

EVENTO VIRTUAL PRIMERA CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
□ ISLACIENCIA 2021 □

LOS SISTEMAS DE CONTROL EN LAS SUBESTACIONES
ELÉCTRICAS

Autor: Odalys María Sánchez Gómez

Organismo: Empresa Eléctrica Isla de la Juventud

País; cargo y título académico, grado científico: Cuba; jefe de equipo de subestaciones, transformadores y soterrado, Máster en Pedagogía Profesional

E-mail: odalis@elecij.une.cu, odalysmaria1969@mail.ru

Coautor: Araime Berrio Méndez

Organismo: Universidad Jesús Montané Oropesa Isla de la Juventud

País; cargo y título académico, grado científico: Cuba; directora de postgrado ciencia tecnología e innovación, Doctora en Ciencia Pedagógicas

E-mail: aberriom@uij.edu.cu

Eje temático: El desarrollo socioeconómico y la protección ambiental



Introducción

El análisis de las tendencias globales en el desarrollo de la industria eléctrica demuestra que en los próximos años la compañía enfrentará desafíos como la obsolescencia de la infraestructura y la necesidad de integrar instalaciones de energía distribuida manteniendo la confiabilidad del suministro eléctrico y simplificando el proceso de conexión tecnológica a las redes.

En el futuro, se llevará a cabo una transición gradual a un nuevo tipo de organización de la red eléctrica: Smart Grid en todo el mundo. El análisis de las prioridades para el desarrollo de tecnologías en el sector energético, reflejadas en documentos de programas estatales, hojas de ruta de plataformas tecnológicas nacionales, documentos estratégicos de institutos de desarrollo, confirman que el desarrollo de la transmisión y distribución de energía eléctrica se realizará a través de tecnologías y medios de monitoreo remoto, desarrollo de sistemas de control, automatización y protección, introducción de nuevos materiales (materiales superconductores, materiales compuestos) y aumento de la eficiencia de la transferencia de energía, así como el uso generalizado de dispositivos de almacenamiento de energía eléctrica.

La República de Cuba también presta especial atención a la política de organización, regulación y conducción de líneas para el desarrollo integral de la automatización en el Sistema Electroenergético Nacional (SEN), que debe conducir a un incremento del nivel de este en las industrias prioritarias o industrias de mayor impacto en la economía nacional como forma de incrementar la productividad, la eficiencia, la calidad de producción, ahorrando materias primas y energía.

El SEN tiene como finalidad garantizar el suministro continuo de la energía eléctrica. Está constituido por el conjunto de centrales generadoras, líneas de transmisión y sistemas de distribución esenciales para el consumo de la energía eléctrica. Las subestaciones eléctricas son componentes fundamentales de este sistema.

Las subestaciones eléctricas son instalaciones destinadas a establecer los niveles de tensión adecuados, y realizan funciones de transformación y/o interconexión con las redes de transmisión y distribución de la energía eléctrica. Para garantizar el funcionamiento adecuado, se aplica la política desarrollo y de mantenimiento y en estas, al igual que en el sistema de la Isla de la Juventud.

El sistema Electroenergético de la Isla es aislado del SEN, por su ubicación geográfica, aproximadamente a 60 kilómetros de la isla de Cuba y 142 kilómetros de la ciudad de La Habana. Las diferentes fuentes de energías, de este sistema, existentes en el territorio, se enlazan al sistema a través de las subestaciones eléctricas, de subtransmisión a 34.5 kV, así como de distribución a 13.8 kV según correspondan. Para garantizar la estabilidad y eficacia de la operación de este sistema, es de vital importancia el diagnóstico en cada una de las subestaciones eléctricas (Figura 1, anexo I).

A partir de este proceso realizado en las subestaciones y en la observación de la gestión de la operación del sistema, se puede referir que existe un nivel de

automatización en parte de los componentes de las subestaciones, sin embargo, en las subestaciones de distribución existen dificultades en los sistemas de control de los interruptores, en los dispositivos de control de los transformadores de fuerza; en varias subestaciones la influencia del medio ambiente es muy significativa.

