como un todo, sea capaz de, a partir de uno o más datos de entrada (*input*) comprendiendo los datos medidos, proveer uno o más datos de salida (*output*) en forma de una o más condiciones de subestación para uno o más componentes de la SE o de la SE como un todo, además de instrucciones para la plataforma de monitoreo. Cabe señalar que, además de una red neuronal convolucional, también es posible utilizar otros algoritmos de aprendizaje como, por ejemplo, *Q-learning* o incluso LLM (abreviatura del término inglés *Large Language Model* ou Modelo de Lenguaje Grande) y otras redes y/o algoritmos apropiados.

[063] Dicho lo anterior, la presente invención se refiere a un método y sistema para supervisión y monitoreo de buses de comunicaciones en una subestación digital en una plataforma de monitoreo computacional independiente del SCADA de la SE, con el fin de obtener informaciones relativas a unidades de adquisición de datos (MUs), relativas a relés de protección y control (IEDs), relativa a *switches* y GNSS mediante protocolos, preferiblemente, pero sin limitar la invención, protocolos GOOSE, SV, MMS y SNMP y/o similares.

Además, el sistema SCADA preexistente y/o adicionado posteriormente, que ejerce la supervisión y el control de la subestación, se comunica con dicho sistema de la invención para monitorear en una plataforma de monitoreo independiente de los aparatos de dicha SE, con uso de instrucciones de computadora y/u, opcional y adicionalmente, inteligencia artificial para informar desvíos y diagnosticar causas de problemas relacionados con los equipos de la SE. En particular, para que ocurra la comunicación entre la plataforma de monitoreo y el sistema SCADA, la unidad de procesamiento o sistema de la invención comprende al menos un servidor MMS para viabilizar la comunicación, lo que garantiza alarmas al operador de la subestación según el nivel de condición de la estación. Cabe señalar que, además del protocolo MMS, se pueden usar otros protocolos adecuados, como, por ejemplo, pero sin limitar la invención, protocolos tipo DNP3, ModBus, IEC104, entre otros.

Sistema según la invención

[064] Un sistema de supervisión y monitoreo de los buses de comunicación de una subestación digital, según la presente invención, presupone la existencia de al menos una subestación de potencia (SE), que puede estar montada o no sobre un chasis SKID, que comprende uno o más buses, uno o más transformadores de corriente (TC) y/o uno o más transformadores de potencial (TP), uno o más IEDs, una o más MUs, uno o más SCADAs, al menos una red *ethernet*, al menos un GNSS, uno o más *switches*, uno o más interruptores, uno o más relés, uno o más accionadores, transformadores en general, reactores, bancos de capacitores, baterías de almacenamiento, compensadores, generadores, eventualmente uno o más motores eléctricos y/o ventiladores y/o intercambiadores de calor, detectores de humo, alarmas de incendio, alarmas audibles y/o luminosas y todos los demás componentes necesarios para el funcionamiento de una subestación.

[065] El sistema para supervisión y monitoreo del bus de una subestación digital de la invención comprende esencialmente una plataforma de monitoreo computacional independiente del SCADA de la SE con al menos un procesador o unidad de procesamiento, comprendiendo esta última al menos una memoria que almacena informaciones e instrucciones ejecutables por computadora y, opcionalmente o adicionalmente, al menos una red neuronal convolucional entrenada, en que la unidad de procesamiento está configurada para proporcionar datos de salida y/o instrucciones de salida acerca de una o más condiciones de la estación en respuesta a la recepción, como informaciones de entrada, de uno o más mensajes y/o informaciones de entrada obtenidas de uno o más componentes de la SE, en que la ejecución de las instrucciones ejecuta una o más etapas del método de monitoreo de los buses de comunicación en una subestación digital de la invención.

[066] Además de al menos una memoria, al menos una unidad de procesamiento y, opcionalmente y adicionalmente, al menos una red neuronal entrenada, el sistema de la invención puede comprender aún:

- Al menos un equipo de procesamiento para adquirir y presentar informaciones/instrucciones;
- Al menos un servidor central;
- Al menos una base de datos;
- Al menos una red de comunicación y datos;
- Uno o más conjuntos de informaciones de entrada;
- Uno o más conjuntos de instrucciones; y
- Otros dispositivos y/o equipos necesarios para el funcionamiento del sistema y para la ejecución de un método según la invención.

[067] Además, el sistema de monitoreo de buses de comunicación en una subestación digital puede comprender aún, eventualmente y adicionalmente,

otros dispositivos y/o equipos necesarios para el funcionamiento de uno o más elementos del sistema de la invención para la ejecución de uno o más métodos según la invención.

[068] Las memorias, procesadores, equipos de procesamiento para adquisición y presentación de información/instrucciones, servidores, bases de datos, redes de comunicación y datos y demás dispositivos y/o equipos eventualmente y adicionalmente comprendidos por el sistema, están todos interconectados por los buses de comunicación de la SE y/o por una o más redes de comunicación y datos. Las imágenes y los datos se almacenan como una o más señales eléctricas y el procesamiento de estas señales es hecho por uno o más componentes del sistema de la invención.

[069] En una modalidad preferente no limitativa de la invención, uno o más elementos del sistema de la invención pueden ejecutar una o más etapas de los métodos de la invención de forma individual, sin una conexión a una o más redes de comunicación y datos, almacenando en el local las informaciones y los datos procesados, para compartirse posteriormente tan pronto como se establezcan o restablezcan una o más conexiones a una o más redes de comunicación y datos.

Procesador o sistema computacional o circuito de procesamiento

[070] Un procesador es, en el contexto de la invención, una unidad central de procesamiento o CPU o un sistema informático o aún un circuito de procesamiento que realiza las instrucciones de un programa de computadora o aplicación, procesando y ejecutando operaciones aritméticas, lógicas y la entrada y salida de datos, estando el programa de computadora almacenado en un medio legible por computadora con memoria para el almacenamiento de datos, conexión a una o más redes de comunicación y datos y a una o más bases de datos remotas y/o un entorno de almacenamiento y recuperación de

informaciones, local y/o centralizado y/o descentralizado y/o en la nube, y también equipado con todos los periféricos habituales del estado de la técnica, siendo capaz de cambiar informaciones con el medio electrónico y físico, interfaces, aplicaciones, equipos móviles, otros dispositivos de memoria, etc.

[071] Un procesador según la invención puede ser, ser parte de o estar dividido en uno o más módulos. El término módulo, según la invención, se refiere a un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), un circuito electrónico, un procesador (compartido, dedicado o grupo de procesadores) y una memoria que ejecuta uno o más programas de *software* o *firmware*. También se refiere a un circuito lógico combinacional y/u otros componentes adecuados capaces de proporcionar las funcionalidades en cuestión.

[072] Un circuito de procesamiento según la invención también puede configurarse, opcionalmente y adicionalmente, para determinar una red neuronal según la invención.

[073] Este circuito de procesamiento puede, por lo tanto, incluir un procesador tal como una unidad central de procesamiento (CPU), un microcontrolador, un microprocesador, una matriz de puerta programable en campo (FPGA), una tarjeta gráfica o *hardware* especial para redes neuronales convolucionales como la red neuronal convolucional entrenada de la invención.

[074] Tanto el servidor central del sistema de la invención como el equipo de procesamiento para adquirir y presentar informaciones/instrucciones de la invención poseen, cada uno, de al menos una unidad de procesamiento o procesador o sistema informático o circuito de procesamiento, estos siendo preferiblemente independientes entre sí y/o autónomos.

Memoria legible por computadora

[075] Una memoria legible por computadora, en el contexto de la presente invención, es cualquier memoria o dispositivo de almacenamiento,

remoto o local, volátil o no volátil, transitorio o no transitorio (permanente), que almacena informaciones e instrucciones, y en particular una memoria legible por computadora que almacena al menos un archivo SCD de la SE e instrucciones capaces de ejecutar un método según la invención.

Medio legible por computadora

[076] Un medio legible por computadora según la invención es un medio que comprende instrucciones que, cuando ejecutadas en un sistema o equipo de la invención, ejecutan uno o más métodos según la invención, en especial, un método en el que, a partir de una o más informaciones de entrada (*input*) que comprenden los mensajes de cada elemento de la SE y/o los datos medidos, realizar una comparación de estos con los datos del archivo SCD de la SE monitoreada por el sistema y método de la invención, determina al menos una condición de la subestación y/o provee uno o más datos y/o instrucciones de salida (*output*), en que los datos de salida comprenden una o más condiciones de la subestación de uno o más componentes de la SE y de la SE como un todo, y las instrucciones de salida comprenden aún una o más instrucciones para la plataforma de monitoreo computacional, en que los datos y/o instrucciones de salida están asociados de forma inequívoca con el respectivo componente de la subestación o con la subestación como un todo.

Red neuronal

[077] El medio legible por computadora puede comprender aún, opcionalmente y adicionalmente, una red neuronal convolucional entrenada que, en el contexto de la presente invención, es un modelo de aprendizaje de máquina configurado para, a partir de una o más informaciones de entrada (*input*) que comprenden los datos medidos, proveer uno o más datos de salida (*output*) en forma de una o más condiciones de subestación de uno o más componentes de la SE y de la SE como un todo, disparo de alarmas, además de

al menos un diagnóstico y al menos una instrucción de salida para la unidad de procesamiento y/o plataforma de monitoreo computacional, en la que los datos de salida y/o las instrucciones de salida están asociados de forma inequívoca con el componente respectivo de la subestación o la subestación como un todo.

[078] Una red neuronal convolucional entrenada según la invención puede comprender grupos interconectados de neuronas artificiales (por ejemplo, modelos de neuronas), pudiendo aún ser un dispositivo computacional o representarse como un método que será ejecutado por un dispositivo computacional.

