



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

VIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
29, 30 y 31 de Octubre de 2008

LABORATORIO DE SIMULACIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS EN TIEMPO REAL

M.Sc. Ing. Rodrigo Ramos, Ing. Fernando Vega Daher, M.Sc. Ing. José Luiz Pereira dos Santos

Itaipu Binacional - Fundación Parque Tecnológico Itaipu

Paraguay - Brasil

RESUMEN

El Laboratorio Automatización y Simulación de Sistemas Eléctricos (LASSE) es una iniciativa de Itaipu Binacional, a través de la Fundación Parque Tecnológico Itaipu, que tiene como objetivo constituir un centro de referencia y excelencia en el campo de los estudios de los Sistemas de Potencia.

Para esto, en la concepción del Laboratorio se ha seleccionado como plataforma tecnológica la Simulación en Tiempo Real, que es actualmente la técnica más avanzada de estudios digitales de Sistemas de Potencia. El presente trabajo expone los conceptos básicos de esta metodología, que permite realizar estudios y ensayos de equipos en un entorno que representa exactamente las condiciones operativas encontradas en los grandes Sistemas de Potencia, con una seguridad y flexibilidad no disponibles en ensayos de campo.

Se describe el equipo utilizado, consistente en un RTDS (Real Time Digital Simulator), como también las técnicas de simulación, ilustrando con ejemplos de los ensayos y aplicaciones más comunes. Además de su uso como plataforma de ensayos, se resalta también la posibilidad de la utilización del equipo en la capacitación de profesionales y operadores, así como en trabajos de investigación relacionados con los Sistemas de Potencia.

PALABRAS CLAVES

Simulación de Sistemas de Potencia, Tiempo Real, Modelado.

Rodrigo A. Ramos G. Email: rodrigoramospy@gmail.com



1. SIMULACIÓN DE SISTEMAS DE POTENCIA EN TIEMPO REAL: CONCEPTO

En los últimos tiempos, y especialmente en las últimas décadas, como ocurre en todos los campos de la tecnología, los sistemas de potencia eléctrica han presentado un sostenido incremento en la complejidad de sus procesos de análisis. Esto es consecuencia de varios factores, entre los que resaltan especialmente los siguientes:

- Constante incremento en las dimensiones: las interconexiones de sistemas eléctricos y la inclusión de nuevas estaciones y subestaciones resultan en sistemas cada vez más complejos que hacen que la simulación de los mismos sea más exigente desde el punto de vista computacional.
- Inclusión de dispositivos tales como reguladores, convertidores, generadores de diversos tipos, etc. Los modelos utilizados para representar estos equipos agregan considerables exigencias de cálculo y de memoria.

Todo esto, sumado a la necesidad de ofrecer servicios de mejor calidad, hace que los programas de simulación utilizados tradicionalmente en el estudio de los diversos fenómenos y eventos involucrados en la operación de estos sistemas necesiten la implementación de nuevas plataformas tecnológicas que permitan la obtención de resultados en tiempo hábil.

En este contexto, resalta de manera especial la Simulación en Tiempo Real [2]. Esta metodología consiste, básicamente, en reproducir la respuesta de un sistema a lo largo de un intervalo Δt en exactamente Δt segundos, a diferencia de las simulaciones tradicionales, donde el cálculo de la respuesta en Δt segundos puede utilizar varios segundos, minutos u horas, de acuerdo a la complejidad del caso, el programa informático a ser utilizado y al poder de cálculo disponible. La Figura 1 muestra el espectro de fenómenos y estudios eléctricos asociados a los sistemas eléctricos, en función de la frecuencia, así como una breve relación de las herramientas normalmente utilizadas.

La principal ventaja de la Simulación en Tiempo Real consiste en la posibilidad de interactuar efectivamente con elementos reales de los sistemas eléctricos, tales como, por citar los principales:

- Sistemas de protección de líneas y equipos.
- Sistemas de control, tanto de malla abierta como de malla cerrada.

Esto resulta especialmente necesario durante el proceso de evaluación de las características de los nuevos dispositivos, tanto durante el proceso de control de calidad (ensayos de aceptación en fábrica) como durante el comisionamiento. En la actualidad, los ensayos realizados en plataformas de tiempo real se han convertido en procedimientos estándar en el sector eléctrico.

