



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 319 568**

51 Int. Cl.:  
**G01R 31/327** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06405173 .3**

96 Fecha de presentación : **24.04.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1850142**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **31.10.2007**

54

Título: **Prueba a nivel del sistema para sistemas de automatización de subestaciones.**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**08.05.2009**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**08.05.2009**

73

Titular/es: **ABB Research Ltd.**  
**Affolternstrasse 52**  
**8050 Zürich, CH**

72

Inventor/es: **Kirrmann, Hubert;**  
**Vetter, Claus;**  
**Obrist, Michael y**  
**Maeda, Tetsuji**

74

Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 319 568 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Prueba a nivel del sistema para sistemas de automatización de subestaciones.

5 **Campo de la invención**

La invención se refiere al campo de los sistemas de automatización de subestaciones (SA, del inglés “Substation Automation”) para subestaciones de redes eléctricas en alta y media tensión. Más particularmente, se refiere a las pruebas de las funciones en el nivel del sistema que involucran dos dispositivos electrónicos inteligentes (IED, de inglés “Intelligent Electronic Devices”) del sistema de SA.

**Antecedentes de la invención**

Un sistema eléctrico comprende una red de transmisión y/o distribución que interconecta regiones separadas geográficamente, y un conjunto de subestaciones en los nodos de la red eléctrica. Las subestaciones incluyen equipos para transformar las tensiones y para conmutar las conexiones entre las líneas individuales de la red eléctrica. La generación eléctrica y el flujo de cargas a los consumidores se controla mediante un Sistema de Gestión de Energía (EMS, del inglés “Energy Management System”) central y/o se supervisa mediante un sistema de Control Supervisor y Adquisición de Datos (SCADA, del inglés “Supervisory Control and Data Acquisition”) situado en el Centro de Control de la Red (NCC, del inglés “Network Control Centre”).

Las subestaciones de las redes eléctricas de alta y media tensión incluyen dispositivos primarios tales como cables eléctricos, líneas, barras de bus, conmutadores (interruptores o seccionadores), transformadores de potencia y transformadores de medida que se disponen generalmente en calles y/o módulos. Estos dispositivos primarios se manejan de forma automática a través del sistema de Automatización de Subestaciones (SA) responsable del control, protección, medida y supervisión de las subestaciones. El sistema de SA comprende dispositivos secundarios, denominados relés digitales, interconectados en una red de comunicaciones de la SA, y que interactúan con los dispositivos primarios a través de las interfases de proceso. Estos dispositivos se asignan generalmente a uno de tres niveles jerárquicos, que son (a) el nivel de la estación que incluye una Estación de Trabajo del Operador (OWS, del inglés “Operator Work Station”) con una Interfase Hombre Máquina (HMI, del inglés “Human-Machine Interface”) así como la pasarela al Centro de Control de la Red (NCC), (b) el nivel del módulo con sus dispositivos para protección, control y medida, y (c) el nivel del proceso que comprende por ejemplo los sensores electrónicos para medición de tensión, intensidad, densidad de gas así como sondas de contacto para detectar las posiciones de los conmutadores y de los cambiadores de tomas del transformador, así como actuadores que controlan las acciones de los conmutadores y de los cambiadores de tomas. En el nivel del proceso, los actuadores inteligentes pueden integrarse en los dispositivos primarios respectivos y conectarse a una unidad de módulo a través de un enlace serie o de un bus de proceso óptico. Las unidades de los módulos se conectan entre sí y a los dispositivos en el nivel de la estación a través de un bus inter-módulos o de estación.

Los sistemas de SA actuales requieren la inter-funcionalidad entre todos los dispositivos de la subestación independientemente de su fabricante. A tal fin, se ha introducido por el International Electrotechnical Committee, Ginebra, una norma de comunicación internacionalmente aceptada para la comunicación entre los dispositivos secundarios de una subestación bajo el nombre de IEC 61850 “communication networks and systems in substations” (“redes y sistemas de comunicación en subestaciones”). Todos los dispositivos que cumplen con la IEC 61850 conectados a la red de la SA se denominan dispositivos electrónicos inteligentes (IED).

La IEC 61850 define un objeto modelo resumido para las subestaciones que la cumplen, y un método sobre cómo acceder a estos objetos en una red. Esto permite que las aplicaciones específicas de la subestación tal como las OWS funcionen con objetos estándar, mientras que los objetos reales de la subestación pueden realizarse de forma diferente mediante los IED de los diferentes fabricantes. El objeto modelo resumido de acuerdo con la norma anterior representa la funcionalidad de una SA en términos de nodos lógicos dentro de dispositivos lógicos que se asignan a los IED como los dispositivos físicos. La comunicación real entre los IED se maneja, para mensajes de tiempo no crítico, a través de una comunicación MMS construida en forma de pila sobre OSI/TCP/IP/Ethernet, o para mensajes de tiempo crítico, a través de la denominada Eventos de Subestación Orientada a Objetos Genéricos (GOOSE, del inglés “Generic Object Oriented Substation Events”) que se construye directamente sobre la capa de enlace Ethernet de la pila de comunicación. Las señales de tiempo muy crítico en el nivel del proceso tales como las órdenes de disparo y las tensiones e intensidades analógicas usan una variante simplificada del GOOSE conocida como SV (Sampled Values, Valores de muestra) que también se construye directamente sobre la capa del enlace Ethernet.

