

MODERNIZACIÓN SUBESTACIÓN VICENTINA

Diego José Sandoval Aráuz

ABB Ecuador S.A., diego.sandoval@ec.abb.com

Palabras claves: IEC61650, Bus de estación, GOOSE, redundancia PRP, modernización.

Abstracto

Este documento describe la modernización de la subestación Vicentina 138kV, ubicada en la ciudad de Quito -Ecuador. La razón esencial de modernización fue el reemplazo de relés electromecánicos a fin de explotar las bondades IEC61850 (GOOSE y MMS) dentro de la automatización de la subestación



Fig. 1 Relés electromecánicos S/E Vicentina

1. Antecedentes

La subestación Vicentina a nivel de 138kV posee las siguientes bahías:

- Transformador 1: 100MVA
- Transformador 2: 100MVA
- Transformador 3: 20MVA
- Línea Conocoto
- Línea Santa Rosa
- Línea Guangopolo
- Línea Gualo
- Línea Bicentenario

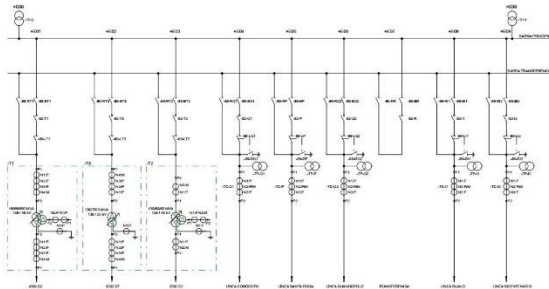


Fig. 2 Diagrama unifilar S/E Vicentina

2. Introducción

El estándar IEC61850 de redes de comunicación y sistemas para automatización de subestaciones permite a las empresas de energía eléctrica considerar nuevos diseños aplicables a nuevas subestaciones y modernización de subestaciones existentes.

La flexibilidad de soluciones basadas en comunicaciones aporta ventajas significativas en costos en todas las etapas del proyecto (ingeniería de detalle, pruebas en fábrica, instalación, pruebas en sitio y puesta en servicio) ya que encamina el desarrollo de soluciones redundantes sin utilización de cobre

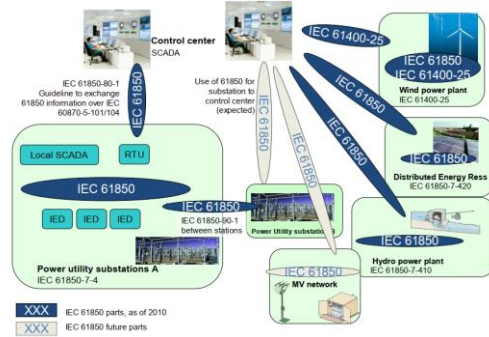


Fig. 3 Ámbito de aplicación de IEC 61850

Dentro de la automatización de la subestación Vicentina el criterio de diseño fue la utilización de mensajería GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event) para compartir todas las señales binarias dentro de la subestación:

- Señales de disparo
- Mandos apertura/cierre
- Posición de equipos primarios
- Protecciones mecánicas de transformadores
- Señalización en general

GOOSE es un servicio de comunicación Multicast (peer to peer) bajo la arquitectura de **Publisher – Subscriber**, adicionalmente es un servicio que opera en capa 2 (Enlace - Modelo OSI) basado en direcciones MAC (media access control) y que utiliza tres capas del modelo OSI (Física, Enlace y Aplicación). A fin de asegurar tiempo real GOOSE mapea los datos en la capa de aplicación directamente sobre la capa de enlace y no depende de un direccionamiento IP

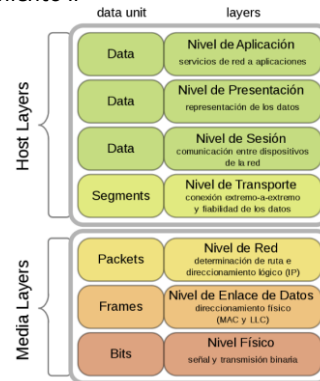
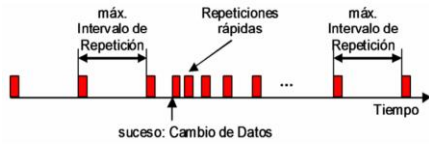


Fig. 4 Modelo OSI

Entre las características de la mensajería GOOSE o también conocida como comunicación horizontal podemos mencionar:

- Reducción o eliminación del cableado en cobre

- Los mensajes se envían o publican periódicamente heartbeat (latido)



- > Supervisión de "hilo roto" incorporada – transmisión continua
- > Parámetros:
 - > Status Number
 - > Sequence Number
 - > Time Allowed to Live