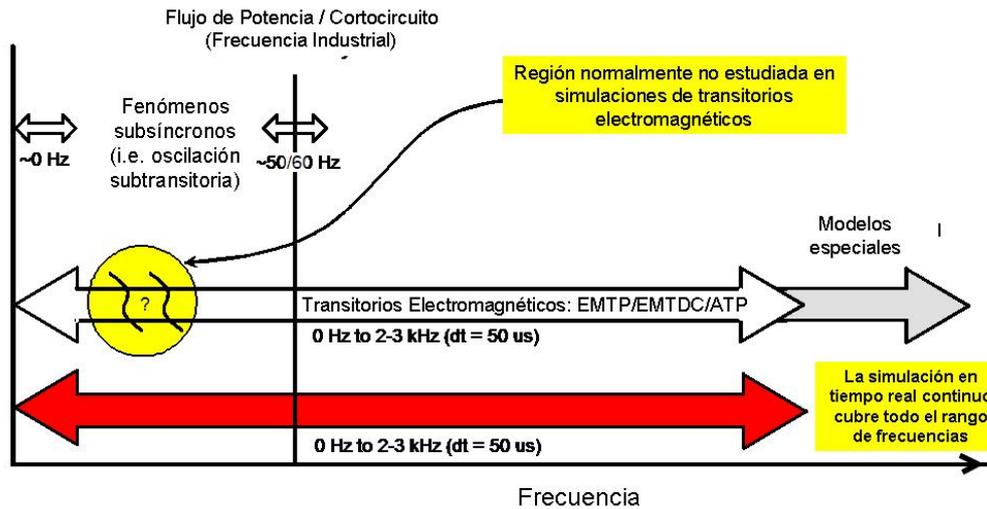


Figura 1: Fenómenos y análisis con relación a la frecuencia.

Debe resaltarse también la importancia de la Simulación en tiempo real en la capacitación para la operación y estudio de los Sistemas eléctricos [1]. En efecto, las instalaciones más potentes existentes con esta tecnología destinan gran parte de sus horas hábiles a la implementación de programas de entrenamiento de operadores y especialistas [2].

2. LABORATORIO DE SIMULACIÓN DE SISTEMAS ELECTRICOS (LASSE)

La fundación Parque Tecnológico Itaipu posee como misión el desarrollo regional, de forma sustentada, por medio de actividades que propicien el desarrollo institucional, científico, tecnológico y de innovación, la difusión del conocimiento, la capacitación profesional, citando los principales. Para el efecto, interactúan entidades públicas y privadas, académicas y de investigación, así como de fomento y de producción.

Entre las numerosas iniciativas cristalizadas en este contexto, se ha constituido el Laboratorio de Simulación de Sistemas Eléctricos (LASSE), que tiene como finalidades principales poner a disposición recursos tecnológicos y desarrollar mano de obra altamente capacitada en la ejecución de estudios y simulaciones del desempeño dinámico de los

Rodrigo A. Ramos G. Email: rodrigoramospy@gmail.com

sistemas eléctricos.

Para este fin, se ha realizado un importante esfuerzo en la adquisición de una plataforma de Simulación en Tiempo Real de última tecnología. Esta plataforma constituye un Simulador Digital de Tiempo Real (RTDS: Real Time Digital Simulator), que está conformado por hardware de computación paralela de alto desempeño, diseñada específicamente para ejecutar modelos de sistemas eléctricos, con su correspondientes sistema operativo y software propietario. Estos equipos son elaborados por la empresa RTDS Technologies, de Winnipeg, Canadá, que es actualmente la única proveedora mundial de este tipo de equipos. En la Figura 2 se muestra una configuración típica utilizada para ejecutar ensayos sobre dispositivos de protección.

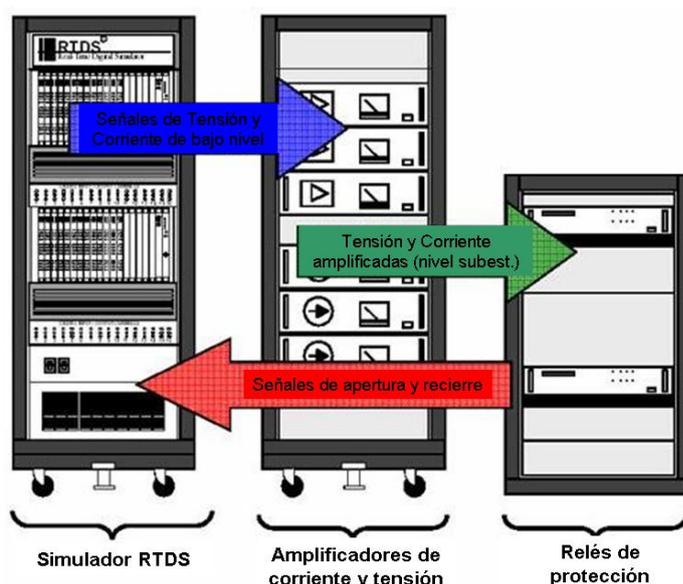


Figura 2: Plataforma RTDS

En esta primera etapa de la implementación, el LASSE cuenta con un simulador RTDS con la siguiente configuración [4]:

