



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

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

Subestación Margen Derecha, Ampliación de los Sectores 3 y 4, Construcción de los Bay para la Instalación de los Transformadores T05/R05, Tx/Rx 500/220kV.

Nestor Dario Giret Alfonso, Julio César Montanía Escobar

ITAIPU Binacional

Paraguay

RESUMEN

Este trabajo describe brevemente los aspectos relevantes del análisis y estudios previos, el proyecto básico, las obras adicionales necesarias, el movimiento de suelo, las obras civiles, el montaje electromecánico y eléctrico, las nuevas tecnologías de control y protección..

Serán presentados diagramas unifilares de potencia con la configuración de la SEMD, diagramas esquemáticos de protección y control para ambos conjuntos autotransformadores con la descripción de la funcionalidad y de las lógicas a ser implementadas.

En esta fase, la Subestación Margen Derecha, será ampliada para aumentar la capacidad de suministro de energía que entrega ITAIPU al Sistema Eléctrico del Paraguay, través de la instalación de dos nuevos conjuntos de Autotransformadores T05/R05 y Tx/Rx 500/220 kV de 375MVA cada uno. Para ello, será necesario también, la instalación de los equipos de maniobras para el patio de 500 kV y para el de 220 kV, prolongar las Barras de 500 kV y las de 220 kV, como así también, dotar de sistemas de supervisión, control y Protecciones eléctricas al conjunto T05/R05 y Tx/Rx y Bay asociados.

Para la ampliación, será necesario desmontar cerca de 6 ha de terreno y retirar un volumen aproximado de 160.000 m³ de tierra, que serán reutilizadas en parte para el terraplenado del nuevo trazado de la supercarretera y el restante para la nivelación parcial del sector de la subestación correspondiente a los futuros patios del sector del seccionamiento de las LT's de 500 kV, 50Hz L3/L11 y L4/12, Casa de Máquinas – SE Furnas.

También serán realizadas obras de drenajes, caminos internos, construcción de dos casetas para albergar a los nuevos paneles de control y protección, nueva iluminación y SS.AA, suministros y montaje de pórticos reticulados, tubos de aluminio”, sistema de combate de incendio por agua nebulizada para los transformadores, etc.

Es de destacar, que el nuevo sistema integrado de supervisión, control y protección de los nuevos transformadores y equipos asociados, serán estructurados basados en la arquitectura de los IED's (Intelligent Electronic Devices) compatibles con la norma IEC 61850. Este nuevo y moderno sistema, se implementará por primera vez en la subestación margen derecha de la ITAIPU.

PALABRAS CLAVES:

Autotransformadores T05 y TX
IED's (Intelligent Electronic Devices)
SEMD, Norma IEC 61850

1. INTRODUCCIÓN

Para aumentar la capacidad de transformación de 500/220 kV de la Subestación Margen Derecha (SEMD) y atender la creciente demanda de energía eléctrica del Sistema Eléctrico Paraguayo, será instalado un nuevo conjunto Autotransformador/Regulador denominado T05/R05 de 375 MVA y respectivos equipos de maniobra en los Sectores 3 y 4 de la referida Subestación.

Además, para aumentar la confiabilidad de transformación de 500/220 kV, será instalado otro nuevo conjunto Autotransformador/Regulador denominado Tx/Rx de 375 MVA y respectivos equipos de maniobra, también en los sectores 3 y 4. Este conjunto será utilizado como reserva caliente de los demás conjuntos de transformación (T01/R01, T02/R02, T03/R03, T04/R04 y T05/R05, de 375 MVA cada uno).

La ampliación a ser ejecutada en los sectores 3 y 4 de la SEMD, comprende un bay completo de 500 kV y otro de 220 kV, para la interconexión de 02 (dos) conjuntos Autotransformadores/Reguladores, T05/R05 y Tx/Rx. El alcance del suministro comprende: Proyecto completo y detallado, incluyendo obras civiles, obras electromecánicas, sistemas de protección y control e interconexiones entre los equipos incluidos en este suministro y los equipos existentes en la SEMD de ITAIPU, fabricación, suministro, ensayos en fabrica, ensayos de modelo, embalaje, transporte y seguro de equipos, sistemas y piezas de repuesto, obras civiles y montaje electromecánico, control de calidad, comisionamiento, entrenamiento y puesta en servicio de todos los equipos y sistemas necesarios para la perfecta operación de la ampliación de la SEMD.