Como se ha mencionado, una consecuencia de los requisitos de inter funcionalidad anteriormente indicados es que los IED de los diferentes suministradores pueden combinarse en un sistema de una SA. Como los IED se configuran inicialmente durante una fase de ingeniería, las correspondientes herramientas de ingeniería o de configuración de la SA dedicadas de los diferentes suministradores tales como la IET (Integrated Engineering Tool, herramienta de ingeniería integrada) de ABB o la herramienta CAP (Configuration and Programming, configuración y programación) de ABB, pueden intercambiar información sobre los IED. A este fin, el sistema completo de la SA con todos sus dispositivos primarios, IED y enlaces de comunicación deben especificarse en una forma legible por un ordenador. Esto se posibilita mediante el Lenguaje de Configuración de Subestaciones (SCL, del inglés “Substation Configuration Language”) global, basado en XML, que es parte de la norma IEC 61850. En resumen, el lenguaje SCL de la IEC 61850

## ES 2 319 568 T3

asegura una descripción estandarizada de los dispositivos primarios, los dispositivos secundarios con sus funciones PCM, la estructura lógica del sistema de comunicaciones y la relación entre los IED y los dispositivos primarios, y por ello permite una configuración automática tanto de la comunicación como de los IED.

5 El lenguaje SCL se usa para describir las capacidades de un IED o de un tipo de IED particular en un archivo de Descripción de las Capacidades del IED (ICD, del inglés “IED Capability Description”) que lista las funciones de la aplicación de un dispositivo físico, por ejemplo la funcionalidad de protección implementada. Una Descripción del IED Configurado (CID, del inglés “Configured IED Description”) incluye adicionalmente las propiedades de comunicación del IED, por ejemplo su dirección IP única. Un archivo de Descripción de la Configuración de la Subestación (SCD, del inglés “Substation Configuration Description”) en el lenguaje SCL describe, para una subestación particular, los objetos primarios, las funciones implementadas en cada IED en términos de nodos lógicos y las conexiones de comunicación. El archivo SCD comprende de ese modo (1) una designación de la subestación y una descripción de la topología, (2) una descripción de la configuración de los IED, (3) las relaciones entre los elementos de la subestación y las funciones de los IED y (4) una descripción de la red de comunicaciones. Por lo tanto, si se usa un IED particular dentro del sistema de la SA, se inserta una instancia del objeto del tipo IED en el correspondiente archivo SCD. El lenguaje SCL permite entonces especificar los valores típicos individuales para los atributos de datos llevados por la estancia y relacionados con el IED particular, por ejemplo valores de los atributos de configuración y de los parámetros de ajuste. La conexión entre el proceso y el sistema de la SA se describe en el lenguaje SCL mediante la asignación o la adscripción de nodos lógicos con los elementos del equipo primario. Típicamente, se adjunta un nodo lógico de control de conmutador a cada dispositivo de conmutación, en tanto que se asigna un nodo lógico de medida a cada transformador de medida. El significado semántico de una función dentro del sistema de la SA se determina por el tipo o clase de nodo lógico en combinación con la subestación y/o módulo al que se asigna.

25 Durante el proceso de ingeniería de una subestación, la configuración de la SA (topología, configuración del IED y ajuste de comunicaciones) se deriva de los requisitos del cliente y se almacena en un archivo SCD específico del proyecto. Para la instalación o puesta en servicio real, toda o parte de la información de la configuración previamente desarrollada necesita transferirse a los dispositivos físicos y los IED en sí necesitan configurarse adecuadamente. Los diferentes IED se cargan con datos de configuración específicos de la subestación desde el archivo SCD y se ponen en funcionamiento. Más aún, los IED de diferentes fabricantes podrían cargarse individualmente con sus propias herramientas de configuración propietarias. Parte de este proceso se automatiza pero la mayoría de las etapas requieren aun una interacción humana por parte de los ingenieros de puesta en servicio o pruebas. Este proceso es proclive a errores. Las fuentes adicionales de inconsistencias entre el archivo SCD y la configuración real de un IED individual surgen de las diferentes versiones del archivo SCL usado, o del hecho de que los IED permiten el cambio local de su configuración, es decir sobre el dispositivo en sí a través de herramientas de configuración específicas del dispositivo.

35 A la vista de las fuentes de inconsistencias anteriormente mencionadas así como para identificar y posiblemente eliminar un número de otros problemas potenciales y desviaciones de los requisitos específicos del cliente, se requiere una verificación y validación del sistema para cualquier proyecto en relación con un sistema de SA particularizado. A pesar del hecho de que las pruebas como parte de todas las actividades de verificación y validación no pueden garantizar la ausencia de algún error, el objetivo del suministrador del sistema de SA es demostrar el funcionamiento correcto y coordinado de todas las partes en los escenarios de la aplicación más comunes e importantes, así como la calidad o rendimiento esperado como el rendimiento, la disponibilidad y la respuesta en tiempo, también en situación de altas cargas.