- Procesamiento: 3 Tarjetas GPC de última generación, cada una con 2 procesadores IBM 750GX PowerPC RISC, con una capacidad de cálculo de 2 TERAFLUPS por tarjeta.
- Canales de comunicación analógicos:
 - 24 entradas analógicas aisladas de 16 bits (2 tarjetas GTAI)

Rodrigo A. Ramos G. Email: rodrigoramospy@gmail.com

VIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
29, 30 y 31 de Octubre de 2008

- 24 salidas analógicas aisladas de 16 bits (2 tarjetas GTA0)
- 72 salidas analógicas adicionales (panel frontal de tarjetas GPC)
- Canales de comunicación digitales:
 - 64 entradas digitales aisladas (1 tarjetas GTDI)
 - 64 salidas digitales aisladas (1 tarjetas GTDO)
 - 16 salidas digitales / 16 entradas digitales (Panel frontal digital)
 - 16 salidas digitales de alta tensión (Panel frontal digital de Alta Tensión)
- Comunicación Ethernet: 2 tarjetas GTNET, con capacidad de manejar mensajes de acuerdo a las normas IEC 61850-9-2 (Protocolo SV – Sampled Values) e IEC 61850 GOOSE (Protocolo GSE)

Con el objeto de ajustar los niveles de tensión necesarios para alimentar los dispositivos al nivel de tensión existente en las subestaciones se han adquirido dos bancos de amplificadores VITS-3650V3C3, fabricados por la empresa Analogue Associates, de Inglaterra. Estos equipos poseen una capacidad de 100 A de pico en los amplificadores de corriente, y 212 V en los amplificadores de tensión.

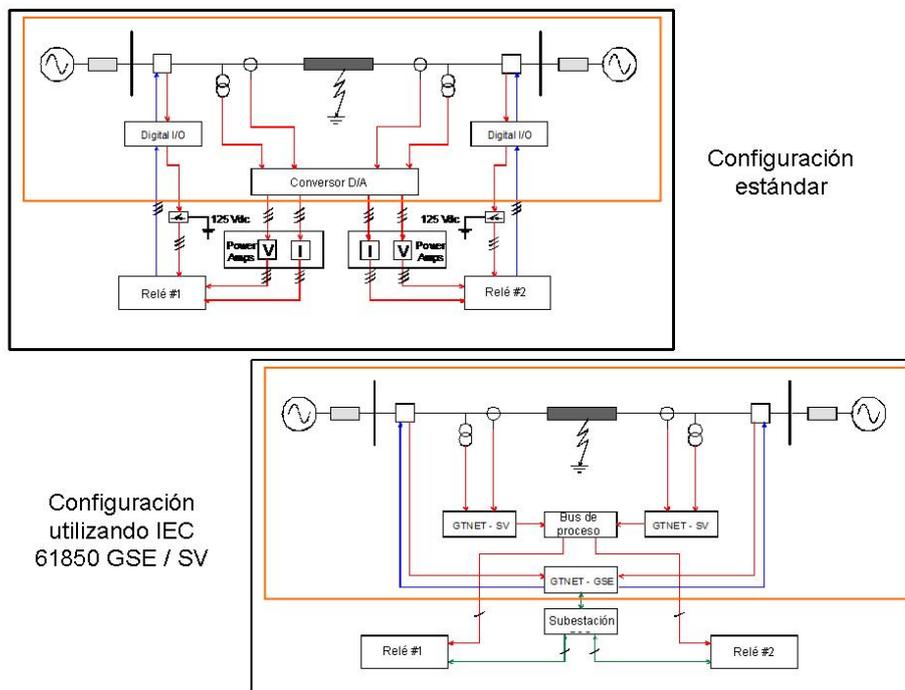


Figura 3: Esquemas de ensayos

Rodrigo A. Ramos G. Email: rodrigoramospy@gmail.com



En la Figura 3 se contrastan dos configuraciones normalmente utilizadas en ensayos de relés. La primera de ellas utiliza exclusivamente los canales analógicos disponibles, constituyendo un esquema tradicional de protección de líneas, mientras que la segunda utiliza canales ethernet de comunicación, para un esquema de protección con mensajes IEC 61850 GOOSE. En este último caso, la comunicación con los dispositivos se realiza y gerencia utilizando las tarjetas GTNET sobre la red de datos.