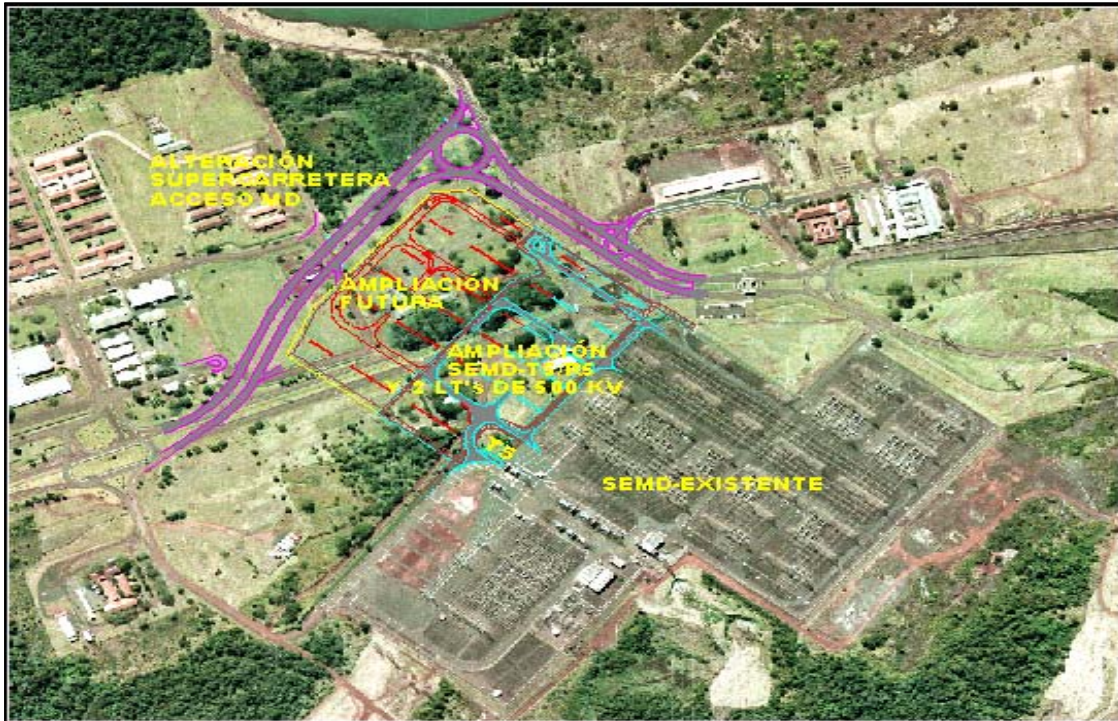


FIGURA 1 : Vista de la SE Margen Derecha de ITAIPU

Debido a la envergadura de la obra, serán necesarios realizar obras adicionales a la SEMD como ser el cambio del trazado de la supercarretera, modificación de la rotonda de acceso a la garita del Area



Industrial, demolición de las infraestructuras existente y afectadas, desmonte de árboles y restitución paisajístico posterior, etc, como se observa en la Figura 1.

2. DESARROLLO DEL PROYECTO BASICO

En el marco del proyecto básico se realizaron los estudios eléctricos necesarios, se elaboraron planos civiles, eléctricos, electromecánicos y mecánicos requeridos, que luego sirvieron de base para la elaboración de las Especificaciones Técnicas para la contratación de la obra de la Ampliación de la SEMD.

2.1 Estudios Eléctricos

Fueron realizados diversos estudios eléctricos con el objetivo de verificar valores y parámetros eléctricos en el sistema, que puedan comprometer o poner en riesgo los equipos/ instalaciones en la subestación. A continuación citamos los diversos estudios realizados [2].