45 Básicamente un IED de PCM en una subestación se prueba para comprobar su cumplimiento de todos los requisitos de la especificación, lo que incluye el funcionamiento básico del dispositivo y el comportamiento en carga, en las denominadas pruebas tipo o pruebas de aceptación en fábrica. El dispositivo bajo ensayo se prueba típicamente mediante la aplicación de señales analógicas que simulan las formas de onda de las tensiones e intensidades secundarias vistas por el dispositivo en condiciones simuladas de la red eléctrica. Además, se transmite la información de estado relacionada con los equipos primarios así como otras señales lógicas y de control al dispositivo a través de un enlace de comunicaciones digitales o red de datos durante la falta simulada en la red eléctrica. El aparato o dispositivo de pruebas para generar las señales analógicas mencionadas consta de un generador de señal analógico, en tanto que los generadores de señales digitales simulan el funcionamiento de un interruptor u otras partes del equipo. La prueba de un IED de PCM basándose en los datos intercambiados usando la comunicación digital entre el sistema de pruebas y el IED bajo pruebas, se describe en la solicitud de patente de Estados Unidos 2002/0173927.

60 En la patente europea EP-A-0 780 951 (EATON CORP, 25 de junio de 1997) se usa un dispositivo remoto para simular faltas en un sistema de una red con un conjunto de interruptores con capacidades de cálculo que pueden ser considerados como dispositivos electrónicos inteligentes. Una localización central envía datos de emulación de faltas específicas en la red.

65 Sin embargo, el funcionamiento de un IED de PCM depende también de las señales que se generan por otros IED de PCM, por ejemplo con la finalidad de enclavamiento. Por tanto, para reproducir todos los estados de conmutación esperados, tales señales han de ser manipuladas en la misma forma, y se han concebido un gran rango de pruebas para permitir la influencia de las señales generadas por otros IED, de aquí en adelante denominadas pruebas en el nivel del sistema. En una prueba en el nivel del sistema de ejemplo conocida como Prueba de Aceptación en Fábrica (FAT, del inglés “Factory Acceptance Test”), para un proyecto de subestación en particular, se realizan comprobaciones para verificar que se incluyen los dispositivos correctos y, entre otras cosas, que las funciones de protección se han

implementado adecuadamente. En otra prueba en el nivel del sistema adicional conocida como prueba de verificación del sistema, se prueban todas las configuraciones posibles de dispositivos que puedan soportarse para verificar el cumplimiento con la configuración del sistema en el peor caso que corresponde a un proyecto de subestación hipotético de la máxima extensión. Las pruebas en el nivel del sistema anteriormente mencionadas se realizan generalmente en un entorno de pruebas o laboratorios de pruebas, en los que se instala un número de IED. Sin embargo, debido a que el número absoluto de IED que se necesitan en un anillo de pruebas es crecientemente más complicado, y debido a los costes y limitaciones de espacio, no todos los IED de una subestación particular se instalan para una FAT, eso sin tener en cuenta el enorme número de IED que se necesitarían para la subestación posible más grande en una prueba de verificación del sistema. En consecuencia, está limitada la extensión de las configuraciones de prueba y la complejidad de los patrones de señales mencionados anteriormente.

### Descripción de la invención

Es por tanto el objetivo de la invención el facilitar las pruebas de funcionalidad en el nivel del sistema que involucran varios Dispositivos Electrónicos Inteligentes (IED) de Protección, Control y Medida (PCM) de un sistema de automatización de subestaciones (SA). Este objetivo se alcanza mediante un método de realización, y un entorno de pruebas para, unas pruebas en el nivel del sistema de la Automatización de Subestaciones (SA) de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 6, respectivamente. Las realizaciones preferidas adicionales son evidentes a partir de las reivindicaciones de patente dependientes.

De acuerdo con la invención, unas pruebas extensas de todas las funciones PCM concebibles o aplicaciones de un sistema de SA extendidas que comprende un gran número de IED con una multitud de configuraciones, se facilita mediante la simulación de al menos uno de los IED en un dispositivo de pruebas. Por lo tanto, sólo un número limitado de IED están físicamente presentes como dispositivos individuales en un entorno de pruebas, simulándose el comportamiento de al menos un IED adicional mediante un dispositivo de pruebas dedicado, con medios de procesamiento de datos adecuados. El dispositivo de pruebas envía mensajes de red indicadores del comportamiento del IED simulado, de acuerdo con su configuración de comunicación y del dispositivo, a través de una red de comunicaciones de subestaciones tal como una red de área local (LAN), al IED físicamente presente en pruebas. Este último puede ser un IED individual sencillo tal como una estación de trabajo de operador (OWS), un dispositivo de registro o una pasarela de comunicaciones al centro de control de red (NCC), o puede ser cualquier dispositivo PCM de un conjunto de IED que pertenecen a un módulo particular de una subestación que se controlará mediante un sistema de SA. El funcionamiento adecuado de las funciones del dispositivo configurado o de los nodos lógicos asignados, es decir la acción correcta esperada cuando se le dispara por el dispositivo de pruebas, se verifica entonces mediante el análisis de la respuesta del dispositivo en pruebas a través de sus salidas digitales y analógicas, así como en su respuesta a través de la red de comunicaciones.