[079] Una red neuronal convolucional entrenada según la invención puede ser, por ejemplo, pero sin limitar la invención, una red neuronal convolucional entrenada profunda de alimentación directa del tipo “*feedforward*”, con una arquitectura tal que entrega resultados de forma rápida y precisa y que también pueda ejecutarse especialmente en procesadores portátiles como, por ejemplo, de forma no limitativa de la presente invención, procesadores de teléfonos celulares, teléfonos inteligentes, *tablets* y similares, con alta velocidad de procesamiento y concomitante precisión, y puede también comprender capas de neuronas que pueden configurarse en un campo receptivo dispuesto lado a lado.

Equipos de procesamiento para adquirir y presentar
informaciones/instrucciones

[080] Un equipo de procesamiento para adquirir y presentar informaciones/instrucciones o simplemente equipo de la invención, es una interfaz entre el sistema de la invención y los usuarios del sistema, pudiendo incluir cualquier dispositivo capaz de procesar y almacenar datos y/o informaciones y comunicarse por la red de comunicación y datos, pudiendo comprender, sin limitar el alcance de la invención, sensores físicos, analógicos,

digitales, luminosos y combinaciones de éstos, incluyendo monitores, televisores, cámaras, láseres, reflectores, barreras de luz y similares compatibles.

[081] El equipo de procesamiento para adquirir y presentar informaciones/instrucciones de la invención comprende una interfaz de usuario con la capacidad de:

- i. Importar archivos de tipo SCD, CID, ICD y XML;
- ii. Visualización en tiempo real de paquetes de la red;
- iii. Configuración por parte del usuario del servidor de monitoreo;
- iv. Configuración por parte del usuario de las alarmas;
- v. Configuración por parte del usuario de los tiempos para alarmas;
- vi. Modificación de los archivos SCD por parte del usuario;
- vii. Adición de componentes a monitorear; y
- viii. Descarga en formato PCAP de los paquetes contenidos en las alarmas.

[082] Un dispositivo intermedio de la invención es un dispositivo opcional que puede implementarse externamente y entre el equipo portátil y el servidor remoto, sirviendo principalmente para eventualmente realizar tareas de monitoreo remotamente.

[083] En una modalidad preferente de la invención, el equipo es un equipo portátil, preferiblemente un teléfono móvil o teléfono celular o *smartphone* o *tablet* y similares.

[084] Además, el equipo portátil de la invención puede comprender aún, adicionalmente, dispositivos, periféricos y accesorios habituales para un equipo portátil de la naturaleza aquí tratada.

[085] Un equipo portátil puede comprender, por lo tanto, cualquier dispositivo capaz de procesar y almacenar datos y/o informaciones y, preferiblemente, comunicarse por la red de comunicación y datos, pudiendo

incluir también computadoras personales, servidores, lectores de código, telemetría, telemática, biometría, otros teléfonos celulares, *smartphones*, *tablets*, computadoras portátiles (*laptops*), dispositivos inteligentes. Cada equipo portátil puede comprender una o más memorias que almacenan instrucciones, informaciones y datos y puede ejecutar uno o más programas o aplicaciones para ejecutar varias funciones asociadas con el sistema y métodos según la invención.

[086] Si bien el equipo portátil de la invención es un dispositivo capaz de interconectarse con uno o más de los componentes del sistema de la invención, la ejecución de un método para determinación de estado de subestación, según la invención, puede ocurrir de forma autónoma y, por lo tanto, independientemente de una conexión con cualquier otro elemento del sistema, como se explicará en detalle más adelante.

Servidor central

[087] Un servidor central es, en el contexto de la invención, un computadora o sistema computacional o circuito computacional o incluso un conjunto de instrucciones ejecutables en un computadora, con uno o más sistemas de computación centralizada o uno o más centros de procesamiento de datos, que pone a disposición o almacena servicios y recursos en y a través de una red de comunicación y de datos. Comprende uno o más procesadores electrónicos capaces de ejecutar tareas a partir de un programa de computadora o conjunto de instrucciones almacenado en un medio legible por computadora, preferiblemente un computadora dotado de procesador, de memoria para almacenamiento de datos, conexión a una o más redes de comunicaciones y datos y a una o más bases de datos remotas y/o un entorno de almacenamiento y recuperación de informaciones, local y/o centralizado y/o descentralizado y/o en la nube, y dotado también de todos los periféricos habituales del estado de

la técnica, siendo capaz de cambiar información con el medio electrónico y físico, interfaces, aplicaciones, equipos móviles, otros dispositivos de memoria, etc.

[088] Un servidor puede ser al menos un servidor *web* que entrega o sirve páginas web, un servidor de aplicaciones que maneja operaciones de aplicaciones entre usuarios y aplicaciones o bases de datos, un servidor en la nube, un servidor de base de datos, un servidor de archivos, un servidor de servicios, un servidor de juegos que implementa juegos o servicios para un juego y un servidor multimedia que proporciona medios como *streaming* de video o audio.

[089] El servidor de la invención también puede ser un centro remoto de control (N3) del usuario/operador/cliente/mantenedor de la SE, tal y como se representa en las figuras 1 y 2, representativas del estado de la técnica, y en la Figura 4, representativa de la solución según la presente invención.

[090] El sistema de la invención puede incluir uno o más procesadores para procesar comandos e informaciones de acuerdo a las instrucciones de programas de computadora y una o más memorias que almacenan informaciones en una o más estructuras de datos, que pueden ser un sistema o red de centralizada de gestión de SE, por ejemplo, pero no limitado a, un servidor que puede ser ejecutado en particular por una entidad de terceros o la misma entidad que está ejecutando el servidor.

[091] Un programa de computadora según la invención es un programa ejecutable en un procesador de la invención y, por lo tanto, también ejecutable en un procesador del equipo portátil de la invención, por ejemplo, en forma de aplicación.

[092] El sistema también puede imaginarse como un sistema de red de acceso público (por ejemplo, un sistema informático descentralizado distribuido). Cada procesador comprende una memoria que almacena

informaciones y datos y puede ejecutar uno o más conjuntos de instrucciones para ejecutar varias funciones asociadas con el sistema y los métodos según la invención.

[093] El servidor central de la invención es, particularmente, el servidor que aloja y gestiona la base de datos del sistema, comprendiendo también al menos un fichero SCD de la SE monitoreado por el sistema y método de la invención.

Bases de datos

[094] Una base de datos o banco de datos según la invención son todos y cada uno de los conjuntos de datos, archivos, informaciones, instrucciones y registros que forman colecciones organizadas de datos que están relacionados entre sí, alojados en una o más memorias o dispositivos de almacenamiento del sistema de la invención y que pueden ser accedidos, alimentados y administrados por los centros de procesamiento de datos de la invención. Una base de datos de la invención puede comprender aún al menos un archivo SCD de la SE monitoreada por el sistema y el método de la invención.

[095] Tanto los servidores como los procesadores y demás equipos y dispositivos del sistema de la invención podrán comprender una o más bases de datos, independientes y/o interconectadas.

Red de comunicación y datos

[096] Una red de comunicación y datos es, en el contexto de la presente invención, uno o más buses de subestación, preferiblemente, pero sin limitar la invención, al menos un bus de comunicación de subestación y/o cualquier bus de la subestación utilizado para fines de comunicación. De este modo, los buses de comunicación reemplazan todo el cableado normalmente utilizado para conectar los equipos primarios de la SE y los IE.

[097] Una red de comunicación y datos, en el contexto de la presente

invención, comprende una red centralizada o descentralizada que interconecta uno o más componentes activos o pasivos del sistema según la invención. Los servidores, procesadores, centro de procesamiento de datos, la base de datos y equipos portátiles de la invención podrán estar ligados a una o más redes de comunicaciones y datos, redes *ethernet*, memorias físicas, nube y similares, *internet*, una o más nubes de datos y/o programas, terminales de computadora, dispositivos móviles, aparatos telefónicos, lectores de códigos de barras, Códigos QR, códigos *DataMatrix* y similares, tarjetas de crédito, dispositivos NFC o BLE, gasolineras y estaciones de servicio, finalmente, a cualquier equipo o interfaz necesario, directa o indirectamente, para la ejecución de un método según la invención.

[098] La red de comunicación y datos puede comprender cualquier conexión cableada o inalámbrica, *internet* o cualquier otra forma de comunicación, pudiendo comprender cualquier número de redes de comunicación y datos diferentes entre cualquier servidor, dispositivo, recurso y sistema y/u otros servidores, dispositivos, recursos y sistemas descritos en este documento. La red de comunicaciones y datos puede permitir la comunicación entre varios recursos o dispositivos de computación, servidores y sistemas, pudiendo emplear diferentes tipos de redes, por ejemplo, pero no limitado a, redes de computadoras, redes de telecomunicaciones (por ejemplo, celulares), redes de datos inalámbricas móviles, de cable, de radio y similares, y cualquier combinación de estas y/u otras redes.

Conjunto de informaciones

[099] Un conjunto de informaciones según la invención es un conjunto de mensajes y/o informaciones que comprende también un conjunto de datos adquirido y/o transmitido y/o almacenado por y en uno o más de los componentes del sistema de la invención y comprende una pluralidad de

informaciones relevante para los componentes de la SE, la supervisión de la SE, el monitoreo de la SE y los operadores o controladores de la SE.

[100] Ejemplos no limitativos de informaciones de esta naturaleza son:

- a. Datos de descripción y configuración de la SE;
- b. Datos de entrada leídos y/o medidos de las cantidades físicas de cada elemento de la SE;
- c. Datos complementarios de identificación de cada elemento de la SE;
- d. Conjuntos de datos de entrenamiento de la red neuronal;
- e. Conjuntos de datos de salida resultantes y sus respectivas instrucciones de salida;
- f. Indicadores o códigos de condición de la SE; y
- g. Opcionalmente, una lista de ítems de verificación visual o instrumental periódica y los respectivos códigos adicionales de condición de la SE.