En la actualidad, el LASSE posee la capacidad de implementar ambos tipos de ensayos, y está planeado ampliar la capacidad de las instalaciones de manera a incluir otros tipos de ensayos. En la siguiente sección se presenta un caso paradigma seleccionado en el marco de los trabajos de comisionamiento y capacitación inicial realizados en el LASSE durante las primeras semanas de octubre de 2008.

3. CASO EJEMPLO: SISTEMA ITAIPÚ DE 60 Hz

La Figura 4 presenta el esquema simplificado representando al sistema de Transmisión comprendiendo la Central Hidroeléctrica de Itaipu y las subestaciones de Furnas (Foz de Iguazú) e Ivaiporá 765 kV. Este caso fue seleccionado debido a los inminentes trabajos de actualización del esquema de protección del sistema en 60 Hz de Itaipu. La imagen muestra la interfase gráfica utilizada por el programa RSCAD, utilizado para operar el RTDS. Los equivalentes utilizados han sido elaborados de manera a optimizar la capacidad de cálculo del equipo simulador.

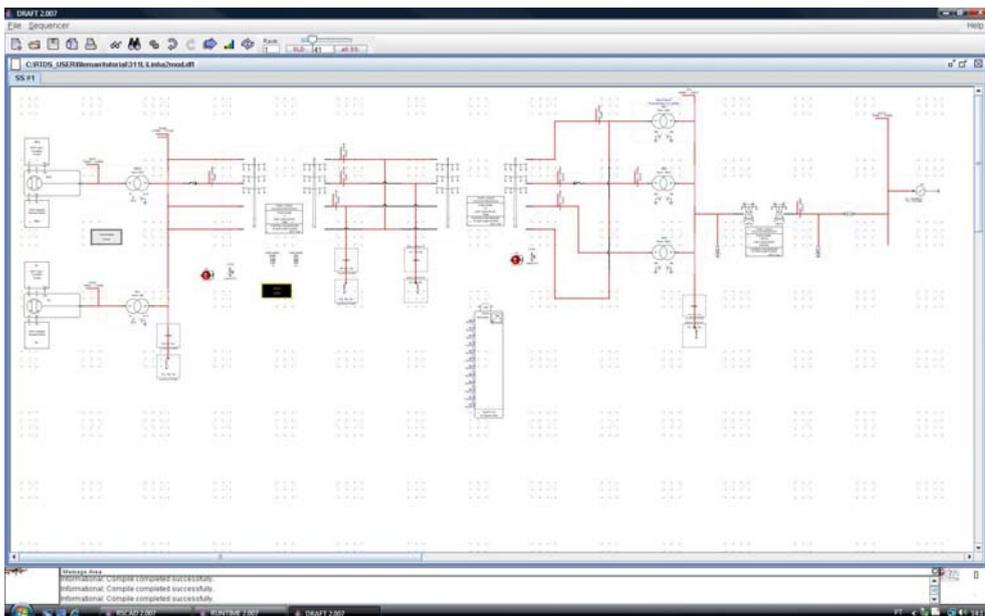


Figura 4: Diagrama unifilar equivalente Itapu – Foz – Ivaiporá.
Rodrigo A. Ramos G. Email: rodrigoramospy@gmail.com

VIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
29, 30 y 31 de Octubre de 2008

El equivalente mostrado en la imagen anterior ha sido utilizado para ejecutar ensayos incluyendo 2 dispositivos Schweitzer Laboratorios SEL – 311L, que poseen, entre otras, funciones de protección diferencial de línea (87L), distancia de fase y de tierra (21/21N), y direccional de sobrecorriente (67N). Uno de los dispositivos, modelo 311L-0, actúa a través de los contactos de salida, con funciones programables. El otro dispositivo, modelo 311L-7, soporta la comunicación basada en IEC 61850, además de contar con contactos auxiliares.

La interconexión entre los relés y el sistema, representado por el RTDS, fue realizada, en uno de los terminales, por medio del cableado convencional. El dispositivo aplicado al sistema de protección en el otro extremo de la línea fue parametrizado de modo a poder realizar la comunicación de mensajes de eventos (GOOSE) a través de una red ethernet industrial con soporte de norma IEC 61850.