La invención se aprovecha de la descripción estandarizada de las capacidades o funciones del dispositivo implementadas y de la descripción de la configuración de la subestación (SCD) estandarizada de la subestación a la que se dirige el sistema de SA que comprende el IED. En consecuencia, el dispositivo de pruebas obtiene toda la información requerida acerca del IED a ser simulado mediante el análisis de un archivo SCL correspondiente, leyendo los objetos de datos y extrayendo la información de configuración que corresponde a cada IED.

En una realización preferida de la invención, una fracción de todos los IED de un sistema de SA extendido está físicamente presente en un entorno de pruebas, y estos IED se detectan automáticamente mediante el dispositivo de pruebas. Esto se realiza mediante la comprobación de la red de comunicaciones y tratando de conectar todos los IED al sistema de SA, es decir repasando la red de comunicaciones para los IED configurados de acuerdo con la norma IEC 61850. Aquellos IED a los que se hace referencia en el archivo SCD de la subestación pero que no responden cuando son llamados por el dispositivo de pruebas se concluye que están ausentes del entorno de pruebas. Por lo tanto, mediante la comparación de la información del archivo SCL (tal como se ha diseñado) y las respuestas anteriores, se identifican los IED que se diseñaron para la subestación pero que no están instalados físicamente en el entorno de pruebas y en consecuencia pueden simularse en el dispositivo de pruebas para lograr una prueba adecuada del IED real en pruebas.

En una variante ventajosa, una Estación de Trabajo del Operador (OWS) que comprende una interfase hombre máquina y las instalaciones para el registro de eventos se consideran como un caso especial de un IED, y su funcionamiento se prueba por medio del dispositivo de pruebas que simula los IED de un sistema de SA a los que pertenece la OWS. En otras palabras, además de usarse como dispositivo de pruebas para probar IED de PCM, el OWS en sí mismo puede ser un dispositivo en pruebas. Mediante la vigilancia de los mensajes generados por el OWS, los informes de eventos así como los formatos de datos y de reloj pueden verificarse en una etapa temprana del proceso de ingeniería, sin que se instale realmente ningún IED físico con el objetivo de simular el OWS en pruebas.

En una realización preferida adicional de la invención, se introducen secuencias de pruebas o escenarios a través de un lenguaje de guiones, y el dispositivo de pruebas o simulador puede leer los archivos de guiones para ejecutar escenarios de una forma automatizada, en particular sin cambiar interruptores o controlar los generadores de tensión manualmente. Los guiones pueden dispararse en respuesta a eventos externos, por ejemplo a un comando o petición desde una OWS o un cambio espontáneo dentro de un IED. Preferiblemente, la respuesta observada del dispositivo en pruebas se compara con un valor esperado de acuerdo con el escenario de pruebas para verificar el funcionamiento

## ES 2 319 568 T3

correcto del dispositivo en pruebas. Esto puede realizarse, por ejemplo, mediante la comprobación del estado de la OWS a través de su interfase OPC o mediante la medición de las señales de proceso.

5 Dado que la potencia de procesamiento de los equipos que ejecutan el simulador está limitada, el entorno de pruebas de acuerdo con la invención puede ser refinado de forma ventajosa, en particular para simular una multitud de IED conjuntamente, proporcionando varios dispositivos de prueba como simuladores sincronizados. Además, si los últimos se conectan de modo independiente a la red de comunicaciones de la SA, por ejemplo a través de sus controladores de Ethernet dedicados conectados a diferentes interruptores en la red, el pesado tráfico de comunicaciones de la subestación puede generarse de una manera realista. De la misma forma, los problemas debidos a un controlador  
10 Ethernet único con capacidad limitada que filtra el tráfico vecino más cercano y/o genera tráfico de red no realista puede ser aliviado también.

En una variante adicional del entorno de pruebas, las señales de procesos simuladas se aplican a las entradas analógicas y/o binarias del IED en pruebas, tanto directamente mediante el dispositivo de pruebas o simulador, como  
15 generadas por un generador de señales adicionales separado del simulador y conectado a este último. Por lo tanto, este generador de señales no se requiere que cumpla con la norma, y puede ser de tipo convencional.

La presente invención también se refiere a un producto programa de ordenador que incluye medios de código de programas de ordenador para controlar uno o más procesadores de un dispositivo de pruebas conectado a una red de  
20 comunicaciones de un sistema de automatización de subestaciones, y configurado para ejecutar las etapas de lectura de una descripción estandarizada de las funciones implementadas de un IED y enviar mensajes de red, particularmente, un producto de programa de ordenador que incluye un medio que puede leer un ordenador que contiene en él los medios de código del programa de ordenador.

### 25 Breve descripción de los dibujos

La materia de la invención se explicará con más detalle en el texto a continuación con referencia a las realizaciones de ejemplo preferidas que se ilustran en los dibujos adjuntos, en los que:

30 la Figura 1 muestra un extracto de un diagrama unifilar de una subestación,

la Figura 2 muestra esquemáticamente una disposición de pruebas básica,

35 la Figura 3 muestra esquemáticamente una disposición de pruebas con los dispositivos de pruebas, y

la Figura 4 muestra esquemáticamente una disposición de pruebas con un generador de señales de proceso adicional separado del dispositivo de pruebas.