De vital interés se encuentra la subestación principal del sistema, la subestación Gerona, donde tributa la generación base de las plantas MAN I y II; es una subestación de tipo compacta, aislada en gas SF₆, independientemente que los transformadores están situados en el área exterior, en la Casa de Celdas se encuentran los interruptores de los circuitos de subtransmisión, importantes en la distribución de la energía eléctrica del sistema, y en la generación de las fuentes renovables de energías; esta subestación data su inserción en el sistema desde el año 1977, sin embargo tuvo su primera remodelación en el año 2013, compuesta por 13 celdas con tecnologías modernas, con un sistema de control y protecciones con protocolo 61850, con posibilidad de integración a redes inteligentes; no obstante, existen no conformidades vitales que denotan de gran importancia su rehabilitación fundamentalmente en el sistema de control. A partir de este diagnóstico se tiene el siguiente problema: ¿Cómo contribuir al desarrollo de las subestaciones eléctricas para garantizar la operación y eficiencia del sistema eléctrico? En este trabajo se presenta el siguiente objetivo:

Destacar la importancia de la modernización de los sistemas de control en las subestaciones eléctricas.

Materiales y Métodos

Se utilizan los siguientes métodos de investigación: del nivel teórico, método histórico-lógico, análisis y síntesis, inducción y deducción, y el análisis de estado; y del nivel empírico: la observación, las entrevistas, y las evidencias gráficas.

La metodología utilizada fue basada en la aplicación de procedimientos de trabajos de las redes eléctricas, y la realización de entrevistas al personal asociado a la operación del sistema, la recopilación documental con la finalidad de conocer detalladamente cada uno de los componentes y condiciones de operación de los dispositivos que se encuentran en la subestación; y la utilización de cámara fotográfica.

Desarrollo

1. El diagnóstico en las subestaciones eléctricas

Para garantizar la operación confiable y estable del sistema es necesario velar por el funcionamiento adecuado del sistema de control de las subestaciones eléctricas, y es aquí donde el diagnóstico en las mismas, forma parte del sistema de trabajo de las empresas eléctricas.

Los resultados que se obtienen en este proceso determinan el estado general de explotación de la subestación, y las acciones a ejecutar para lograr que esta recupere sus condiciones óptimas de explotación con eficiencia, y de los indicadores técnico-económicos, por tanto, es de vital importancia realizar el diagnóstico en cada uno de los componentes de las subestaciones, entre ellos están los transformadores de potencia, interruptores, cuchillas, sistemas de tierra, cargador de baterías, etc. El diagnóstico se basa en los siguientes aspectos: inspecciones, celajes, control de defectos, estudio de interrupciones, termografías, evaluaciones medioambientales, intercambios con

despachadores, linieros y operadores, entre otros. Se inicializa con la inspección visual; estas inspecciones se realizan mensualmente a cada subestación, y se aplica según los procedimientos UR-BL 0115 y UR-BD 0209, son en estas inspecciones donde se detecta los posibles problemas en la operación y funcionamiento de cada componente de la misma, se evalúan los salideros de aceite de los transformadores; las mallas de tierra con deficiencias en el aterramiento, aspecto a erradicar para la disminución de interrupciones por sobrevoltajes y fenómenos atmosféricos; las consideraciones del entorno, la humedad, las alturas, la dirección y la velocidad de los vientos; el grado de corrosión de las tornillerías, el grado de sulfatación de los conectores de los interruptores; y dependiendo de la categoría de los defectos encontrados, se define el tipo de mantenimiento o la ejecución de rehabilitación en cada una de las subestaciones. Teniendo en cuenta la tendencia de desarrollo de las mismas, se hace énfasis en el sistema de control.

2. Sistema de control de la subestación

El sistema de control es el conjunto de equipos autónomos e independientes encargados de realizar medición, indicación, registro, señalización, regulación, control manual y automático de los equipos de maniobra de la subestación, los cuales se encargan de verificar, proteger y ayudar a gobernar un sistema de potencia comunicándose mediante protocolos [4].

La función principal de un sistema de control es supervisar, controlar y proteger la transmisión y distribución de la energía eléctrica. En condiciones anormales del sistema debidas a fallas o durante las conmutaciones de los elementos del sistema que cambien la operación del sistema de potencia; y deberá asegurar, la continuidad de la calidad del servicio de energía eléctrica.

Actualmente existen dos conceptos de control: el convencional y los sistemas automatizados de subestaciones (SAS); debido a las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías como autosupervisión, análisis de señales, almacenamiento de datos entre otros.