[101] Los *datos de descripción y configuración de la SE* comprenden esencialmente los datos de al menos un archivo SCD de la SE que describe y configura los componentes y sistemas dentro de la SE, permitiendo configurar e interoperar diferentes dispositivos de protección, control y monitoreo, facilitando la integración y comunicación entre ellos. Estos datos también comprenden los ajustes y valores ideales y/o esperados predeterminados de los protocolos de mensajes intercambiados entre los elementos de la SE y la unidad de procesamiento de la invención. El al menos un archivo SCD de la SE se almacena preferiblemente en al menos una memoria de la unidad de procesamiento del sistema de la invención.

[102] Los *datos leídos y/o medidos de las cantidades físicas de cada elemento de la SE* comprenden, de forma no limitativa, los valores numéricos medidos directa o indirectamente en cada componente de la SE, como, por ejemplo, pero sin limitar la invención, valores de corriente, tensión, impedancia,

reactancia, temperatura y otras magnitudes físicas e informaciones habituales y que corresponden a los datos e informaciones de al menos un archivo SCD de la SE y/o de al menos un archivo y/o de al menos una base de datos creada para tal fin. Estos datos comprenden los datos que servirán como datos de entrada para la unidad de procesamiento y/o, adicionalmente y opcionalmente, para la red neuronal convolucional entrenada, que aplicarán el modelo de aprendizaje de máquina a estos datos de entrada. Los datos corresponden a los datos actuales en el momento de su lectura (última actualización), los datos inmediatamente anteriores, posibles series histórica, eventos de especial interés y demás.

[103] Los *datos complementarios de identificación de cada elemento de la SE* pueden comprender datos sobre los equipos y dispositivos contenidos en al menos un archivo SCD de la SE, como por ejemplo, pero sin limitar la invención, datos como fecha de instalación e inicio de operación, número de inventario, lugar de instalación, histórico de mantenimientos y/o reemplazos, etc.) y cualquier otra informaciones que pueda ser útil para la supervisión y mantenimiento de la SE y sus componentes. Estos datos comprenden datos actuales en el momento de su actualización o última actualización, datos inmediatamente anteriores, cualquier serie histórica, eventos de especial interés y demás.

[104] Los *conjuntos de datos de entrenamiento de redes neuronales* comprenden el conjunto de datos predeterminados esperados o ideales, en las más diferentes situaciones de operación de la subestación, utilizados para entrenar una red neuronal convolucional en un modelo de aprendizaje de máquina, para que esta red neuronal sea capaz de, a partir de un dato o información de entrada, por ejemplo, pero sin limitar la invención, un valor determinado de tensión y corriente de un relé de protección, identificar posibles desvíos de los valores predeterminados esperados o ideales contenidos en al

menos un archivo SCD de la SE, determinar una condición de anomalía y un diagnóstico, y sugerir correcciones o, aún, realizar la corrección mediante intervención remota en uno o más componentes del sistema, disparar alertas o alarmas, etc. Estos datos predeterminados esperados o ideales, así como sus rangos o valores límite, máximos y mínimos, corresponden, individualmente, a las informaciones contenidas en al menos un archivo SCD de la SE y, aún, opcionalmente y adicionalmente, a las informaciones de los fabricantes de los respectivos componentes, posibles normas correspondientes, las tolerancias o rangos esperados y/o ideales para cada elemento de la SE y, en general, a las especificaciones técnicas de la SE contenidas en al menos un archivo SCD de la SE.

[105] Los *conjuntos de datos de salida resultantes y sus respectivas instrucciones de salida* comprenden al menos una respuesta a uno o más datos de entrada enviados a la unidad de procesamiento o, adicionalmente y opcionalmente, a la red neuronal convolucional entrenada, que comprende datos numéricos, alfanuméricos, códigos de condición de la SE, alertas visuales y/o sonoras, *stream* de paquetes de una alarma y también las respectivas instrucciones para corrección, mantenimiento o reemplazo de uno o más componentes de la SE. Los datos de salida resultantes se utilizarán para determinar la condición de SE.

[106] Los *indicadores o códigos de condición de la SE* comprenden al menos un código asignado unívocamente a cada uno de los respectivos datos de salida resultantes y sus respectivas instrucciones de salida, comprendiendo datos numéricos, alfanuméricos, códigos de condición de SE, alertas visuales y/o sonoras y también las respectivas instrucciones para corrección, mantenimiento o reemplazo de uno o más componentes de la SE.

[107] Opcionalmente, es aún posible que haya una o más *listas de ítems*

de verificación visual o instrumental periódica y sus respectivos códigos adicionales de condición de la SE, mas allá de las informaciones en al menos un archivo SCD de la SE, que comprende toda y cualquier información importante para e inherente a la operación de la SE.

[108] Como se describió anteriormente, la determinación de una condición de subestación está relacionada a la determinación del estado de funcionamiento actual en tiempo real de la SE, es decir, el estado de operación de cada uno de los componentes de la SE y de la SE como un todo, pudiendo comprender, pero sin limitar la invención, una o más condiciones de operación normal que indiquen que los valores leídos por el sistema de monitoreo están todos dentro de un rango esperado e ideal de los parámetros predeterminados y contenida en al menos un archivo SCD de la SE; y/o una o más condiciones de operación anormal de desvío de uno o más de los datos leídos en relación con los rangos esperados e ideales de los parámetros predeterminados y contenidas en al menos un archivo SCD de la SE; y/o una o más condiciones de eventos críticos vinculadas o no a una o más condiciones de alarma (actuación incorrecta de la protección, ciberataque, etc.) y/o una o más alertas de mantenimiento y/o cambio de componentes.

Conjunto de instrucciones

[109] Un conjunto de instrucciones, según la invención, comprendiendo una o más instrucciones, secuenciales y/o no secuenciales, únicas y/o repetidas, siendo el conjunto de instrucciones adquirido y/o transmitido y/o almacenado por y en uno o más de los componentes del sistema de la invención, siendo, esencialmente, instrucciones ejecutables en máquinas o procesadores e incluso instrucciones a operadores para la realización por un ser humano de una o más tareas de verificación, mantenimiento o reemplazo de uno o más componentes de la SE.

[110] Las instrucciones de salida comprenden las instrucciones de salida generadas por la unidad de procesamiento y pueden ser ejecutadas y/o almacenadas por y en un servidor, en un centro de procesamiento, en un equipo de procesamiento para adquirir y presentar informaciones/instrucciones de la invención, pudiendo también ser almacenadas en una o más bases de datos u otro medio de almacenamiento legible por computadora, volátil o no volátil.

[111] Las instrucciones de salida según la invención también comprenden opcionalmente y adicionalmente los datos de salida de la red neuronal entrenada en respuesta a los datos de entrada procesados por ella.

[112] El conjunto de instrucciones también puede ser el conjunto de etapas y posibles subetapas de un método de la invención ejecutadas por el sistema de la invención o en uno o más componentes del sistema de la invención.

Otros dispositivos y/o equipos necesarios para el funcionamiento

[113] El sistema de la invención también puede comprender, eventualmente, todos y cada uno de los dispositivos y/o equipos adicionales que sean necesarios para el funcionamiento del sistema de la invención para la ejecución de uno o más métodos de la invención.

Funcionamiento del sistema de monitoreo del bus de comunicación de una subestación digital

[114] El sistema según la invención, alimentado con informaciones e instrucciones y con acceso a mensajes, informaciones, instrucciones y actualizaciones de estos mensajes, informaciones e instrucciones, comprende memorias que almacenan informaciones e instrucciones, al menos un procesador, opcionalmente y adicionalmente una red neuronal convolucional entrenada, servidor central remoto y/o local, bases de datos remotas y/o locales, medios legibles por computadora y, opcionalmente y adicionalmente, al menos un equipo portátil de procesamiento, que ejecutan un método de la invención

para determinar al menos una condición de subestación, resultado de la interacción de uno o más de sus componentes que realizan una o más etapas y posibles subtareas que pueden ser o no secuenciales, repetirse, aisladamente o de modo agrupado, si necesario y dependiendo de las condiciones determinadas para el método.

[115] En resumen, la unidad de procesamiento carga un archivo de configuración digital SE, que se crea al parametrizar un sistema de la invención, utilizando los protocolos GOOSE, SVs y MMS. En este momento, ocurre la creación de los archivos de tipo SCL (ICD, SSD, SCD, CID, IID, SED), que comprenden todas las informaciones relativas a la subestación y al respectivo sistema.

[116] Estos archivos se cargan en la memoria legible por computadora de la invención, que entonces tiene todas las informaciones sobre cómo se forma la red de comunicación entre los elementos del sistema, por ejemplo, cómo se comunican entre sí las MU y los IED y qué informaciones se ponen a disposición en la red (GOOSE y SV).

[117] Con el sistema en funcionamiento y conectado a todas las redes de comunicación y datos, cualquier mensaje y/o informaciones diferentes y/o reemplazados por otro y/o alterados y/o adulterados y/o y/o alterados en su secuencia y/o adicionales (léase aquí informaciones “extra” o más allá de lo esperado) de uno o más protocolos de comunicación y/o de cada uno de los componentes y de la subestación como un todo, que al compararse con al menos un archivo SCD sean diferentes de lo esperado/determinado por el archivo SCD, hacen con que el sistema accione al menos una alarma y informe el desvío y/o inconsistencia al SCADA de la SE, preferiblemente, pero sin limitar la invención, vía mensaje MMS.

[118] Adicionalmente, el sistema de la invención también adquirirá

mensajes MMS de las MUs e IEDs, y, tal y como se determina, por ejemplo, pero sin limitar la invención, en la norma IEC-61850, se podrán utilizar para su monitoreo otros desvíos y/o inconsistencias, como, por ejemplo, la falta de uno o más mensajes GOOSE, problemas en los SVs, etc.