Los símbolos de referencia usados en los dibujos, y sus significados, se listan en forma de resumen en la lista de  
40 los símbolos de referencia. En principio, partes idénticas están señaladas con la misma referencia en las figuras.

### Descripción detallada de las realizaciones preferidas

La Figura 1 muestra un diagrama unifilar de una parte o sección de una subestación de ejemplo con un nivel de  
45 tensión supuesto de por ejemplo 110 kV, junto con algunos enlaces de comunicación y la SA o equipo secundario. El modelo de la subestación en forma de unifilar contiene la topología respectiva de las conexiones eléctricas entre los equipos primarios. La subestación comprende una configuración en doble barra con dos embarrados 10, 10', alimentando cada uno de ellos dos módulos 11, 11' a través de seccionadores QB1 a QB4. Cada módulo comprende un interruptor QA1, un seccionador QC1 y un seccionador de puesta tierra QE1. El correspondiente extracto del  
50 sistema de automatización de la subestación representa, en líneas gruesas, una red de comunicaciones 20 y dos IED 21, 22, con ambos nodos lógicos centrales de clase CSWI (control de conmutación). Cada nodo lógico se asigna a uno de los interruptores anteriormente mencionados QA1 como se indica por las líneas de punto-rayado en la Figura 1.

La Figura 2 muestra un entorno de pruebas o disposición de pruebas de acuerdo con la invención así como un  
55 primer IED 21 en pruebas. Este último se conecta a la red de comunicaciones 20 de la SA, como lo hacen la estación de trabajo del operador 12, la pasarela del centro de control de red 13, y un dispositivo de pruebas 30 con medios de proceso dedicados. El dispositivo de pruebas 30 simula o emula un segundo IED 22 que no está presente físicamente en el entorno de pruebas de acuerdo con una descripción SCL 23 de la subestación (SCD) y los IED (ICD).

La prueba tiene lugar mediante la lectura de un guión de pruebas o secuencia 31 en un intérprete de guiones 32, se lo pasa a un simulador de planta 33 para producir un estado de planta simulado 34. Basándose en él, el segundo  
60 IED simulado 22 genera mensajes de red que se transmiten sobre la red de comunicaciones de la SA 20 al primer IED 21 en pruebas. La respuesta de este último se observa mediante un analizador de señales analógico o binario 35, y se evalúa en el comparador 36, junto con el tráfico de red generado por el IED 21 así como la información desde el estado de planta simulado 34, para llegar a la conclusión de si el IED 21 funciona o no como se espera.

En detalle, una secuencia de pruebas comienza por tanto con la carga por el dispositivo de pruebas 30 de los  
archivos SCD y/o ICD. Entonces la red de comunicaciones 20 del entorno de pruebas en donde está instalado el IED

## ES 2 319 568 T3

en pruebas (DUT, del inglés “IEDs Under Test”) busca los IED. Esto incluye por ejemplo la indicación de un rango IP (desde 10.41.24.200 a 10.41.24.214) o una sub red (10.41.24.XYZ), y el envío de comandos de señalización. Entonces aquellos IED que no responden deben ser simulados. Por otro lado, los IED que aparecen en la red de comunicaciones 20, pero que no están parcial o completamente descritos en el archivo SCD, pueden integrarse como dispositivos reales por el dispositivo de pruebas 30.

La Figura 3 muestra un entorno de pruebas con dispositivos de prueba 30a, 30b, conectados de modo independiente a la red 20 a través de conmutadores Ethernet dedicados 24. Una OWS 12, una pasarela de comunicaciones o interfase de telecontrol 13 así como el primer IED 21 de un módulo se conectan de la misma forma a la red 20 a través de sus propios conmutadores 24.

La Figura 4 muestra un entorno de pruebas con un dispositivo de pruebas 30 que simula varios IED 22, conectado a través de la red de comunicaciones 30 a un IED en pruebas 21. Además, el dispositivo de pruebas 30 se conecta, a través de la unidad de control remoto 41 y una red de pruebas 40, a un generador de señal controlado a distancia 42. Este último genera señales analógicas que representan los transformadores de intensidad o tensión, y señales binarias que representan los sensores o el estado de la información, estas señales de proceso simuladas se aplican, usando los amplificadores 43 que son internos o externos al generador de señal 42, a las entradas analógicas y/o binarias del IED 21 en pruebas.

El único requisito previo para que un tipo de IED sea simulado es la disponibilidad de un modelo para el tipo de dispositivo que indique cuánto tráfico de redes genera y recibe en ciertas circunstancias. En consecuencia, los dispositivos anticuados y otros equipos no de acuerdo con el estado actual de la técnica, pasarelas, enlaces de telecontrol y dispositivos de registro son de la misma forma fáciles de someter a la simulación.