3. Sistema de Automatización de Subestación (SAS)

El sistema de automatización de subestaciones se basa en el uso de IED's (Intelligent Electronic Devices), los cuales son dispositivos autónomos e independientes con facilidades de comunicación e integración mediante protocolos normalizados, estos dispositivos emplean uno o más microprocesadores con capacidad de recibir y enviar información (datos) y comandos desde o hacia una fuente externa, además, ofrecen nuevas posibilidades como auto supervisión, mayor capacidad computacional para los algoritmos de protección y control, manejo de eventos y análisis de fallas entre otras como indica García (2013).

El sistema de automatización de una subestación busca integrar los datos suministrados por los diferentes equipos e IED's que se emplean en una subestación en una misma plataforma informática. El sistema integra los diferentes IED's en una misma red de datos de control.

Dentro de las funciones básicas del sistema de automatización de la subestación están las funciones de control y su requisito principal es el correcto desenvolvimiento de las

funciones de monitoreo y supervisión, esto permite que tanto los centros de control como los operadores sean capaces de accionar los equipos primarios, Molina y Flórez (2009).

El monitoreo y la supervisión se encarga de recolectar las señales de alarmas y estados, las cuales permiten a los despachadores y operadores obtener un conocimiento continuo y detallado de todos los fenómenos que ocurren en los equipos de la subestación, de esta forma permite realizar un diagnóstico de su funcionamiento con el fin de mantenerlos en condiciones de operación óptimas.

Otro elemento importante es el acceso remoto, el cual permite al personal operativo conectarse a los equipos de protección y control, desde lugares ubicados fuera de la instalación. Las tareas más comunes son la obtención de los registros de fallas y los registros para localización de fallas, con el fin de enviar los móviles de operación al lugar más cercano a la falla. Esta función permite agilizar la movilización de personal para la atención de una falla y, por ende, disminuir el tiempo de interrupción al usuario (TIU).

Un factor esencial es saber exactamente cuál es la situación de la red y qué está sucediendo en ella, mejorar la seguridad de la misma, y apoyar la mayor penetración de los recursos energéticos distribuidos, como respuesta a los factores expuestos anteriormente surge el concepto de Red Eléctrica Inteligente (REI) o Smart Grid (SG) (Figura 2, anexo I).

4. Las subestaciones digitales como parte de las redes inteligentes

Las REI son la evolución del sistema eléctrico actual hacia un sistema de red moderno, el cual es capaz de monitorear, proteger y optimizar el trabajo de todos sus elementos interconectados, considerando los sistemas de generación distribuidos, los usuarios finales, los sistemas inteligentes de almacenamiento de energía, los vehículos eléctricos, electrodomésticos y dispositivos del hogar.

Una subestación digital ofrece una infraestructura flexible de comunicaciones, que reduce las limitaciones de los sistemas de cableado punto a punto y permite compartir bidireccionalmente la información y el estado de los dispositivos en tiempo real, mejorando la capacidad de respuesta y la flexibilidad del sistema en su conjunto. Esta visibilidad y este control que proporcionan las subestaciones digitales ayudan a las compañías eléctricas a ganar en capacidad de respuesta y en flexibilidad, permitiéndoles atender mejor a las demandas de los operadores de las redes del presente como indica Fuertes (2012).

Esta tecnología, universal y compacta, permite ampliar la monitorización de la subestación con nuevas aplicaciones de control, al tiempo que incrementa la seguridad para el personal, aumenta la protección en materia de ciber seguridad y reduce el impacto medioambiental. La subestación digital optimiza la gestión de la red en tiempo real, gracias a la monitorización continua de la disponibilidad, estado y capacidad de los equipos.

El protocolo IEC 61850 es el estándar internacional para la comunicación en subestaciones eléctricas y es hoy en día el medio de integración más importante de todos los equipos de protección, control, SCADA, interbloqueo e indagación dentro de una subestación.

Además, permite intercambiar datos entre dispositivos inteligentes, tanto dentro de una misma Subestación como entre Subestaciones diferentes. Este tipo de comunicación directa entre subestaciones, sin la necesidad de pasar por un centro de control, reduce los tiempos de respuesta, lo cual permite aplicaciones rápidas en tiempo real.

4.1 Arquitectura de las Subestaciones digitales

La arquitectura de la subestación digital consta de tres niveles. El primero es el nivel de proceso (equipo primario de la subestación). El segundo es el nivel de protección y control (dispositivos electrónicos inteligentes: protección, dispositivos de medida, controladores, grabadores, etc.). El tercero, el nivel de control de la estación, maneja las comunicaciones entre la subestación y el sistema de control, coordina las funciones operativas de la subestación y apoya a nivel de estación.

