



# ***ESTACIONES TRANSFORMADORAS DIGITALES EN SISTEMAS ALTA TENSION***

**Carlos A. Di Palma**

**Tranelsa S.A.**



# ***EQUIPAMIENTO ELECTRICO DE EETT (parte 1)***

## **AA) Proteccion de Lineas AT**

- **Proteccion diferencial**
- **Proteccion de distancia (impedancia)**
- **Sobrecorriente de tierra direccional**
- **Sincrocheck**
- **Falla interruptor**
- **Recierre**
- **Otras**

## **BB) Transformadores**

- **Proteccion diferencial de transformador**
- **Proteccion acometida de transformador**
- **Proteccion sobrecorriente de transformador**
- **Proteccion por sobreflujo de trafo (V/Hz)**
- **Proteccion por puntos calientes (hot spot)**
- **Otros**

# ***EQUIPAMIENTO ELECTRICO DE EETT (parte 2)***

**CC) Regulador automatico de carga para transformadores**

**DD) Transformadores de corriente (TI) (CT)**

**EE) Transformadores de tension (TV) (VT)**

**FF) Interruptores**

- **Falla interruptor**
- **Recierre**

**GG) Seccionadores**

**HH) Proteccion barras de ET**

**II) Otros**



# ***ARQUITECTURA DIGITAL***

# **OBJETIVOS NUEVO CRITERIO**

- **Migración desde una arquitectura convencional cableada, hacia arquitectura digital virtual**
- **Implementación de infraestructura y tecnología Ethernet para permitir y sostener las aplicaciones, en los Sistemas Eléctricos de Potencia**
- **Infraestructura de Redes en las EETT (ver próxima presentación)**
  - \*red LAN óptica duplicada
  - \*switches gerenciables, full duplex, etc.
  - \*coexistencia protocolos de comunicación DNP3.0/TCP, ModBus/TCP, IEC61850, IEC 60870-5-104; etc
- **Nuevas implementaciones/ampliaciones mediante dispositivos inteligentes (IED)**
- **Utilización de Merging Units (MU) para integración de equipamiento existente**
- **Objetivos :**
  - \*accesibilidad directa desde el Sistema Supervisorio de Control (EM)
  - \*interoperabilidad entre diferentes fabricantes de IEDs
  - \*inmunidad electromagnética (EMC)
  - \*alta velocidad de transmisión de datos
  - \*etc
- **Networking virtual para permitir las conexiones entre diferentes dispositivos compartiendo un medio comun, pero manteniendo la separacion logica entre los diferentes usuarios (dentro de igual medio)**
  - >VLANs (IEEE 802.1Q) como metodo para lograrlo<<

# ARQUITECTURA DIGITAL DE ALTA CAPACIDAD (parte 1)

- La utilización de Redes permite disponer de alta capacidad, que sirva de:
  - \*soporte al intercambio de información entre dispositivos inteligentes (IED)
  - \*transmisión de información en forma optima y seguro hacia el Centro de Control
  - \*uso de remotas de telecontrol (RTU) y/o Gateway >> {integración} <<
  - \*permitir amplia accesibilidad futura >> {escalabilidad y crecimiento}<<
  
- Beneficios:
  - \*reducción de tiempos de instalación
  - \*máxima inmunidad electromagnética (EMC)
  - \*escalabilidad simple
  - \*prescindencia y/o minimización de cableado galvánico
  - \*digitalización de la información (facilidad de procesamiento)
  - \*accesibilidad máxima a equipos en el nivel Bus de Estación
  - \*opción de accesibilidad a equipos eléctricos en nivel Bus de Proceso
  - \*interoperabilidad entre fabricantes

>>Clarificar que la Interoperabilidad no implica Intercambiabilidad<<

# ARQUITECTURA DIGITAL DE ALTA CAPACIDAD (parte 2)

- La infraestructura así diseñada permitirá la virtualización en cada estación transformadora, y con ello el manejo digitalizado de la información, y facilitar el vínculo de nuevo equipamiento:
  - Con diferentes fabricantes
  - Con instalaciones existentes que pudieran no tener aptitud para vincularse
- Se recomienda que las redes y el equipamiento aseguren la transmisión de diversos protocolos de comunicación (IEC 60870-5-104; ModBus/TCP; ProfiBus; DNP3.0/TCP; IEC 61850; etc)
- Los criterios de interoperabilidad y de convivencia deben ser prioritarios, con el fin de permitir:
  - \*las migraciones tecnológicas
  - \*las eventuales ampliaciones futuras
  - \*las adecuaciones específicas de cada Empresa Eléctrica sin condicionantes
- Deben tenerse en cuenta los conceptos adicionales de:
  - \*escalabilidad en todo lo que se adquiriera
  - \*crecimiento paulatino según necesidades
  - \*uso de plataformas abiertas
  - \*etc