Idealmente, la lógica tras los IED simulados es reproducirlos tan precisamente como sea posible, es decir se observa la información sobre los dispositivos primarios cuando se preparan las respuestas del IED simulado. Como ejemplo, la sondas de los contactos de los interruptores informan “interruptor cerrado” sólo 30 ms después de que se haya enviado el comando, por lo tanto este retraso ha de ser asimismo reproducido por cualquier simulador realista. Además, los mismos algoritmos que están contruidos dentro del IED real se implementan preferiblemente en el simulador. Generalmente, el simulador debe reproducir el comportamiento de la subestación con respuesta de milisegundos, y ha de poder realizar enclavamientos basándose en la información topográfica. Adicionalmente, las situaciones de error deben simularse, tal como un interruptor que no abre o cierra adecuadamente, fallos simultáneos de dispositivos primarios y secundarios o cortocircuitos en las barras con varias decenas de interruptores abriendo simultáneamente. El simulador debe de la misma forma ser capaz de reproducir de modo realista situaciones de emergencia enviando por ejemplo 10.000 tramas por segundo al IED en pruebas, y por tanto necesita una potencia de procesamiento adecuada.

Preferiblemente, los módulos funcionales de acuerdo con la invención se implementan como módulos o procedimientos de programación, respectivamente; sin embargo, los expertos en la técnica comprenderán que los módulos funcionales pueden implementarse completa o parcialmente en hardware. El código de programación del ordenador de los módulos de software programados se almacenan en un producto de programa de ordenador, por ejemplo en un medio que puede leerse en un ordenador, bien en la memoria integrada en el dispositivo de pruebas 30 o bien en un portador de datos que puede insertarse en el dispositivo de pruebas 30.

### Lista de designaciones

- 10 barra de bus
- 11 módulo
- 50 12 estación de trabajo del operador (OWS)
- 13 pasarela
- 20 red de comunicaciones
- 55 21 primer dispositivo electrónico inteligente (IED)
- 22 segundo IED
- 60 23 archivo SCD
- 24 conmutador Ethernet
- 30 dispositivo de pruebas
- 65 31 guión de pruebas

## ES 2 319 568 T3

32	intérprete de guiones
33	simulador de planta
5 34	estado de planta simulado
35	analizador de señales
36	comparador
10 40	red de pruebas
41	unidad de control a distancia
15 42	generador de señal controlado a distancia
43	amplificador

20

25

30

35

40

45

50

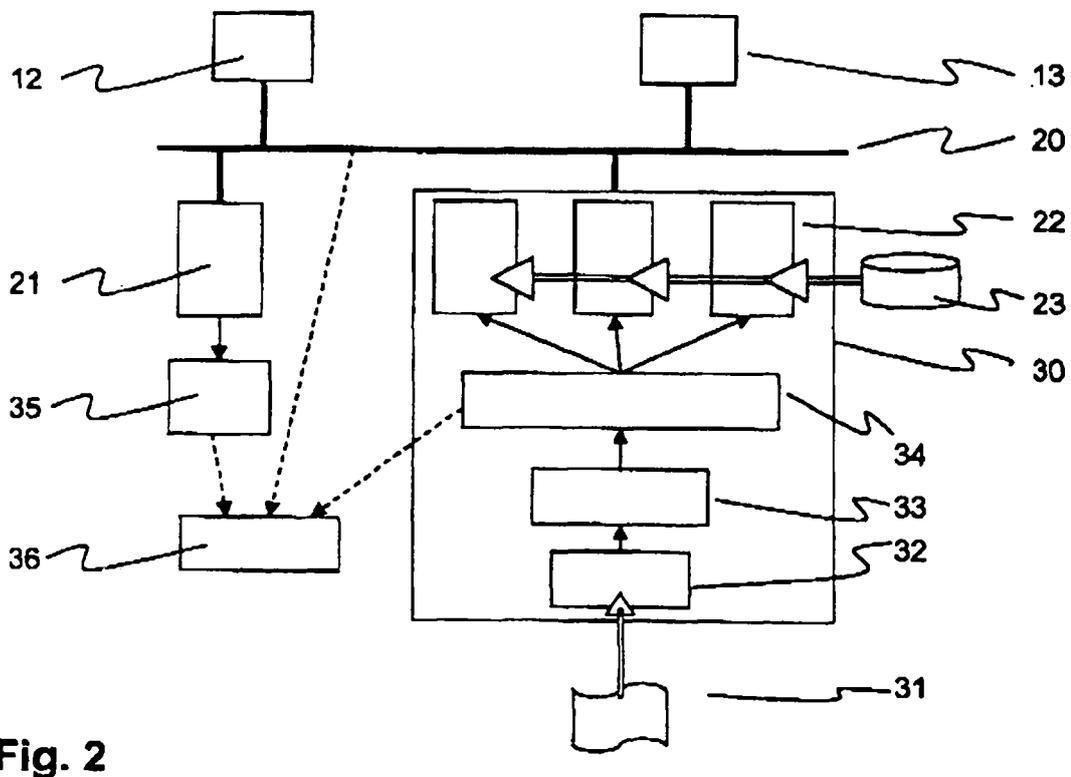
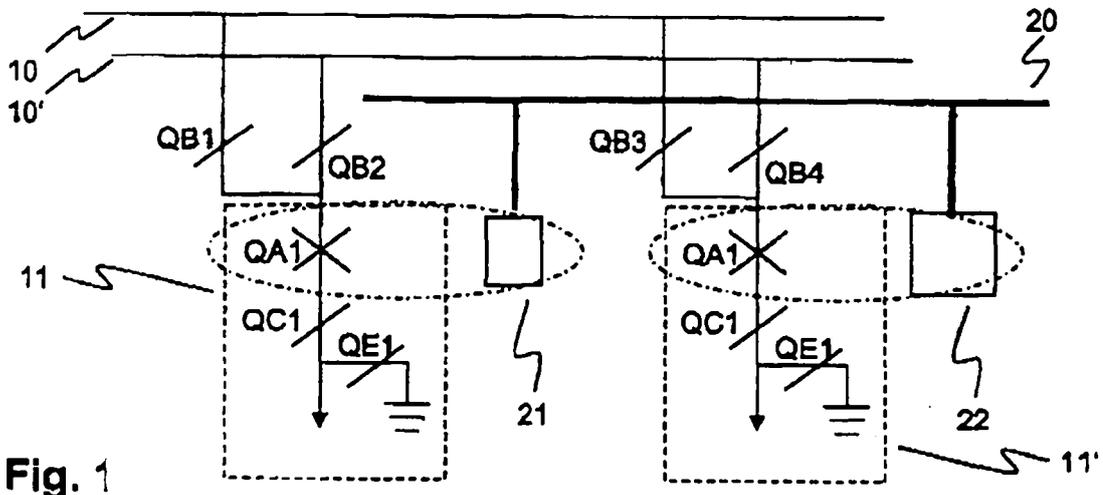
55