Fig. 5 GOOSE: Latido y transmisión de datos

- Se incrementa la confiabilidad del sistema ya que todas las conexiones son supervisadas automáticamente
- Campo de acción: protección y control
- Alto nivel de flexibilidad: los cambios durante la etapa de ingeniería o puesta en marcha requieren un menor esfuerzo en tiempo
- El IED tiene la capacidad de publicar o suscribirse a múltiples mensajes
- Intercambio de mensajes en tiempo real, desempeño P1 <3ms
- Posee varios atributos de datos (booleano, entero, flotante, arreglo de bits, entre otros)
- Se dispone de mayor cantidad de E/S sin cambios de hardware
- Prioridad de mensajes, se aprovecha al máximo las bondades de Ethernet

El estándar IEC61850 define un bloque de función específico conocido como GOOSE Control Block (GCB) para administrar el mensaje GOOSE en la red. Este bloque se encuentra dentro del nodo lógico del Dispositivo Lógico (LLNO)

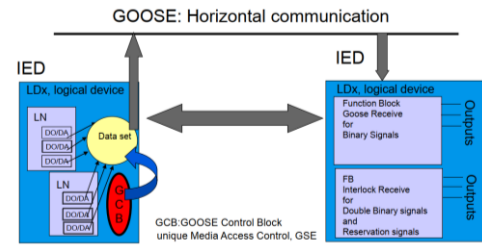


Fig. 6 GOOSE control block

BAY	L. RECENTARIO							
	ID	TK	IP	Central		Indication		Trip
			App ID	MAC Address	App ID	MAC Address	App ID	MAC Address
FP1	AA1E1Q08FP1		172.16.47.36				52	01-0C-CD-01-00-52
FP2	AA1E1Q08FP2		172.16.47.37				53	01-0C-CD-01-00-53
BC	AA1E1Q08A1		172.16.47.38	54	01-0C-CD-01-00-54	55	01-0C-CD-01-00-55	
CD	AA1E1Q08A0		172.16.47.39	56	01-0C-CD-01-00-56	57	01-0C-CD-01-00-57	

Fig. 7 Definición de GCB, MAC address y App ID durante la etapa de ingeniería

3. Ingeniería

A partir de la información de la subestación suministrada por la Empresa Eléctrica Quito se generó la ingeniería fundamental y de detalle considerando los siguientes ejes de diseño:

- Filosofía de protección por bahía: protección principal y redundante
- Filosofía de control: Controlador de bahía para manejar un interruptor y tres seccionadores y en adición señalización de seccionadores de tierra
- Desarrollo de diagramas lógicos para enclavamiento de equipo primario

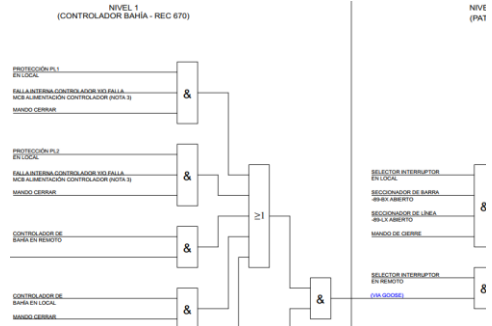


Fig. 8 Diagramas lógicos de enclavamiento

- Utilización de merging units (binarias) para el control y monitoreo del equipo primario en 138, 46 y 23kV; en adición las merging units se ubicaron en tableros para exterior (kioscos) cercanos al equipo primario



Fig. 9 Merging Units ubicadas en patio de 138kV

- Las merging units envían la información del equipo primario a las protecciones principal, redundante y controlador de bahía utilizando mensajería GOOSE
- Filosofía de operación:

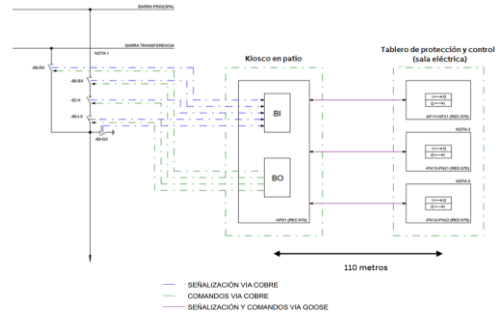


Fig. 10 GOOSE (Kiosco – Sala Eléctrica)

- Utilización de redundancia de red bajo lo descrito en IEC61850; para este proyecto se

utilizó IEC 62439-3 (Parallel Redundancy Protocol PRP)