# ARQUITECTURA DIGITAL DE ALTA CAPACIDAD (parte 3)

- La infraestructura digital permitirá:

- \*utilizar nuevos IEDs para funciones de protección, control, oscilografía
- \*utilizar merging units (MU) para digitalizar la información de los equipos eléctricos existentes y disponer la información digitalizada

>>permitir la adquisición de datos desde la Estación Maestra (EM) mediante las remotas de telecontrol (RTU) hacia la Red y los propios IEDs (en caso de integración en EETT existentes)<<

\*

>>permitir la adquisición de datos desde la EM directamente a los propios IED (en el caso de nuevas EETT <<

- La infraestructura debe permitir el intercambio de mensajería Goose entre los nuevos dispositivos IED bajo IEC 61850 (que se incorporen total o parcialmente a los proyectos y obras)

# **ARQUITECTURA DIGITAL DE ALTA CAPACIDAD (parte 4)**

- **El hecho de implementar redes digitales Ethernet en las EETT permitirá el monitoreo online de:**

**\*transformadores**

**\*interruptores**

**\*seccionadores**

**\*comunicaciones**

**\*protecciones**

**\*teleproteccion**

**\*otros dispositivos**

**>> aumentar la Confiabilidad de operación del Sistema AT<<**

- **Beneficios adicionales:**

**\*disponer del control del desarrollo tecnológico, evitando diferentes soluciones (según cada fabricante)**

**\*realizar diagrama de bloques, unifilares, etc, en un modo lógico**

**\*denominar y definir los dispositivos**

**\*especificar las funciones requeridas**

**\*definir redundancias, medios de comunicación, etc**

**\*interfacear con equipos existentes (legacy installations)**

**\*definir comunicaciones con el Centro de Control**

**\*listar la información cursada, listado de alarmas, etc**

**\*manejo de operaciones (en modo local; en modo remoto)**

**\*otros**

## **RED LAN (parte 1)**

- **La infraestructura es física y sobre ella se implanta la aplicación (App)**
  - >>Buses son Redes de Comunicación Local<<**
- **Comprende (próxima presentación en detalle):**
  - \*un medio de transmisión compartido**
  - \*el conjunto de dispositivos (hardware)**
  - \*las aplicaciones a correr (software)**
  - \*los mecanismos de seguridad a utilizar**
  - \*la concepción determinística de la Red:**
    - >predictibilidad**
    - >no colisiones**
    - >no pérdida de paquetes de datos**
- **Oficiar de interfaz entre dispositivos de la ET y el medio de transmisión**
- **Regular el orden de acceso de la información al medio, el cual será compartido:**
  - \*por diferentes dispositivos**
  - \*por diferentes protocolos**

## ***RED LAN (parte 2)***

- **Información total a transmitir:**
  - \*control
  - \*protecciones
  - \* mediciones
  - \*eventos
  - \*alarmas
  - \*oscilografía
  - \*tendencias
  - \*otras
- **Redes separadas (virtual ó físicamente):**
  - \*protecciones
  - \*control, mediciones, oscilografia
  - \*telefonía VoIP
  - \*red corporativa
  - \*otras
- **Retardo maximo de la Red (sin incluir los tiempos de accion de los reles) debe ser orden de 4 mseg (tiempo de Goose entre emisor y suscriptor)**
- **Retardo de cada switch orden de 5 a 120µseg (frame latency)**
- **Redes LAN de 1Gps**