- Estudios de corto circuito.
- Estudios de transitorios de energización de líneas, recierre tripolar y rechazo de carga.
- Estudio de recierre monopolar de líneas.
- Estudio de energización de autotransformadores.
- Estudio de transitorios de TRT, abertura de líneas en vacío y asimetría de las corrientes de corto circuito.
- Solicitaciones transitorias asociadas a instalaciones de bancos de capacitores en la SEMD.
- Estudio de coordinación de aislamiento de la SEMD

Una de las conclusiones mas importantes de los estudios es que en la SEMD se pueden conectar simultáneamente como máximo hasta 5 (cinco) grupos de Autotransformadores/Reguladores (1875 MVA en total). Conectando 6 (seis) grupos simultáneamente, se verifica que los valores de las corrientes de corto circuito alcanzan el limite de la soportabilidad de los equipos de la SE

2.2 Diseño del Proyecto Básico

Se elaboraron diversos diseños que forman parte del proyecto básico, aproximadamente 21 diseños eléctricos/electromecánicos/mecánicos, entre los cuales se citan: Diagramas unifilares, disposición general de equipos, conductores por fase, diseños de equipos planta y cortes, diagramas de sistema de protección, diagrama de sistema de control y supervisión, sistema anti-incendio, diagramas de excavación y terraplenado, caminos de servicio cortes y planta, drenajes superficial y profunda.

2.2.1 Diagrama Unifilar

Como resultado de diversos estudios y análisis realizados, en el área de ingeniería de ITAIPU se concluyó que el esquema mas conveniente para la conexión de los dos conjuntos Autotransformadores/Reguladores es la mostrada en la Figura 2, donde se aprecia que en el sector de 220 kV, fue sustituida la futura salida de línea de 220 kV, por la conexión del conjunto T05/R05.