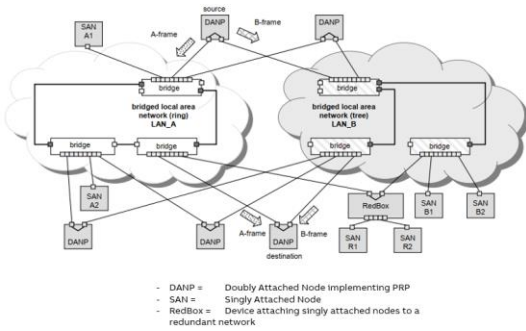


Fig. 11 Síntesis del protocolo PRP

4. Red de comunicaciones

La red de comunicación (bus de estación) en esta aplicación adquirió un nivel preponderante debido a que su desempeño está atado a la correcta operación de la subestación. En la subestación Vicentina se construyó una red de cableado estructurado basada en fibra óptica multimodo con velocidad de 100 megabits por segundo

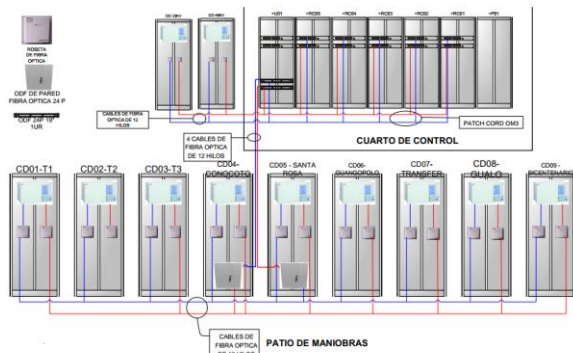


Fig. 12 Red de fibra óptica

El diseño y construcción de la red de comunicación también consideró certificación de la red y la utilización de switches de comunicación con alimentación dual y construidos bajo IEEE 1613 (Standard Environmental and Testing Requirements for Communications Networking Devices Installed in Electric Power Substations)

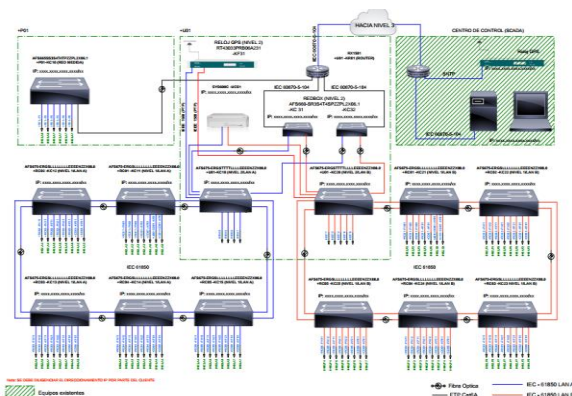


Fig. 13 Sistema redundante de switches

Los equipos que se encuentran dentro de la red PRP son los siguientes:

- ✓ Relés de protección: ABB serie 670, Siemens Siprotec 5
 - ✓ Merging Units
 - ✓ Concentrador de datos: ABB SYS600
 - ✓ Reloj de subestación (servidor SNTP)
- La protección de barra de 138kV incorporó las funciones:
- 50BF etapa 1 (retrip)
 - 50BF etapa 2 (back up trip)
 - 50BF etapa 0 (end fault protection)

5. Tableros de protección y control

Los tableros de protección y control fueron de fabricación local siguiendo los estándares de ABB



Fig. 14 Tableros instalados en la sala eléctrica

Al prescindir de E/S en los relés de protección se optimizó el espacio logrando que la protección y control de dos bahías se alojara en un solo tablero

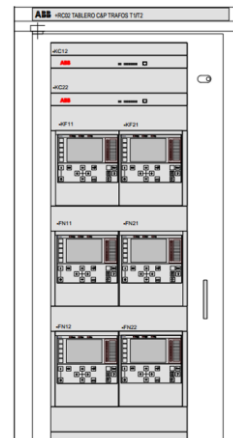


Fig. 15 Optimización de espacio

Todas las E/S residen en las Merging Units del patio de 138kV y salas eléctricas de 46 y 23kV



Fig. 16 Merging Unit de la bahía de transformador

6. Interoperabilidad

Acorde en lo descrito en IEC61850 los IEDs de distintos fabricantes pueden intercambiar y usar datos a través de un medio de comunicación común, este proyecto evidenció este enunciado a través de las siguientes aplicaciones

- GOOSE: Relion (REC670) de ABB → Siprotec 5 (7SL86) de Siemens
- GOOSE: Siprotec 5 (7SL86) de Siemens → Relion (REB670, REC670)
- MMS (cliente – servidor): Siprotec 5 (7SL86) de Siemens → Microscada ABB



Fig. 17 Interoperabilidad ABB - Siemens durante desarrollo de ingeniería

7. Concentrador de datos

El dispositivo que adquiere a través de MMS (IEC61850) las señales de los 39 relés de protección de la subestación Vicentina es Microscada de ABB a través de SYS600 el cual posee funciones de gateway a fin de realizar el envío de datos al Centro de Control de la Empresa Eléctrica Quito a través de IEC 60870-5-104