# ***HERRAMIENTAS DE DISEÑO (parte 1)***

- **Lenguaje de configuración de la ET es SCL (system configuration language) basado en XML (extensible markup language)**
- **Permite la descripción de los dispositivos y del sistema**
- **También describe como los dispositivos y los sistemas van operar entre si**
- **Describe desde donde provienen los datos (nodo lógico de origen/emisión) y hacia donde van (nodo lógico de destino)**
- **Utiliza:**
  - \***el sistema de automatización de la ET (SAS)**
  - \***el unifilar de la ET**
  - \***la intervenculación entre unifilar y automatización**
  - \***etc**
- **Tipo de archivos de configuración que forman parte de ingeniería de IEC 61850:**
  - \***SSD (system specification description): unifilar de ET; diagramas y especificaciones de los equipos; etc**
  - \***SCD (substation configuration description): descripción de comunicaciones y nodos lógicos que responden al SSD**
  - \***ICD (IED capability description): descripción de la capacidad original en fabrica de un IED aun no instalado**
  - \***CID (configured IED description): subconjunto de archivos de configuración SCD que describe el IED para el contexto de la instalación particular**

> >Herramientas de configuración de dispositivos basados en SCL: son herramientas off-line<<  
>Herramientas deben ser inteoperables entre diferentes fabricantes<

# ***HERRAMIENTAS DE DISEÑO (parte 2)***

- **Con las herramientas de diseño se realizan:**
  - \*listas de conexiones (virtuales)
  - \*diagramas funcionales de la ET
  - \*funciones lógicas
  - \*listado de dispositivos involucrados
  - \*configuración de switches
  - \*configuración de otros dispositivos
- **Necesidad de disponer de las herramientas de diseño:**
  - \*algunas de libre disposición
  - \*otras propias de los fabricantes
- **Nodos Lógicos:**
  - \*involucra cada elemento físico de la ET
  - \*equipamiento primario principal (interruptor; seccionador; etc)
  - \*equipamiento secundario (protección; control; etc)



# ***ARQUITECTURA IEC 61850***

# ***SOBRE IEC 61850 (parte 1)***

- **Se estan implementando en el pais diseños de EETT bajo conceptos y arquitectura **parcial ó totalmente bajo IEC61850** en sistemas de Alta Tension**
- **Comenzar realizándolo en Sistemas AT de menor nivel de alta tension y menor criticidad**
- **Existen implementaciones parciales para verificar el funcionamiento efectivo real de IEC61850, pero no siempre se dispone de la realimentación de los eventuales inconvenientes y/o adecuaciones que generaron en su implementacion**
- **Las experiencias se centralizan mayoritadamente en soluciones para EETT monovendor, siendo menor la experiencia de soluciones multivendor, donde la **interoperabilidad entre IEDs de diferentes fabricantes es una situación mas compleja de resolver (ver proximas presentaciones)****
- **En Cigre-Argentina se realizo un Grupo de Trabajo (WG) dentro del Comité de Estudio (SCB5) durante 2008 y 2009, para visualizar la diferente interpretación que tenian los fabricantes sobre la norma IEC61850 (efectiva interoperabilidad)**
- **En el release 2 de la norma se han salvado puntos indefinidos y/o de posible diferente interpretación que existian en el release 1**

## ***SOBRE IEC 61850 (parte 2)***

- En general las implementaciones realizadas por Empresas Electricas **no incluye la transmisión de ordenes de protección (comandos) mediante mensajes Goose**
- Las ordenes de protecciones van canalizadas en forma convencional mediante **cableado duro (hardwiring)** pues no se confia enteramente en los mensajes Goose para el accionamiento de las protecciones
- Existe preocupación de implementar EETT enteramente en IEC61850, pues podria tenderse a tener un único fabricante en las futuras ampliaciones, en caso que no este totalmente resuelto la efectiva interoperabilidad entre distintos fabricantes
- El utilizar una arquitectura IEC61850 traería inconvenientes en relacion con la **formación del personal del area EETT**, pues en general, quien conocen y manejan los conceptos IEC 61850 pertenecen al área de control
- La **intangibilidad en** el recorrido de transmisión de mensajes Goose, la conformacion de los nodos virtuales, las conexiones lógicas, etc, necesita una **concepcion virtual** mas compleja que el tradicional esquema de diagrama de cableados para representar los unifilares en las conexiones y accionamientos
- Los planteles de **personal de mantenimiento en general no disponen de formación** para interpretar y seguir este estilo de ingenieria en la instalación, pruebas, etc (debiendo formarse nuevos cuadros)