[119] De esta forma, el sistema de la invención monitorea tanto las informaciones que se están publicando en la red de comunicaciones y datos como los equipos que están publicando y firmando los mensajes.

[120] Además, el sistema de la invención también monitorea el resto de los equipos que lo componen, como *switches* y GNSS, vía adquisición de datos del protocolo SNMP de cada equipo.

[121] Es decir, el sistema de la invención realiza un monitoreo completo de todos los componentes del sistema, así como de toda las informaciones que se publican en el bus de comunicación, siendo necesario que el mantenedor de la SE interprete lo que está sucediendo y lo corrija. Esta condición es alterada cuando, adicionalmente u opcionalmente, la unidad de procesamiento comprende una red neuronal entrenada para monitorear, diagnosticar y sugerir correcciones al mantenedor de la subestación.

[122] En mayor detalle, las principales etapas de funcionamiento del sistema de la invención comprenden, de manera no limitativa, la adquisición por parte del procesador, utilizando una base de datos o biblioteca específica predeterminada, de los datos de entrada provenientes de uno o más componentes de la SE, en que esta adquisición se hace mediante la lectura de al menos un mensaje y/o mediante la lectura de paquetes de mensajes *Ethernet*, por ejemplo, pero sin limitar la invención, de los mensajes individualmente y/o en grupos y/o en paquetes, como por ejemplo en *bursts* de 32 mensajes recibidos por las respectivas puertas de la unidad de procesamiento, en que estos mensajes y/o paquetes de mensajes son sometidos, en la unidad de

procesamiento, a comparación con los datos del archivo SCD de la subestación o, opcionalmente o adicionalmente, en la red neuronal convolucional entrenada.

[123] Para tanto, el sistema de la invención realiza, mediante la unidad de procesamiento, la adquisición de informaciones de entrada de al menos uno de los componentes de la SE, mediante la red de comunicaciones y datos de baja latencia y/o del propio bus de comunicaciones de baja latencia, estableciendo una conexión vía protocolo MMS definido en al menos una norma, por ejemplo, pero sin limitar la invención, en la norma IEC61850, para la adquisición de informaciones relativas a relés de protección; la adquisición de informaciones vía capa 2 (capa que transmite los protocolos) para los protocolos GOOSE, SV y LLDP; y conexión vía protocolo SNMP para adquirir informaciones relativas a *switches*, enrutadores y unidades de sincronización de tiempo GNSS.

[124] La adquisición de informaciones de entrada con baja latencia por parte de la unidad de procesamiento del sistema de la invención se logra debido a la conexión directa entre los dispositivos de red de la unidad de procesamiento y las aplicaciones del monitor de red, es decir, ocurre a través del *bypass* del *kernel* del sistema operativo.

[125] Una vez hecha esta primera lectura, se utilizan los núcleos de la unidad de procesamiento dedicados al procesamiento de cada red de comunicaciones y se comparan las informaciones de entrada con las informaciones disponibles en el SCD.

[126] Durante el monitoreo a través de los protocolos MMS y SNMP, la unidad de procesamiento adquiere las siguientes informaciones:

- Todos los *logical nodes* solicitados por el usuario y mantenidos en el SCD;
- Recepción de informes de valores adquiridos vía MMS por alteración de valor;

- Recepción de informes de valores adquiridos vía MMS por alteración de calidad;
- Recepción de informes de valores adquiridos vía MMS por periodo; y
- Recepción de todas las informaciones contenidas en las MIBs vía protocolo SNMP.

[127] Al monitorear a través de los protocolos GOOSE, SMV y PTP, la unidad de procesamiento adquiere las siguientes informaciones:

- Todos los campos de información del mensaje GOOSE;
- Longitud del mensaje GOOSE;
- Composición del mensaje GOOSE;
- Tiempos de llegada y retransmisión del mensaje GOOSE;
- Secuencia de recepción del mensaje GOOSE;
- Modo de operación del mensaje GOOSE;
- Todos los campos de informaciones del mensaje *Sampled Value*;
- Longitud del mensaje *Sampled Value*;
- Composición del mensaje *Sampled Value*;
- Tiempos de llegada y retransmisión del mensaje *Sampled Value*;
- Secuencia de recepción del mensaje *Sampled Value*;
- Modo de operación del mensaje *Sampled Value*;
- Recepción de paquetes no previstos en el archivo SCD proporcionado;
- Existencia de paquetes IEEE1588 para PTP;
- Tiempos de llegada y retransmisión del mensaje 1588; y
- Alteración del paquete IEEE1588 a PTP.

[128] Los mensajes y/o informaciones de entrada son comparados por la unidad de procesamiento y/o, opcionalmente y adicionalmente por una red neuronal, con los valores e informaciones contenidos en al menos un archivo SCD de la SE y, una vez hecha esta comparación, se determina al menos una

condición de la subestación, en la que el servidor MMS de la unidad de procesamiento informa al SCADA de todos los desvíos y/o inconsistencias detectadas en la condición de la subestación, en forma de:

- Alarmas relativas a cada ítem adquirido;
- Lectura de los paquetes adquiridos
- Informaciones estadísticas de los paquetes;
- Informaciones estadísticas del monitor;
- Archivo PCAP de paquete de la alarma; y
- *Stream* de los paquetes de una alarma.

[129] Después de determinar e informar al menos una condición de la subestación, los eventos (desvíos y/o inconsistencias) detectados se registran en la base de datos de la unidad de procesamiento, más específicamente:

- Almacenar en la memoria y/o base de datos de la unidad de procesamiento el flujo de mensajes de la red; y
- Registrar en la memoria y/o base de datos de la unidad de procesamiento el flujo de datos en el momento del evento.

[130] Los datos y, en especial, las instrucciones de salida generadas en respuesta a al menos una condición de estación determinada, comprenden informar al operador o responsable por la supervisión y/o mantenimiento de la subestación, mediante el procesador central remoto o el procesador del equipo portátil, uno o más códigos de condición de subestación y comunicar al menos una instrucción de procedimiento equivalente a:

- Interfaz gráfica para acceder a las informaciones;
- A través de un *software* instalado en el computadora personal o dispositivo remoto del usuario/operador/cliente/mantenedor de la SE, el mismo tendrá acceso a:
 - Todos los eventos;

- Copia del flujo de datos en el momento del evento;
- Visualización de la red de comunicación actual;
- Configuración y análisis de archivos SCD;
- Configuración del servidor de adquisición;
- Tomar acciones de ciberseguridad como visitar los paneles que ocurrieron las alarmas, bloquear puertas;
 - Preparación para la intervención, como adquirir el material correcto para el reemplazo (cables de red, cables ópticos, IEDs).
 - Evitar que una configuración incorrecta del sistema permanezca en operación sin ser detectada.

[131] Preferiblemente, las etapas se pueden repetir integralmente para los demás componentes de la SE, dejando el proceso de toma de decisiones para el final, acumulando las decisiones para un grupo de componentes, además de tener en cuenta una posible ejecución autónoma del método mediante equipo portátil, sin conexión a un servidor central o base de datos central o a cualquier red de comunicaciones y datos.

[132] Cabe señalar que las etapas, tareas y subtareas se ejecutan utilizando directa o indirectamente uno o más de los componentes activos o pasivos del sistema de la invención, con base en una o más de las informaciones del sistema de la invención, según un método de la invención y, siempre, según una o más de las instrucciones del sistema de la invención.

[133] Dicho esto, es evidente que, mediante la ejecución de las etapas descritas anteriormente, el sistema de la invención determina el estado de operación de uno o más componentes de la SE y de la SE como un todo, en forma de condición de subestación, a partir de la lectura de los mensajes recibidos o registrados y/o de los datos recibidos de cada componente o de la SE, mediante sometimiento de los resultados de las lecturas de las informaciones de entrada

a la unidad de procesamiento o, adicionalmente y opcionalmente, a un modelo de aprendizaje de máquina.

[134] Al asociar los valores medidos con su valor ideal predeterminado, por ejemplo, descrito en al menos un archivo SCD de la SE, el sistema de la invención es capaz de, además de identificar posibles discrepancias, levantar informaciones indicativas sobre el estado de funcionamiento de cada componente de la SE o de la SE como un todo, de forma independiente y completa.

[135] Con estas informaciones, el sistema ayuda a determinar la situación de cada componente de la SE y de la SE, y, opcionalmente o adicionalmente, al someter las informaciones de entrada a una red neuronal entrenada, sugiere al operador/usuario/cliente/mantenedor de la SE las medidas de operación y/o mantenimiento adecuadas y necesarias mediante sugerencias y/o instrucciones de procedimiento.