60

65

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para realizar pruebas en el nivel del sistema y un primer dispositivo electrónico inteligente (IED, del inglés “Intelligent Electronic Device”) (21) de un sistema de automatización de subestaciones (SA, del inglés “Substation Automation”), con el que comprobar una función en el nivel del sistema del sistema de SA, que involucra al primer IED (21) y a un segundo IED (22), se prueba basándose en mensajes de red que se reciben por el primer IED (21) en una red de comunicaciones (20), comprendiendo el método
- 10 - la conexión de un dispositivo de pruebas (30) diferente del segundo IED (22) a la red de comunicaciones (20),
- la lectura, mediante el dispositivo de pruebas (30), de la descripción estandarizada de las funciones implementadas del dispositivo del segundo IED (22),
- 15 - el envío, mediante el dispositivo de pruebas (30), de mensajes de red indicadores del comportamiento del segundo IED (22), de acuerdo con dicha función en el nivel del sistema, sobre la red de comunicaciones (20) del primer IED (21) y
- la vigilancia de un comportamiento del primer IED (21) en respuesta a dichos mensajes de red.
- 20 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque comprende
- la instalación de una fracción de una totalidad de los IED del sistema de SA en un entorno de pruebas,
- 25 - la detección, por el dispositivo de pruebas (30), de los IED instalados en el entorno de pruebas,
- la identificación de los IED del sistema de SA no instalados en el entorno de pruebas y
- el envío, por el dispositivo de pruebas (30), de mensajes de red indicadores del comportamiento de los IED del sistema de SA no instalados en el entorno de pruebas.
- 30 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque comprende
- el equipamiento de una estación de trabajo de operador (12) como el primer IED en pruebas.
- 35 4. El método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque comprende
- la ejecución de unas secuencias de pruebas o escenarios por el dispositivo de pruebas (30).
- 40 5. El método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque comprende
- la comparación de la respuesta del primer IED (21) con el escenario de pruebas.
- 45 6. Un entorno de pruebas para las pruebas en el nivel del sistema de una Automatización de Subestaciones (SA) de un primer dispositivo electrónico inteligente (IED) (21), en el que comprobar una función en el nivel del sistema de SA, que involucra al primer IED (21) y a un segundo IED (22), se prueba basándose en mensajes de red que se reciben por el primer IED (21) en una red de comunicaciones (20), comprendiendo el entorno de pruebas
- 50 - un primer dispositivo de pruebas (30) diferente del segundo IED (22), conectado a la red de comunicaciones, capaz de la lectura de la descripción estandarizada de las funciones implementadas del dispositivo del segundo IED (22) y capaz del envío de mensajes de red indicadores del comportamiento del segundo IED (22) de acuerdo con dicha función en el nivel del sistema, sobre la red de comunicaciones (20), al primer IED (21).
- 55 7. El entorno de pruebas de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado** porque comprende medios para almacenar y ejecutar (32) un guión de pruebas (31).
8. El entorno de pruebas de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado** porque el primer IED a ser comprobado es la estación de trabajo del operador (12) del sistema de SA.
- 60 9. El entorno de pruebas de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado** porque comprende
- un segundo dispositivo de pruebas (30b) conectado a la red de comunicaciones (20) independientemente del primer dispositivo de pruebas (30a), y capaz de enviar mensajes de red indicadores del comportamiento de un tercer IED de acuerdo con dicha función en el nivel del sistema.
- 65 10. El entorno de pruebas de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado** porque comprende un generador de señales remoto (42) controlado por el dispositivo de pruebas (30) y provisto para que aplique señales de proceso simuladas a las entradas analógicas y binarias del primer IED (21).