## ***SOBRE IEC 61850 (parte 3)***

- **Es importante integrar a los responsables de area de estaciones transformadoras con los responsables de areas de protecciones y control, para poder diseñar y operar totalmente las EETT bajo arquitectura IEC61850**  
**>> concepción nativa <<**
- **Un proceso de migración paulatina podria ser:**
  - \*realizar el control local de la ET bajo arquitectura IEC 61850**
  - \*mantener una RTU como adquisición de datos de las redes bajo IEC 61850 en conjunto con lo convencional (ModBus, DNP3.0; etc)**
  - \*en caso de contarse con sistemas existentes podrian interactuar ambas arquitecturas sin inconvenientes**
  - \*en caso de futuras ampliaciones podria elegirse una u otra arquitectura según conveniencia económica y tecnología**
- **En EETT existentes donde se implementara arquitectura IEC61850, igualmente seria necesario un Gateway para vincular la ET al Centro de Control**



# ***CYBER SEGURIDAD***

# **REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD (parte 1)**

- **La introducción del concepto de estación transformadora digital, incorporando redes, equipamiento IED, protocolos y arquitectura IEC 61850, y otros conceptos ya desarrollados, implica introducir en los proyectos y obras:**
  - >> requerimientos de CyberSecurity <<**
- **La máxima seguridad se logra mediante la separación de redes físicamente independientes**
- **La conformación de redes virtuales VLAN permitirá aumentar la seguridad de operación de los sistemas de protección, control, oscilografía, etc, frente a:**
  - \*operaciones erróneas (efecto interno de la Empresa)**
  - \*amenazas externas**
- **El particionamiento de la Red Ethernet en varias redes virtuales (VLANs) incrementará sustancialmente la seguridad del sistema de control y protecciones de las EETT, habida cuenta de la separación de funciones dentro del dominio de cada VLAN**
- **Se deberá aislar el tráfico en tiempo real que se curse en forma simultánea dentro de los elementos físicos de las redes LAN:**
  - \*tráfico de protecciones dentro de un dominio de VLAN1**
  - \*tráfico de control dentro de un dominio de VLAN2**
  - \*etc**
- **En forma adicional a las redes de control y protecciones, pueden implementarse y cursarse otras funciones como:**
  - \*telefonía VoIP, dentro de otro dominio VLAN**
  - \*procesos corporativos propios de la Empresa, dentro de otra LAN**
  - \*etc**

## **REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD (parte 2)**

- **Cyber Seguridad debe incluir los conceptos:**
  - \*confidencialidad de la información
  - \*integridad de los paquetes de datos
  - \*disponibilidad del tráfico en curso
- **Amenazas:**
  - \*diseño defectuoso: saturación del medio; sobrecarga de buffers; colisiones
  - \*ambientales: degradación del canal (SNR); perturbaciones (EMC); etc
  - \*accidental: operaciones erróneas; passwords no discriminados; etc
  - \*deliberadas: corrupción de datos; robo de información; etc
- **Los IED, switches, y toda la red Ethernet que sea utilizada para fines operativos deberán encontrarse protegidos por antivirus y firewall, debiendo actualizarse las licencias de seguridad en forma permanente y sistemáticamente**
- **Deberán utilizarse mecanismos de seguridad tanto en el gerenciamiento como en la propia Red, de manera de asegurar mecanismos para el entorno de operación seguro, incluyendo temas como:**
  - \*Autenticación
  - \*Autorización
  - \*Encriptado

## **REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD (parte 3)**

- **En caso de existir y/o implementarse eventuales redes para uso corporativo dentro de la ET, es conveniente sean independientes, mediante fibras ópticas separadas de cables ópticos del networking >> independencia física <<**
- **La arquitectura de Seguridad incluye normas y procedimientos para la seguridad de servicios en multiples aspectos:**
  - \***protección de los datos del sistema P&C (VLANs, etc)**
  - \***sistema de gestionamiento local y remoto (monitoreo online)**
  - \***mecanismos de seguridad física en los dispositivos (bloqueo de puertos, etc)**
  - \***procesos de auditoria para la trazabilidad de las situaciones (Audit Trail)**
  - \***otros**
- **Cumplimentando normas especificas de IEEE, IEC, Cigre, etc  
>>IEC TC57 ha desarrollado IEC 62531 (standard de seguridad)<<**
- **Firewall deben:**
  - \***configurarlos correctamente**
  - \***utilizar firewall especificos para la VLAN**
  - \***mantenerlos y actualizarlos permanentemente**
  - \***etc**