Método para supervisión y monitoreo de buses de comunicación de una subestación digital

[136] El método para supervisión y monitoreo de los buses de comunicación de una subestación digital, según la invención, es un método implementado en computadora que comprende, preferiblemente, las siguientes etapas de método:

A. Adquirir, mediante al menos una unidad de procesamiento, mensajes y/o informaciones de entrada de al menos uno de los componentes de la SE a través de al menos una red de comunicaciones y datos y/o del propio bus de comunicaciones de la SE, mediante establecimiento de una conexión vía protocolo MMS, GOOSE y SV, de una conexión vía capa 2 y de una conexión vía protocolo SNMP;

B. Comparar, mediante al menos una unidad de procesamiento, los

mensajes y/o informaciones de entrada de al menos uno de los componentes de la SE obtenidos en la etapa anterior con los valores ideales predeterminados comprendidos en al menos un archivo SCD de al menos una memoria y/o base de datos de la unidad de procesamiento;

C. Determinar, mediante la unidad de procesamiento, con base en la comparación de la etapa anterior, al menos una condición de subestación, en que una condición de subestación puede ser al menos una condición de operación normal, sin desvíos y/o inconsistencias, y/o al menos una condición de operación anormal, con al menos un desvío y/o al menos una inconsistencia, y/o al menos una condición de evento crítico, con al menos un desvío crítico y/o al menos una inconsistencia crítica;

D. Informar, mediante la unidad de procesamiento, a al menos un Sistema de Supervisión y Adquisición de Datos SCADA de la SE, independiente de la unidad de procesamiento, la al menos una condición de la subestación determinada en la etapa anterior, en forma de mensajes y/o instrucciones de salida, junto con al menos uno de los desvíos y/o desvíos críticos y/o al menos una de las inconsistencias y/o inconsistencias críticas detectadas;

E. Registrar, mediante la unidad de procesamiento, en la al menos una memoria y/o base de datos de la unidad de procesamiento, la al menos una condición de subestación determinada e informada, en que los registros comprenden aún datos de los flujos de mensajes de la red de comunicación y datos y los datos al momento de al menos un desvío y/o al menos una inconsistencia; y

F. Repetir las etapas A a E durante la operación de monitoreo del bus de comunicación de la subestación.

[137] En la **etapa A**, los mensajes y/o informaciones de entrada de al menos uno de los componentes de la SE son adquiridos por la unidad de

procesamiento mediante el establecimiento de al menos una conexión vía el protocolo MMS para la adquisición de información relativa a los relés de protección; al menos una conexión vía capa 2 (capa que transmite los protocolos) para adquirir los protocolos GOOSE, SV y LLDP; y al menos una conexión vía protocolo SNMP para adquirir informaciones relativa a *switches*, enrutadores y unidades de sincronización de tiempo GNSS. Cabe señalar que, tal y como se define, el establecimiento de una o más de las conexiones descritas en la presente invención se puede realizar ya sea mediante al menos una red de comunicaciones y datos o mediante el propio bus de comunicaciones de la SE, pudiendo haber aún una forma mixta de conexión, no obstante, independientemente de la forma de conexión, esta deberá ser una conexión según la invención, es decir, de baja latencia, siendo la adquisición de informaciones de entrada con baja latencia por parte de la unidad de procesamiento del sistema de la invención lograda debido a la conexión directa entre los dispositivos de red de la unidad de procesamiento y las aplicaciones de monitor de red, es decir, ocurre a través del *bypass* del *kernel* del sistema operativo.

[138] La **etapa A** implica, por lo tanto, el monitoreo a través de los protocolos MMS y SNMP, por lo cual la unidad de procesamiento adquiere las siguientes informaciones:

- Todos los *logical nodes* solicitados por el usuario y mantenidos en el SCD;
- Recepción de informes de valores adquiridos vía MMS por alteración de valor;
- Recepción de informes de valores adquiridos vía MMS por alteración de calidad;
- Recepción de informes de valores adquiridos vía MMS por periodo; y

- Recepción de todas las informaciones contenidas en las MIBs vía protocolo SNMP.

[139] **La etapa A** comprende aún el monitoreo a través de los protocolos GOOSE, SMV y PTP, por lo cual la unidad de procesamiento adquiere las siguientes informaciones:

- Todos los campos de información del mensaje GOOSE;
- Longitud del mensaje GOOSE;
- Composición del mensaje GOOSE;
- Tiempos de llegada y retransmisión del mensaje GOOSE;
- Secuencia de recepción del mensaje GOOSE;
- Modo de operación del mensaje GOOSE;
- Todos los campos de información del mensaje *Sampled Value*;
- Longitud del mensaje *Sampled Value*;
- Composición del mensaje *Sampled Value*;
- Tiempos de llegada y retransmisión del mensaje *Sampled Value*;
- Secuencia de recepción del mensaje *Sampled Value*;
- Modo de operación del mensaje *Sampled Value*;
- Recepción de paquetes no previstos en el archivo SCD proporcionado;
- Existencia de paquetes IEEE1588 para PTP;
- Tiempos de llegada y retransmisión del mensaje 1588; y
- Alteración del paquete IEEE1588 a PTP.

[140] En la **etapa B**, la unidad de procesamiento realiza la comparación de los mensajes y/o informaciones de entrada de al menos uno de los componentes de la SE obtenidos en la etapa A con los valores ideales predeterminados comprendidos en al menos un archivo SCD de al menos una memoria y/o base de datos de la unidad de procesamiento. La comparación realizada en la etapa B también puede ser realizada por una red neuronal convolucional entrenada

según la invención, haciendo la comparación tanto entre los mensajes y los datos del archivo SCD como los valores contenidos en los mensajes y los datos del archivo SCD y/o otro archivo o base de datos que comprendan, por ejemplo, pero sin limitar la invención, las cantidades físicas esperadas de cada componente de la SE.

[141] En la **etapa C**, la unidad de procesamiento, con base en la comparación de la etapa B, determina al menos una condición de subestación, en que una condición de subestación puede ser al menos una condición de operación normal, sin desvíos y/o inconsistencias, y/o al menos una condición de operación anormal, con al menos un desvío y/o inconsistencia, y/o al menos una condición de evento crítico, con al menos un desvío crítico y/o al menos una inconsistencia crítica.

[142] La **etapa D** comprende informar al menos a un Sistema de Supervisión y Adquisición de Datos SCADA de la SE, mediante la unidad de procesamiento, preferiblemente, pero sin limitar la invención, mediante el servidor MMS de la unidad de procesamiento, a al menos una condición de la subestación determinada en la etapa C, en forma de instrucciones de salida, junto con al menos uno de los desvíos y/o inconsistencias y/o desvíos críticos y/o inconsistencias críticas detectadas. Las instrucciones de salida comprenden:

- Alarmas relativas a cada ítem adquirido;
- Lectura de los paquetes adquiridos
- Informaciones estadísticas de los paquetes;
- Informaciones estadísticas del monitor;
- Archivo PCAP de paquete de la alarma; y
- *Stream* de los paquetes de una alarma.

[143] Los datos y, en especial, las instrucciones de salida generadas en respuesta a al menos una condición de estación determinada, comprenden

informar al operador o responsable por la supervisión y/o mantenimiento de la subestación, mediante el procesador central remoto o el procesador del equipo portátil, uno o más códigos de condición de subestación y comunicar al menos una instrucción de procedimiento equivalente a:

- Interfaz gráfica para acceder a las informaciones;
- A través de un *software* instalado en el computadora personal o dispositivo remoto del usuario/operador/cliente/mantenedor de la SE, el mismo tendrá acceso a:

- Todos los eventos;
- Copia del flujo de datos en el momento del evento;
- Visualización de la red de comunicación actual;
- Configuración y análisis de archivos SCD;
- Configuración del servidor de adquisición;
- Tomar acciones de ciberseguridad como visitar los paneles que ocurrieron las alarmas, bloquear puertas; y
- Preparación para la intervención, como adquirir el material correcto para el reemplazo (cables de red, cables ópticos, IEDs).

[144] Además, cabe señalar que, mediante una interfaz en forma de equipo de procesamiento para la adquisición y presentación de informaciones/instrucciones de la invención, es posible para el usuario/operador:

- i. Importar archivos de tipo SCD, CID, ICD y XML;
- ii. Visualización en tiempo real de paquetes de la red;
- iii. Configuración por parte del usuario del servidor de monitoreo;
- iv. Configuración por parte del usuario de las alarmas;
- v. Configuración por parte del usuario de los tiempos para alarmas;
- vi. Modificación de los archivos SCD por parte del usuario;

- vii. Adición de componentes a monitorear; y
- viii. Descarga en formato PCAP de los paquetes contenidos en las alarmas.

[145] Además, la **etapa D** también puede comprender, opcionalmente o adicionalmente, al someter informaciones de entrada a una red neuronal entrenada, sugerir al operador/usuario/cliente/mantenedor de la SE las medidas de operación y/o mantenimiento adecuadas y necesarias mediante sugerencias y/o instrucciones de procedimiento para corregir los desvíos y/o inconsistencias informadas.

[146] La **etapa E** comprende registrar al menos una condición de subestación determinada e informada, en que los registros comprenden además datos de los flujos de mensajes de la red de comunicación y datos, y datos en el momento de al menos un desvío y/o al menos una inconsistencia. El registro se hace mediante la unidad de procesamiento en al menos una memoria y/o base de datos de la unidad de procesamiento. Los registros de la **etapa E** son, esencialmente, adicionados a la base de datos de la unidad de procesamiento con el fin de registrar las actividades y condiciones de cada uno de los elementos de la SE y de la SE como un todo y, adicionalmente, para crear un historial de accesos y registros. Cabe señalar, aún, que los registros de la etapa E se pueden adicionar a al menos una base de datos adicional que comprende las informaciones del archivo SCD de la SE actualizado con datos de operación diaria.

[147] La **etapa F**, a su vez, sugiere repetir las etapas A a E durante la operación de monitoreo del bus de comunicación de la subestación y, más específicamente, durante la operación de la subestación, continuamente y/o a intervalos predeterminados, conforme las instrucciones del archivo SCD de la SE y/o del operador/usuario.

[148] Las etapas del método para determinar una condición de una subestación de la invención pueden ser ejecutadas en las secuencias sugeridas o

repetirse aisladamente o de modo agrupado, si es necesario y dependiendo de la condición que se desea investigar.

[149] Todos las etapas y posibles subetapas del método de la invención son ejecutadas utilizando directa o indirectamente uno o más de los componentes activos o pasivos del sistema de la invención, utilizando una o más de las informaciones del sistema de la invención y siempre según una o más de las instrucciones del sistema de la invención.

[150] Una interacción entre los componentes del sistema durante la ejecución del método de la invención se produce por la comunicación de ellos entre sí mediante una o más redes de comunicación y datos y/o uno o más buses de comunicación de la subestación.