Las medidas operacionales en tiempo real y otros datos se recogen por medio de sensores incorporados en el sistema primario, que se comunican con los dispositivos que deben actuar sobre esas medidas a través de un bus de proceso. Los dispositivos inteligentes y sistemas instalados en la subestación pueden procesar estos datos de forma inmediata. Al suscribirse como clientes a este flujo de datos a través de un bus de proceso Ethernet, la información del sistema de potencia se distribuye y comunica de forma mucho más eficiente a nivel de bahía que en los sistemas cableados convencionales (Figura 3, anexo II).

La subestación digital trae grandes beneficios en términos de diseño e ingeniería, instalación y operación. Se pueden ofrecer soluciones estándar, las modificaciones se pueden acomodar fácilmente, el cableado (y por lo tanto los costos), se reducen, y los diagnósticos integrados aseguran la integridad del sistema.

Resultados

Se ha realizado 57 diagnósticos en las subestaciones eléctricas, de 40 de plan, para un 142,5 % donde los resultados aportados, desde el punto de vista del sistema de control, son los siguientes:

1. Existe un nivel de automatización en las subestaciones de distribución, fundamentalmente dada por los interruptores NULEC, sin embargo, hay limitaciones en la operación de tres interruptores por problemas de la tarjeta de comunicación; otro aspecto de interés es que la firma de estos interruptores transmitió el cese de esta tecnología. No existe un adecuado control de la temperatura de los transformadores de fuerza, por envejecimiento de estos dispositivos. Los interruptores de aire y cuchillas sólo son operados de forma manual.
2. En las subestaciones de salida de Plantas de las fuentes renovables de energías hay un sistema de monitoreo y adquisición de datos desde el Despacho concebido con todos los parámetros eléctricos, pero en estos momentos no se encuentra aptas las tarjetas de comunicación por problemas técnicos; no está concebido el control remoto de los transformadores de fuerza, nivel y

temperatura de aceite, temperatura de enrollado así como el nivel de SF6 del interruptor de la celda de media tensión, entre otros.

3. La subestación principal Gerona es salida de las Plantas Base, posee también supervisión y monitoreo con el Despacho, sin embargo no hay suficiente información en brevedad de la actuación de la protecciones ante la apertura de los interruptores; no hay referencia de la temperatura de los enrollados de los transformadores, los termómetros de temperatura, de estos y del aceite muy deteriorados; no existe servicio eléctrico auxiliar cercano a los transformadores; se encuentra deteriorada la instalación del alumbrado; no existe un sistema de alarma ni los dispositivos de medición para informar sobre las grandes variaciones en el sistema de control del medio ambiente, alta humedad y baja temperatura en la Casa de Celda; entre otros aspectos. Además, se debe tener en cuenta la incorporación de la instalación para almacenamiento de la energía (Figura 4, anexo II).
4. Existe gran influencia agresiva del entorno y el medio ambiente, en tres subestaciones: Parque Eólico, La Melvis y 14 de junio, reflejadas en el deterioro de las condiciones técnicas del equipamiento.

Conclusiones

- Se destaca la importancia de modernización de los sistemas de control en las subestaciones eléctricas.
- Necesidad de una estrategia de modernización del sistema Electroenergético de la Isla de la Juventud, que considere la transición gradual a redes inteligentes de sus componentes, y la evaluación medioambiental con vista a incrementar la seguridad en su explotación.

Trabajos Futuros

- Considerar en el plan de desarrollo de incremento de las fuentes de energías renovables del territorio, la utilización de las tecnologías modernas de avanzadas.

Referencias

- [1] https://es.wikipedia.org/wiki/Isla_de_la_Juventud.
- [2] <https://www.google.com/map/vt/data>.
- [3] UR-BL 0115 Rev.00. Diagnóstico de Líneas Aéreas de Energía Eléctrica de 110 kV y menores.
- [4] García J. B. (2013) **Conceptos básicos de subestaciones eléctricas**.
- [5] Molina E. J. y Flórez O. D. (2009) **Aplicación del Estándar IEC 61850 en los Sistemas de Protecciones Eléctricas para Subestaciones de Alta Tensión**.
- [6] https://www.researchgate.net/publication/320475196_Las_redes_electricas_inteligentes_y_su_importancia_para_mitigar_los_alcances_de_los_desastres_naturales.
- [7] Fuertes C. (2011) **La implementación de la norma IEC 61850 en CFE Trazando la ruta de la innovación en la automatización de Subestaciones**.
- [8] Pinela L. S. (2011) **Diseño del sistema de protección y control de subestaciones eléctricas**.