Fig. 18 ABB – SYS600

8. Sincronización de tiempo

Todos los dispositivos de la subestación que se encuentran sincronizados a través de SNTP utilizando la red ethernet acorde lo establece IEC61850

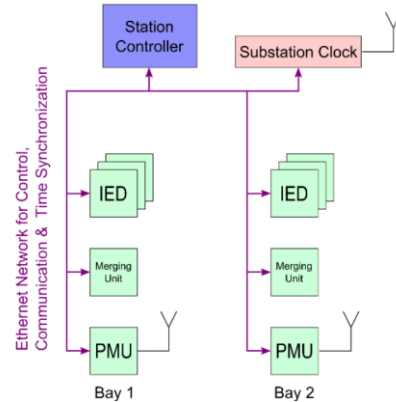


Fig. 19 Protocolo de sincronización SNTP

9. Pruebas de protecciones eléctricas

El método tradicional de conectar el disparo físico del relé de protección (salida binaria) fue reemplazado por la suscripción al mensaje GOOSE de disparo emitido por el relé de protección y que tiene por destinatario la Merging Unit.

La siguiente secuencia muestra la prueba de la función 79 (recierre), en la cual se puede apreciar la señalización a través de GOOSE de la señal de disparo general (GOOSE_TRIP), arranque del recierre (ST_79) y comando de cierre ordenando por la función 79 (CL_CMD_79)

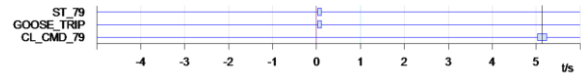


Fig. 20 Mensajes GOOSE durante la prueba de la función 79

Para esta aplicación la suscripción al mensaje GOOSE se realizó dentro del software del equipo de inyección secundaria

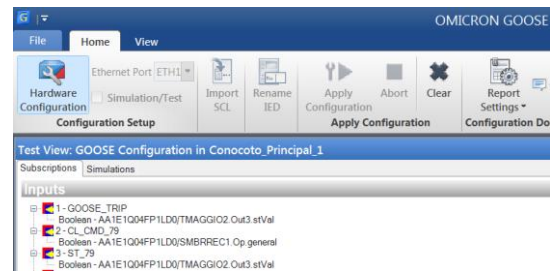


Fig. 21 Suscripción a mensajes GOOSE durante pruebas de inyección secundaria

Los resultados de evaluación pruebas guardaron estricta concordancia con el método tradicional ya que sólo se modificó el indicativo de disparo del relé de protección

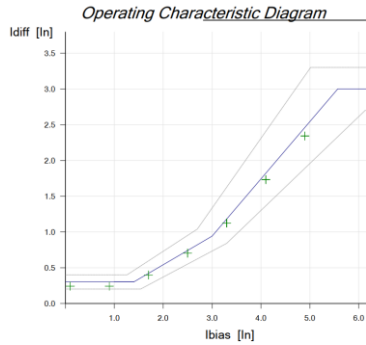


Fig. 22 Función 87L

Line 1:Fault locator	Fault resistance prim.	5.961 Ω
Line 1:Fault locator	Fault reactance prim.	8.013 Ω
Line 1:Fault locator	Fault resistance sec.	0.397 Ω
Line 1:Fault locator	Fault reactance sec.	0.534 Ω
Line 1:Fault locator	Fault distance	16.6 km
Line 1:Fault locator	Fault distance in %	24.3 %
Line 1:Fault locator	Fault loop	AG

Fig. 23 Localizador de falla

10. Conclusiones

- La utilización de mensajería GOOSE disminuye costos asociados a cableado, instalación, comisionamiento y mantenimiento
- La utilización de IEC61850 posibilita la optimización del diseño del sistema de protección y control de la subestación
- La interoperabilidad bajo IEC61850 entre equipos deja de ser una barrera en la puesta en servicio de la subestación
- Las pruebas de inyección secundarias se optimizan (tiempo y cantidad de señales binarias monitoreadas) utilizando la suscripción al mensaje GOOSE de disparo
- La modernización (retrofit de protecciones eléctricas) se perfecciona utilizando mensajería GOOSE
- Del desempeño de la red (bus de estación) depende la correcta operación de la subestación por ende la redundancia y certificación del cableado estructurado es fundamental durante el proceso de ingeniería y construcción

Referencias

- IEC 61850 Communication networks and systems for power utility Automation
- Manuales técnicos y de aplicación de relés de protección ABB serie 670
- IEC 62439-3 Industrial communication networks – Part 3: Parallel Redundancy Protocol (PRP)