[151] De manera opcional, las etapas del método de la invención se pueden repetir integralmente para los demás componentes de la SE, dejando el proceso de toma de decisiones para el final, acumulando las decisiones para un grupo de componentes, además de tener en cuenta una posible ejecución autónoma del método mediante equipo portátil, sin conexión a un servidor central o base de datos central o a cualquier red de comunicaciones y datos.

[152] Dicho esto, es evidente que, mediante la ejecución de las etapas descritas anteriormente, el sistema de la invención determina, mediante una plataforma computacional completamente independiente, el estado de operación de uno o más componentes de la SE y de la SE como un todo, a partir de la lectura de los datos recibidos de cada componente o de la SE, enviando los resultados de las lecturas de las informaciones de entrada a la unidad de procesamiento o, adicionalmente y opcionalmente, a un modelo de aprendizaje de máquina.

[153] Al asociar los valores medidos con su valor ideal predeterminado, por ejemplo, descrito en al menos un archivo SCD de la SE, el sistema de la

invención es capaz de, además de identificar posibles discrepancias, levantar informaciones indicativas sobre el estado de funcionamiento de cada componente de la SE o de la SE como un todo, de forma independiente y completa. Con estas informaciones, el sistema ayuda a determinar la situación de cada componente de la SE y de la SE, y sugiere al operador las medidas de operación y/o mantenimiento adecuadas y necesarias mediante instrucciones de procedimiento.

Método para entrenar una red neuronal para determinar un estado de subestación de una subestación digital

[154] El método de la invención para entrenar una red neuronal para determinar un estado de subestación de una subestación digital, en el que una red neuronal se refiere a un modelo de aprendizaje de máquina, es un método capaz de ajustar los parámetros del modelo de aprendizaje de máquina para que, a partir de una serie de informaciones de entrada de referencia asociadas a los valores ideales y/o esperados de cada componente de la SE y de la SE como un todo, disponibles en al menos un archivo SCD y/o en al menos un archivo o base de datos que comprende las cantidades físicas esperadas para los componentes de la SE y la operación de la SE como un todo, sea capaz de, a partir de uno o más datos o informaciones de entrada (*input*) que comprendan los datos medidos, proveer uno o más datos de salida (*output*) en forma de una o más condiciones de subestación para uno o más componentes de la SE y de la SE como un todo y/o en forma de un diagnóstico de las causas de posibles desvíos y/o inconsistencias, además de sugerencias de procedimiento y/o instrucciones para corregir cualquier desvío y/o inconsistencia.

[155] El entrenamiento sirve para configurar la red neuronal para proporcionar diagnósticos e instrucciones asociados inequívocamente a cada componente correspondiente de la SE, en respuesta a la recepción, como

entrada, de los valores medidos de cada componente y/o de los mensajes y/o informaciones de entrada.

[156] La red neuronal preferente, sin limitar el alcance de la invención, es una red neuronal convolucional, pudiendo, entretanto, ser cualquier otra arquitectura similar adecuada siempre que este modelo esté entrenado para tanto, como la red neuronal convolucional já mencionada. Además, la red neuronal entrenada de la invención puede comprender la combinación de dos o más arquitecturas.

[157] Una vez entrenada la red neuronal convolucional y habiendo alimentado el sistema como un todo con las informaciones e instrucciones descritas en la presente invención, los procesadores estarán preparados para gestionar el sistema y su red neuronal convolucional entrenada, lo que comprende, en especial, la gestión de todo el sistema según la invención para la ejecución del método según la invención.

[158] Para el entrenamiento de la red neuronal convolucional de la invención, se utiliza al menos una base de datos en forma de al menos un archivo SCD con los datos de referencia ideales y/o esperados para cada uno de los componentes de la SE y de la SE como un todo y/o al menos un archivo o base de datos que comprenda las cantidades físicas esperadas para los componentes de la SE y la operación de la SE como un todo.

[159] Con los datos del archivo SCD y/o de otros archivos o bases de datos adicionales, se puede crear una red neuronal convolucional profunda de alimentação (de tipo *feedforward*), que puede incluir capas de neuronas que se pueden configurar en un campo receptivo dispuesto lado a lado, en la que los datos de entrada (*input*) son datos leídos de los componentes de la SE y los datos de salida son las condiciones de la subestación y las respectivas instrucciones de salida.

[160] Un método para entrenar una red neuronal para determinar un estado de subestación, según la invención, comprende las siguientes etapas del método:

(i) Poner a disposición al menos un conjunto de datos de entrenamiento basado en datos de al menos un archivo SLC de SE y/o al menos un archivo o base de datos que comprenda las cantidades físicas esperadas para los componentes de SE y la operación de SE como un todo;

(ii) Configurar una red neuronal para recibir, como entrada, el conjunto de datos de entrada, en que cada conjunto de datos de entrada de entrenamiento corresponde a los respectivos conjuntos de datos esperados, según el archivo SCD de la SE y/o archivo o base de datos adicional, para cada uno de los componentes de la SE y el SE como un todo;

(iii) Recibir datos de entrada de entrenamiento;

(iv) Configurar la red neuronal para asignar a cada componente de la SE al menos un valor esperado, según el archivo SCD de la SE;

(v) Configurar la red neuronal para generar, como respuesta a los datos de entrada, al menos una condición de subestación, al menos un diagnóstico y al menos una sugerencia de corrección y/o instrucción de salida; y

(vi) Producir una red neuronal entrenando repetidamente la red neuronal convolucional entrenada con cada uno de los conjuntos de datos de entrenamiento.

Consideraciones finales

[161] Los técnicos en el asunto comprenderán fácilmente que se pueden realizar modificaciones a la presente invención sin apartarse de los conceptos establecidos en la descripción anterior. Estas modificaciones deben considerarse dentro del alcance de la presente invención. En consecuencia, las modalidades particulares descritas en detalle anteriormente son sólo ilustrativas y ejemplares

y no limitativas del alcance de la presente invención, a la que se le debe dar la extensión completa de las reivindicaciones adjuntas y todos y cada uno de equivalentes de la misma.

REIVINDICACIONES

1. Método para supervisión y monitoreo de los buses de comunicación de una subestación digital, **caracterizado** por el hecho de que es un método implementado en computadora que comprende las siguientes etapas del método:

- A. Adquirir, mediante al menos una unidad de procesamiento, mensajes y/o informaciones de entrada de al menos uno de los componentes de la SE a través de al menos una red de comunicaciones y datos y/o del propio bus de comunicaciones de la SE, mediante establecimiento de una conexión vía protocolo MMS, de una conexión vía capa 2 y de una conexión vía protocolo SNMP;
- B. Comparar, mediante al menos una unidad de procesamiento, los mensajes y/o informaciones de entrada de al menos uno de los componentes de la SE obtenidos en la etapa anterior con los valores ideales predeterminados comprendidos en al menos un archivo SCD de al menos una memoria y/o base de datos de la unidad de procesamiento;
- C. Determinar, mediante la unidad de procesamiento, con base en la comparación de la etapa anterior, al menos una condición de subestación, en que una condición de subestación puede ser al menos una condición de operación normal, sin desvíos y/o inconsistencias, y/o al menos una condición de operación anormal, con al menos un desvío y/o al menos una inconsistencia, y/o al menos una condición de evento crítico, con al menos un desvío crítico y/o al menos una inconsistencia crítica;
- D. Informar, mediante la unidad de procesamiento, a al menos un Sistema de Supervisión y Adquisición de Datos SCADA de la SE,

independiente de la unidad de procesamiento, la al menos una condición de la subestación determinada en la etapa anterior, en forma de mensajes y/o instrucciones de salida, junto con al menos uno de los desvíos y/o desvíos críticos y/o al menos una de las inconsistencias y/o inconsistencias críticas detectadas;

E. Registrar, mediante la unidad de procesamiento, en la al menos una memoria y/o base de datos de la unidad de procesamiento, la al menos una condición de subestación determinada e informada, en que los registros comprenden aún datos de los flujos de mensajes de la red de comunicación y datos y los datos al momento de al menos un desvío y/o al menos una inconsistencia; y

F. Repetir las etapas A a E durante la operación de monitoreo del bus de comunicación de la subestación.

2. Método, según la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que, en la etapa A, los mensajes y/o informaciones de entrada de al menos uno de los componentes de la SE son adquiridos por la unidad de procesamiento mediante el establecimiento de al menos una conexión vía el protocolo MMS para la adquisición de informaciones relativas a los relés de protección; al menos una conexión vía capa 2 (capa que transmite los protocolos) para adquirir los protocolos GOOSE, SV y LLDP; y al menos una conexión vía protocolo SNMP para adquirir informaciones relativa a *switches*, enrutadores y unidades de sincronización de tiempo GNSS.

3. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado** por el hecho de que la etapa A comprende el monitoreo a través de los protocolos MMS y SNMP, por el cual se adquieren por la unidad de procesamiento las siguientes informaciones:

- Todos los *logical nodes* solicitados por el usuario y mantenidos en el

SCD;

- Recepción de informes de valores adquiridos vía MMS por alteración de valor;
- Recepción de informes de valores adquiridos vía MMS por alteración de calidad;
- Recepción de informes de valores adquiridos vía MMS por periodo; y
- Recepción de todas las informaciones contenidas en las MIBs vía protocolo SNMP.

4. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** por el hecho de que la etapa A comprende aún el monitoreo a través de los protocolos GOOSE, SMV y PTP, por el cual se adquieren por la unidad de procesamiento las siguientes informaciones:

- Todos los campos de información del mensaje GOOSE;
- Longitud del mensaje GOOSE;
- Composición del mensaje GOOSE;
- Tiempos de llegada y retransmisión del mensaje GOOSE;
- Secuencia de recepción del mensaje GOOSE;
- Modo de operación del mensaje GOOSE;
- Todos los campos de información del mensaje Sampled Value;
- Longitud del mensaje Sampled Value;
- Composición del mensaje Sampled Value;
- Tiempos de llegada y retransmisión del mensaje Sampled Value;
- Secuencia de recepción del mensaje Sampled Value;
- Modo de operación del mensaje Sampled Value;
- Recepción de paquetes no previstos en el archivo SCD proporcionado;
- Existencia de paquetes IEEE1588 para PTP;
- Tiempos de llegada y retransmisión del mensaje 1588; y

- Alteración del paquete IEEE1588 a PTP.