Anexo I

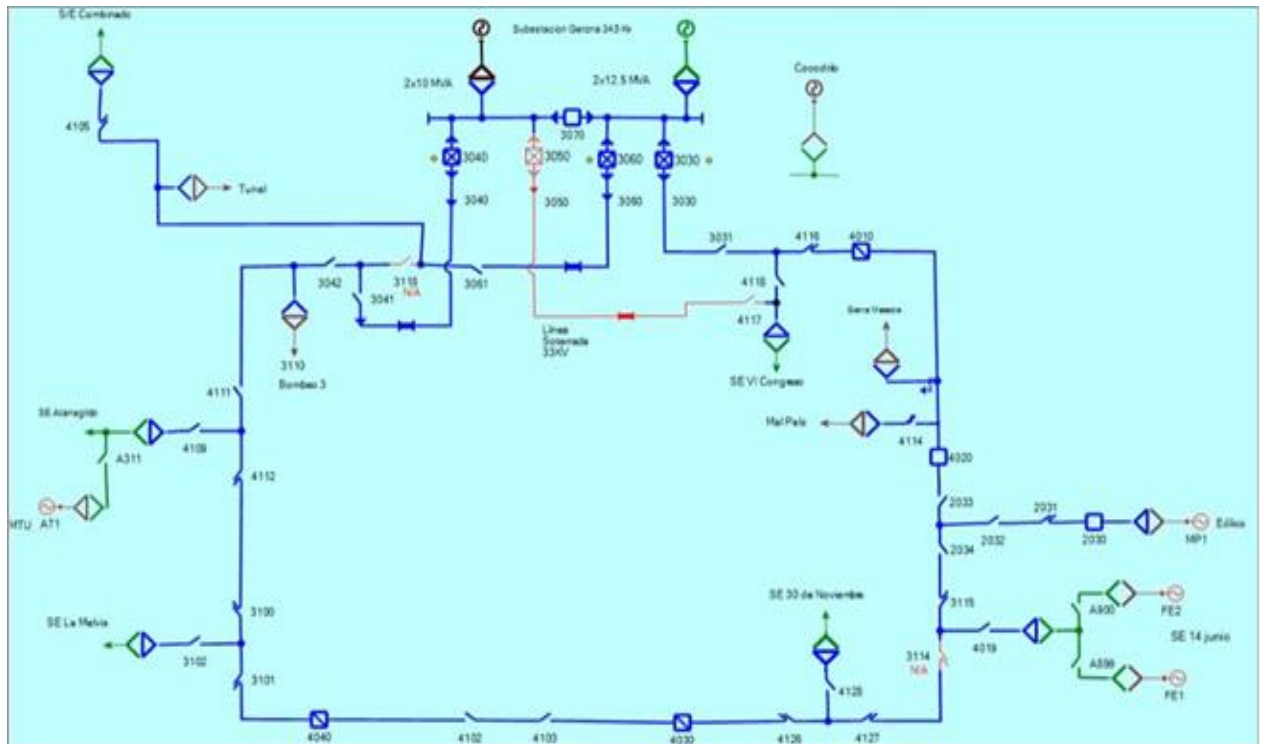


Figura 1 Sistema Electroenergético de la Isla de la Juventud

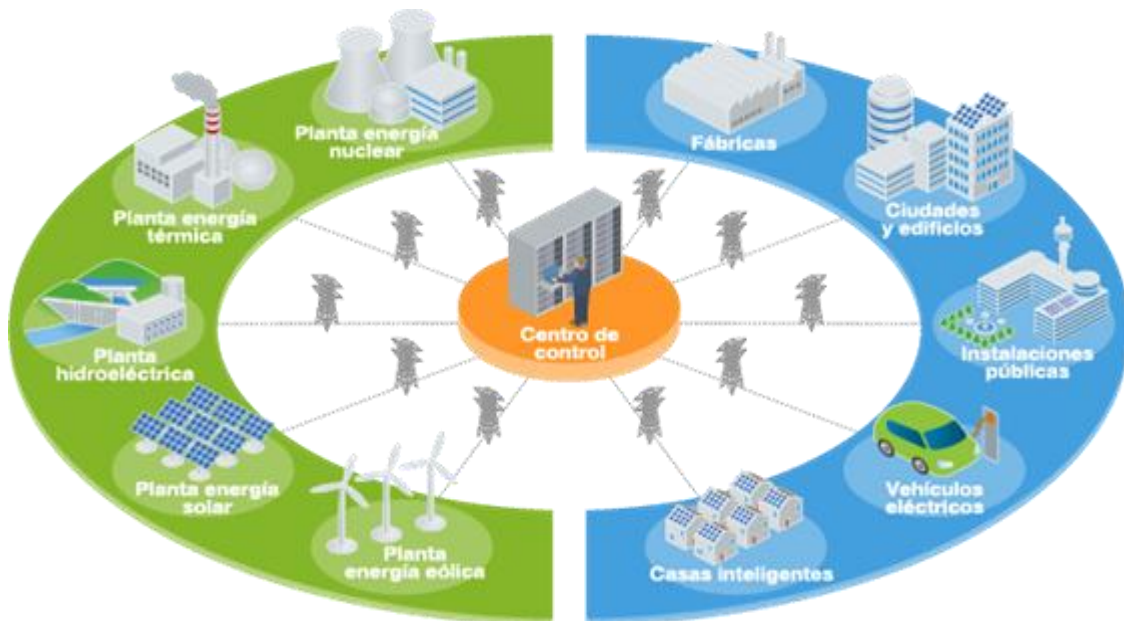


Figura 2 Red Eléctrica Inteligente