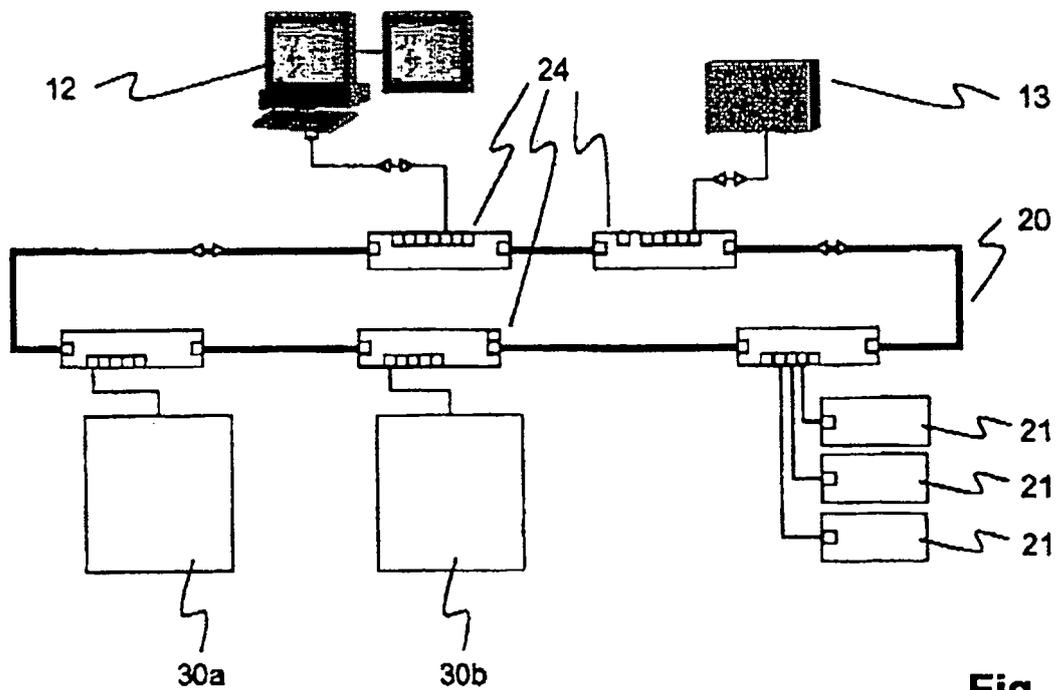


Fig. 3

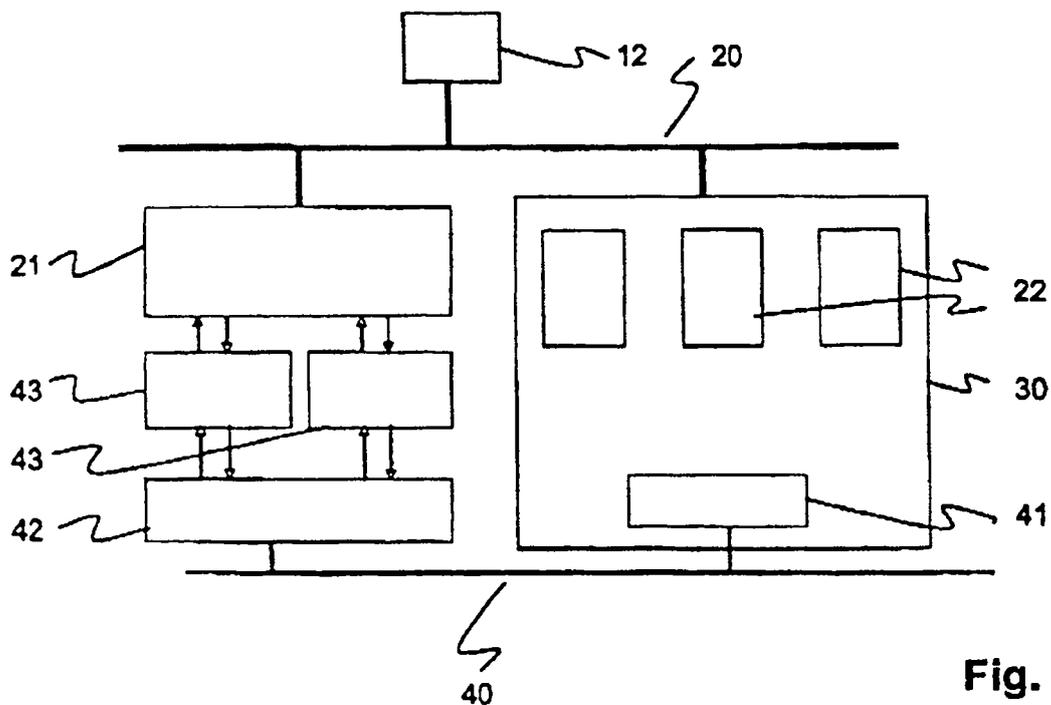


Fig. 4