5. Método, según la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que, en la etapa B, la comparación se puede ser hecha tanto entre los mensajes y los datos del archivo SCD como entre los valores contenidos en los mensajes y los datos del archivo SCD y/o otro archivo o base de datos que comprenden las cantidades físicas esperadas de cada componente de la SE.

6. Método, según la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que, en la etapa C, la unidad de procesamiento, con base en la comparación de la etapa B, determina al menos una condición de subestación, en que una condición de subestación puede ser al menos una condición de operación normal, sin desvíos y/o inconsistencias, y/o al menos una condición de operación anormal, con al menos un desvío y/o inconsistencia, y/o al menos una condición de evento crítico, con al menos un desvío crítico y/o al menos una inconsistencia crítica.

7. Método, según la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que, en la etapa D, las instrucciones de salida comprenden:

- Alarmas relativas a cada ítem adquirido;
- Lectura de los paquetes adquiridos;
- Informaciones estadísticas de los paquetes;
- Informaciones estadísticas del monitor;
- Archivo PCAP de paquete de la alarma; y
- *Stream* de los paquetes de una alarma.

8. Método, según la reivindicación 7, **caracterizado** por el hecho de que, en la etapa D, las instrucciones de salida comprenden aún comunicar al menos una instrucción de procedimiento equivalente a:

- Interfaz gráfica para acceder a las informaciones;
- A través de un *software* instalado en el computadora personal o

dispositivo remoto del usuario/operador/cliente/mantenedor de la SE, el mismo tendrá acceso a:

- Todos los eventos;
- Copia del flujo de datos en el momento del evento;
- Visualización de la red de comunicación actual;
- Configuración y análisis de archivos SCD;
- Configuración del servidor de adquisición;
- Tomar acciones de ciberseguridad como visitar los paneles que ocurrieron las alarmas, bloquear puertas; y
- Preparación para la intervención, como adquirir el material correcto para el reemplazo (cables de red, cables ópticos, IEDs).

9. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8, **caracterizado** por el hecho de que la etapa D puede comprender aún sugerir al operador/usuario/cliente/mantenedor de la SE las medidas de operación y/o mantenimiento adecuadas y necesarias mediante sugerencias y/o instrucciones de procedimiento para corregir los desvíos y/o inconsistencias informadas.

10. Método, según la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que, en la etapa E, los registros pueden ser adicionados a al menos una base de datos adicional que comprende las informaciones del archivo SCD de la SE actualizados con los datos de la operación diaria.

11. Sistema de supervisión y monitoreo del bus de comunicaciones y de una subestación digital, **caracterizado** por el hecho de que comprende una plataforma de monitoreo computacional independiente del SCADA de la subestación que comprende al menos una unidad de procesamiento, comprendiendo ésta al menos una memoria que almacena informaciones e instrucciones ejecutables por computadora, en el que la unidad de procesamiento está configurada para proporcionar datos de salida y/o

instrucciones de salida acerca de una o más condiciones de la subestación en respuesta a la recepción, como informaciones de entrada, de uno o más mensajes y/o informaciones de entrada obtenidos de uno o más componentes de la SE, en el que la ejecución de las instrucciones por la unidad de procesamiento ejecuta una o más etapas de un método de monitoreo de los buses de comunicaciones en una subestación digital.

12. Sistema, según la reivindicación 11, **caracterizado** por el hecho de que comprende, adicionalmente:

- Al menos un equipo de procesamiento para adquirir y presentar informaciones/instrucciones;
- Al menos un servidor central;
- Al menos una base de datos;
- Al menos una red de comunicación y datos;
- Uno o más conjuntos de informaciones de entrada;
- Uno o más conjuntos de instrucciones; y
- Otros dispositivos y/o equipos necesarios para el funcionamiento del sistema y para la ejecución de un método según la invención.

13. Sistema de supervisión y monitoreo del bus de comunicaciones y de una subestación digital, **caracterizado** por el hecho de que ejecuta al menos una, preferiblemente todas, las etapas del método definido en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

14. Sistema para supervisión y monitoreo del bus de comunicación y de una subestación digital, **caracterizado** por el hecho de que comprende una plataforma de monitoreo computacional independiente del SCADA de la subestación que comprende al menos una unidad de procesamiento, comprendiendo ésta al menos una memoria que almacena informaciones e instrucciones ejecutables por computadora, en que la unidad de procesamiento

está configurada para determinar una red neuronal convolucional entrenada.

15. Sistema, según la reivindicación 14, **caracterizado** por el hecho de que la red neuronal está entrenada para comparar mensajes y/o informaciones de entrada leídos de los elementos de la SE con informaciones de un archivo SCD de la SE y/o de un archivo o base de datos que comprende los valores esperados para las cantidades físicas de cada uno de los componentes de la SE; detectar una condición de la subestación; proporcionar una o más instrucciones de salida en respuesta a uno o más mensajes y/o informaciones de entrada; diagnosticar y generar al menos una instrucción de salida para el mantenedor de la subestación en forma de una sugerencia de procedimiento para mantener la operación y/o corregir los parámetros de uno o más componentes de la subestación o de la subestación como un todo.

16. Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones 14 o 15, **caracterizado** por el hecho de que los mensajes y/o informaciones de entrada leídas de los elementos de la SE comprenden los valores numéricos medidos directa o indirectamente en cada componente de la SE.

17. Método para entrenar una red neuronal para determinar un estado de subestación de una subestación digital, **caracterizado** por el hecho de que comprende las siguientes etapas del método:

- (i) Poner a disposición al menos un conjunto de datos de entrenamiento basado en datos de al menos un archivo SLC de SE y/o al menos un archivo o base de datos que comprenda las cantidades físicas esperadas para los componentes de SE y la operación de SE como un todo;
- (ii) Configurar una red neuronal para recibir, como entrada, el conjunto de datos de entrada, en que cada conjunto de datos de entrada de entrenamiento corresponde a los respectivos

conjuntos de datos esperados, según el archivo SCD de la SE y/o archivo o base de datos adicional, para cada uno de los componentes de la SE y el SE como un todo;

- (iii) Recibir datos de entrada de entrenamiento;
- (iv) Configurar la red neuronal para asignar a cada componente de la SE al menos un valor esperado, según el archivo SCD de la SE;
- (v) Configurar la red neuronal para generar, como respuesta a los datos de entrada, al menos una condición de subestación, al menos un diagnóstico y al menos una sugerencia de corrección y/o instrucción de salida; y
- (vi) Producir una red neuronal entrenando repetidamente la red neuronal convolucional entrenada con cada uno de los conjuntos de datos de entrenamiento.

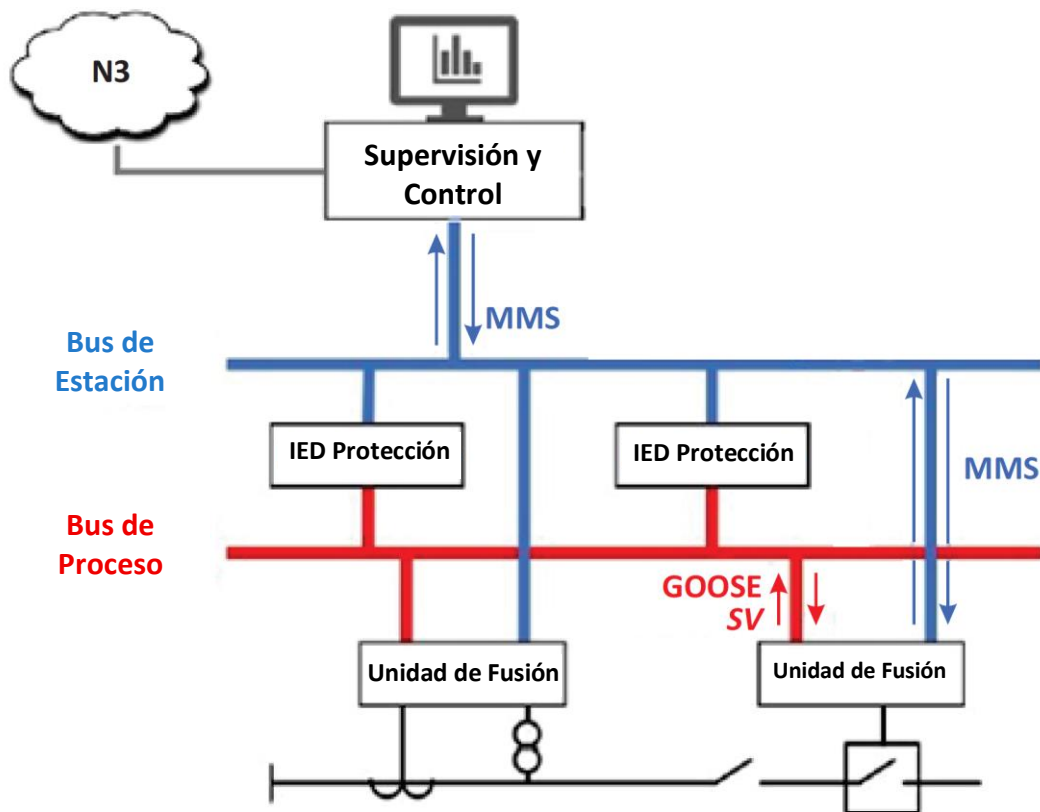
18. Equipo para monitoreo del bus de comunicaciones de una subestación digital, **caracterizado** por el hecho de que es portátil y ejecuta al menos una, preferiblemente todas, las etapas del método definido en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