Anexo II

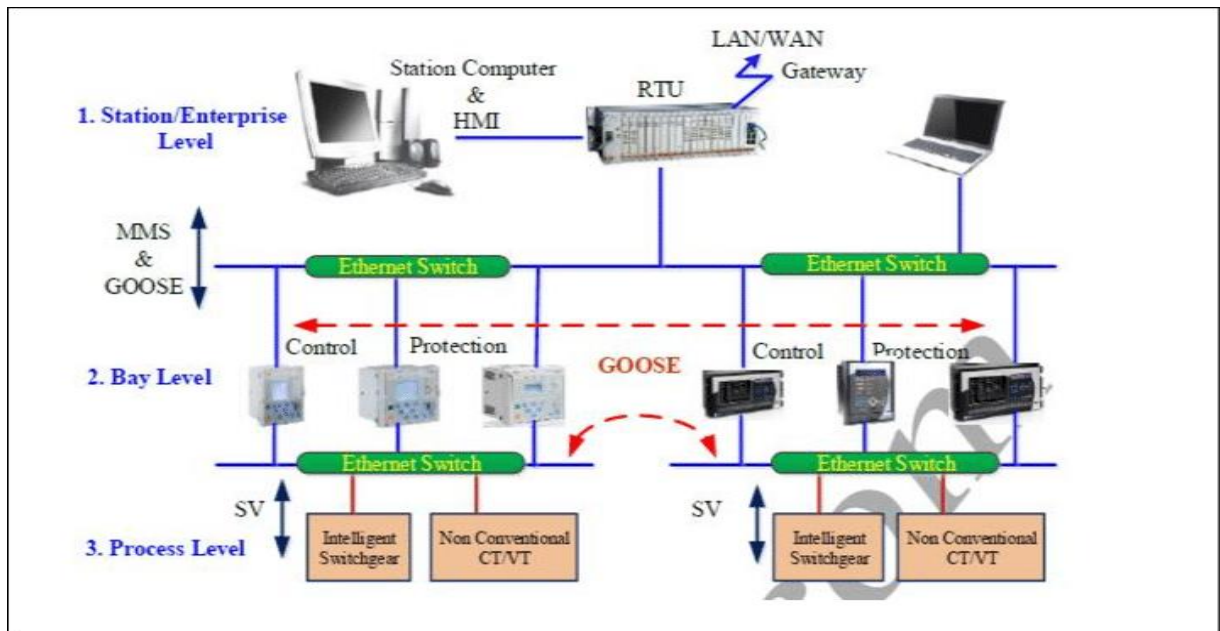


Figura 3 Protocolo 61850



Figura 4 Subestación Gerona con vista a la incorporación del almacenamiento de energía