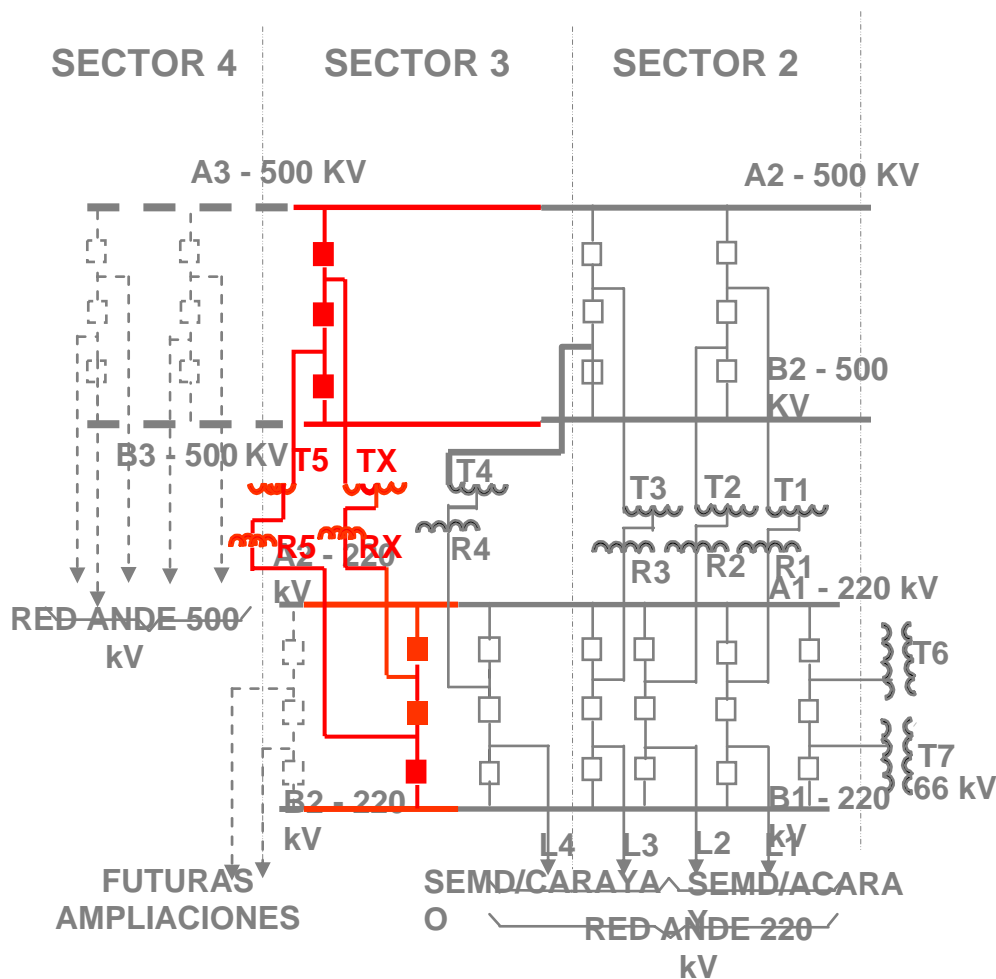


FIGURA 2: Diagrama Unifilar General de la SEMD

2.3 Especificación Técnica

Fue elaborada una especificación técnica basada en la especificación utilizada para la implantación del conjunto autotransformador/regulador del T4/R4, con las verificaciones y ajustes correspondientes obtenidas de los estudios eléctricos realizados. Se elaboró en total 19 capítulos con aproximadamente 600 páginas, siendo que las especificaciones de cada equipo de maniobra constituye un capítulo, así como del transformador y del regulador. También fueron especificados en capítulos diferentes los servicios de obras civiles, montaje electromecánico y proyecto ejecutivo y los sistemas de protección y de control.

3. SISTEMAS DE PROTECCION

Los sistemas de protección de los conjuntos autotransformadores/reguladores T05/R05 y Tx/Rx, deberán comprender cuatro sistemas completos e independientes de protección, dos tableros para la protección primaria y dos tableros para la protección alternativa. ver Figura 3.