19. Memoria legible por computadora, **caracterizada** por el hecho de que comprende un conjunto de instrucciones ejecutables por computadora que, cuando ejecutadas, efectúan el método definido en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

RESUMEN

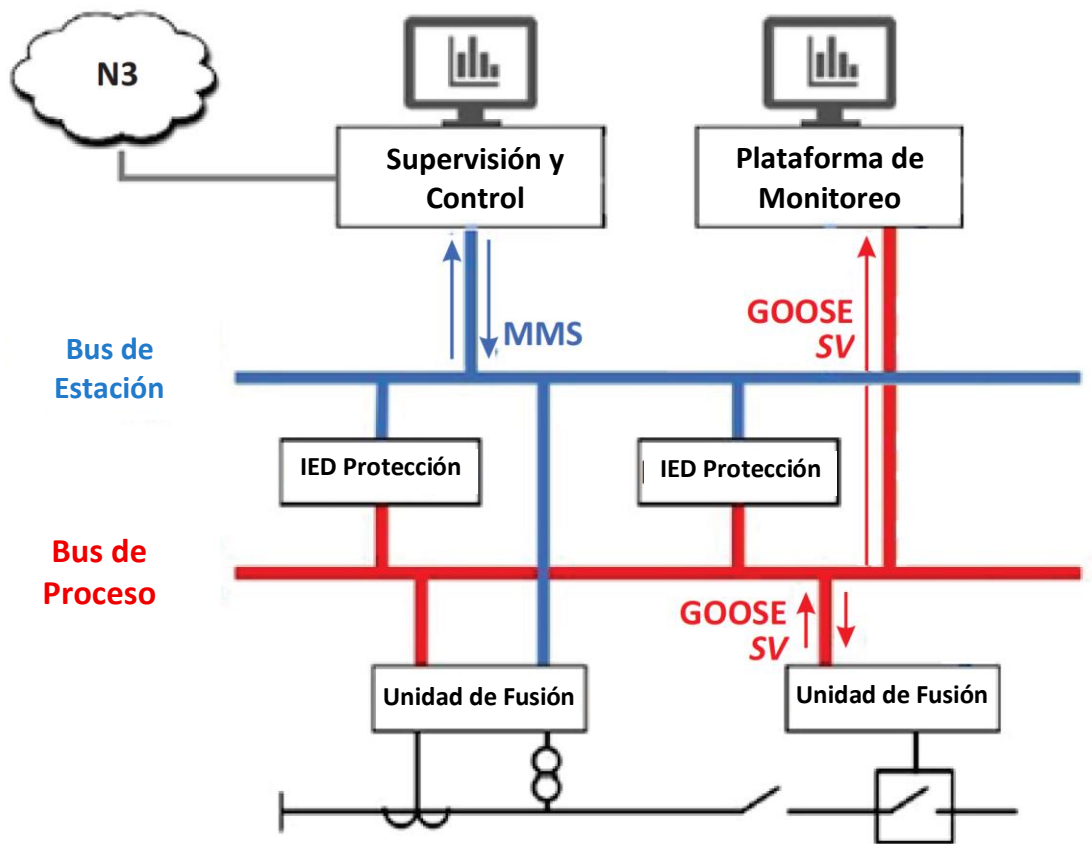
**MÉTODO Y SISTEMA PARA SUPERVISIÓN Y MONITOREO DEL BUS DE
PROCESOS DE UNA SUBESTACIÓN DIGITAL, EQUIPO, MÉTODO PARA
ENTRENAR UNA RED NEURAL PARA MONITOREO Y SUPERVISIÓN DEL BUS DE
PROCESOS DE UNA SUBESTACIÓN DIGITAL Y MEMORIAS LEGIBLES POR
COMPUTADORA CORRESPONDIENTES**

La presente invención es relativa a un método y un sistema para supervisión y monitoreo de los buses de comunicación de una subestación digital. Además, la presente invención es relativa a un equipo para monitoreo del bus de comunicación de una subestación digital y a un método para entrenar una red neuronal para monitoreo y diagnóstico del bus de comunicación de una subestación digital y también a memorias legibles por computadora que contienen un conjunto de instrucciones que, cuando ejecutadas, efectúan el método de supervisión y monitoreo de los buses de comunicación de una subestación digital.



ESTADO DE LA TÉCNICA

FIG. 1



ESTADO DE LA TÉCNICA

FIG. 2

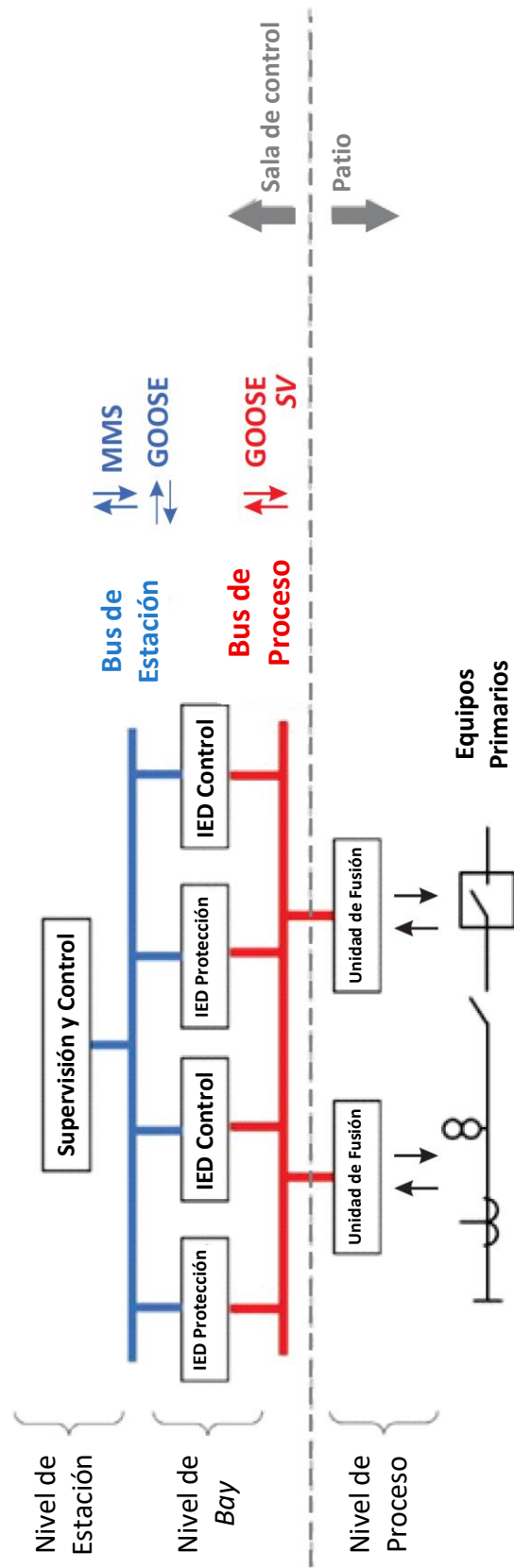


FIG. 3

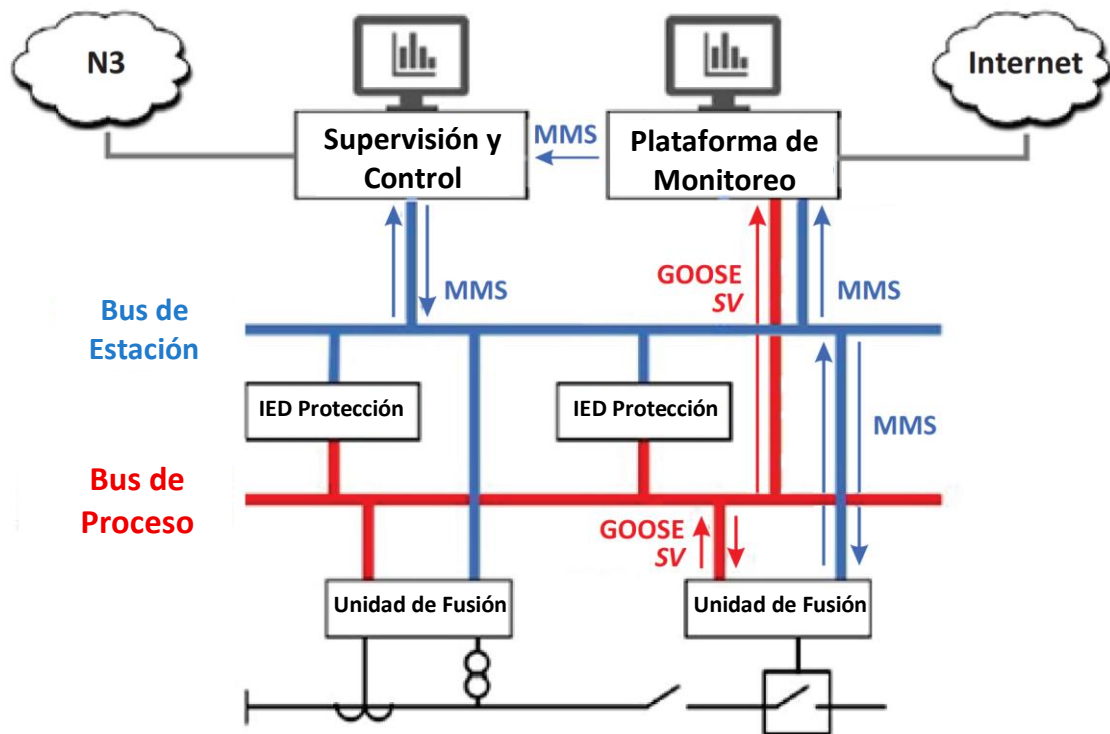


FIG. 4