De este modo, ha sido posible evaluar el desempeño de los relés ante fallas internas y externas a la línea. La Figura 5 corresponde a la respuesta del sistema ante una falla interna, en la línea de 500 kV que unen la CH Itaipu y la Subestación Foz de Iguazú. Pueden verse la gran variedad de magnitudes que pueden ser monitoreadas por el equipo: corrientes de línea, tensiones de barras, frecuencias, potencias activa y reactiva, señales de control, etc. Todas estas señales pueden ser obtenidas de manera digital o analógica para su interacción con los equipos de protección o control correspondientes a ser sometidos a ensayos.

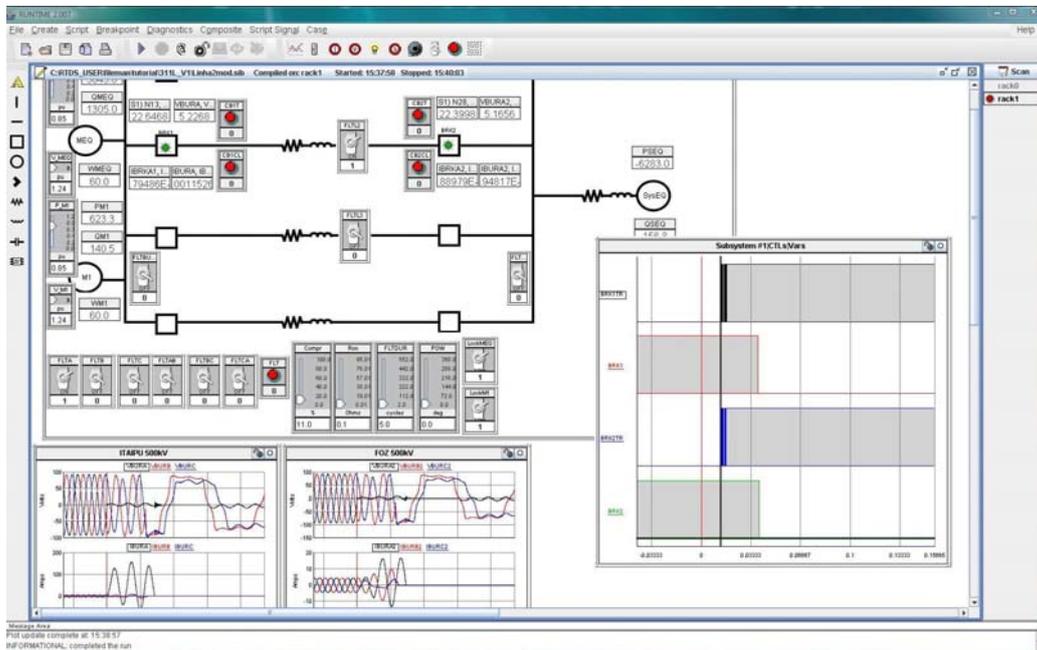


Figura 5: Actuación de relés bajo condiciones de simulación en tiempo real



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

VIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
29, 30 y 31 de Octubre de 2008

4. CONCLUSIONES

De todo lo expuesto en las secciones anteriores, queda patente el gran potencial que ofrece la Simulación en Tiempo Real, especialmente en los siguientes campos:

- Profundización de conceptos teóricos en los estudios de Sistemas Eléctricos, en virtud a la gran flexibilidad en la configuración y monitoreo ofrecida por la plataforma RTDS.
- Desarrollo de competencias relacionadas con la operación adecuada de equipos, por medio de las interfases de entrada/salida digitales y analógicas disponibles entre el simulador y el entorno.
- Posibilidad de ofrecer servicios de alta complejidad tecnológica, tales como ensayos de dispositivos inteligentes de protección, sistemas de control de lazo abierto y cerrado, que hasta la fecha sólo podían ser realizados fuera de la región.

Por todo esto, vemos que la inclusión de un Simulador en Tiempo Real (RTDS) en las instalaciones del LASSE ha constituido en un paso fundamental en la consolidación del Parque Tecnológico Itaipu.

5. REFERENCIAS

[1] “*Advanced System Simulation to Support Operator Training*”. Documento de North American Electric Reliability Corporation. 2007.

[2] “*Real Time Digital Simulation: RTDS. Power System Simulation in Real Time*”. Documento de RTDS Technologies. 2008.

[3] “*Protection for Abnormal System Conditions*”. E.O. Schweitzer, Schweitzer Engineering Laboratories Inc. 2005.

[4] Especificaciones técnicas del Simulador RTDS, proyecto C-146. Parque Tecnológico Itaipu.