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

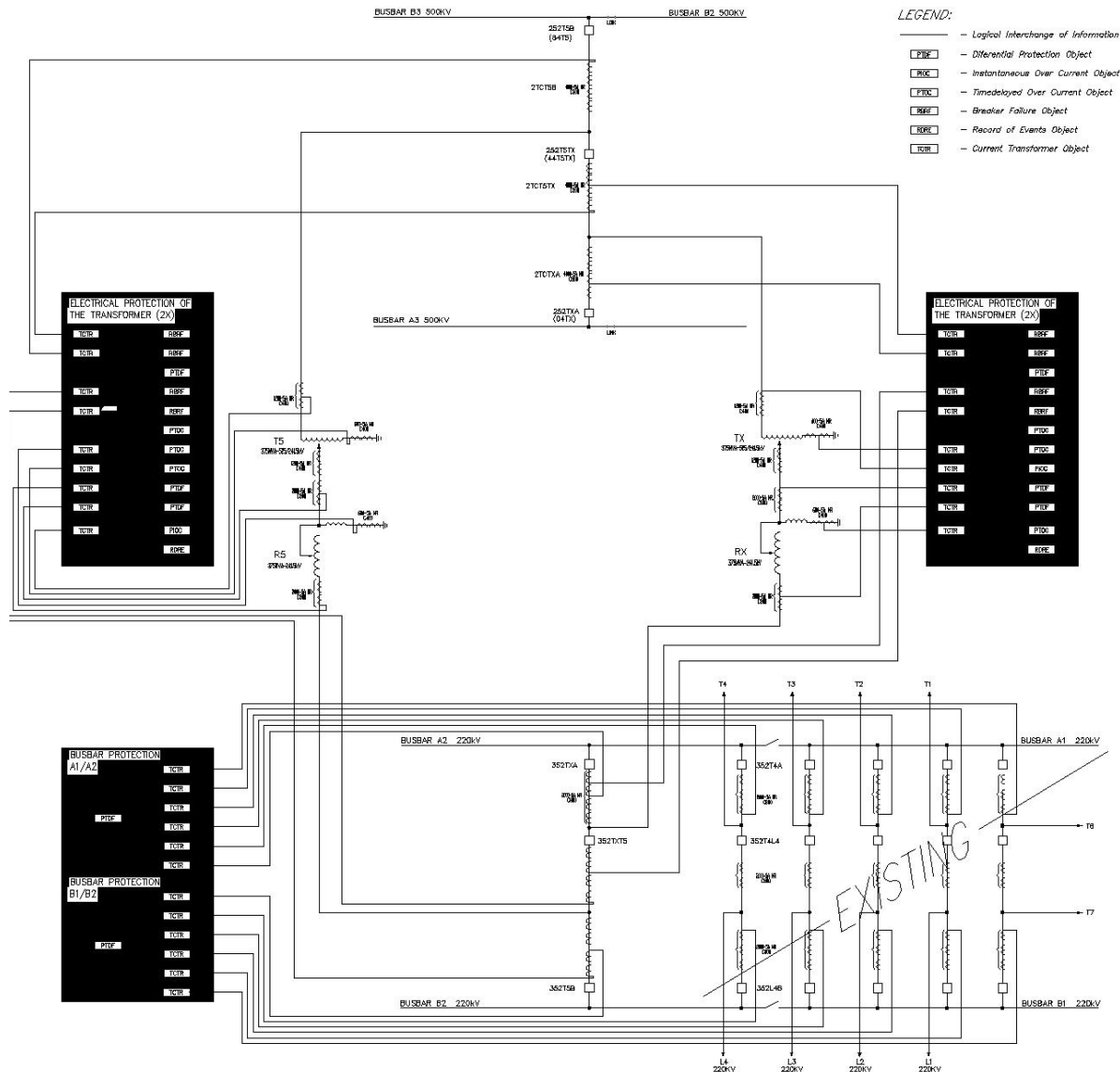


FIGURA 3: Diagrama Simplificado de los Sistemas de Protección

- El Panel de la Protección Primaria del T05/R05 y Tx/Rx, contendrá los IEDs de protección con las siguientes funciones de protección [4]:

Para los Autotransformadores T05 y TX:

- | | |
|---|------------------------|
| Protección diferencial | 87TP-P (PTDF) |
| Protección contra sobrecorriente de fase | 50/51 OL-P (PIOC/PTOC) |
| Protección contra sobrecorriente del neutro | 51NT-P (PTOC) |

Para los Reguladores de Tensión R05 y RX:

- | | |
|------------------------|---------------|
| Protección diferencial | 87VR-P (PTDF) |
|------------------------|---------------|

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

Protección contra sobrecorriente del neutro 51NVR-P (PTOC)

Para el Vano, 500 kV-Trafo- 220 kV.

Protección diferencial 87TA-P (PTDF)

Protección contra sobrecorriente residual 51RT-P (PTOC)

Protección contra Falla de Interruptor, 50/62BF-P(RBRF): para 03 interruptores de 500 kV y para 03 interruptores de 220 kV

- El Panel de Protección Alternativa (2 paneles) del T05/R05 y Tx/Rx, deberá contener los IEDs de protección con las mismas funciones de protección listadas en el ítem 3.1, o sea, será la protección de respaldo.
- Panel de Protección de las barras A1/A2 y B1/B2 de 220 kV conteniendo: los IEDs de protección con las siguientes funciones de protección:

Para la barra A1/A2 de 220 kV

Protección diferencial 87A1/A2 (PTDF)

Para la barra B2 de 220 kV

Protección diferencial 87B1/B2 (PTDF)

- El Panel de los relés de bloqueo (86) deberá contener por lo menos 8 (ocho) relés de bloqueo para las protecciones primarias, protecciones alternativas, protecciones de barras y protecciones contra fallas de interruptores.

4. SISTEMAS DE CONTROL Y SUPERVISION

El objetivo del Sistema local de Supervisión, Control y Protección asociado con los nuevos auto-transformadores es el de proveer los medios, en el nivel inmediato de control, para el control y la supervisión de los vanos asociados con el nuevo transformador de una manera integrada con la protección del transformador citado [1].

El sistema de control del vano de los transformadores también debe ser capaz de proveer información al Sistema de Control Computadorizado existente de la SEMD (SCC) y de recibir de parte del mismo los comandos asociados con referencia al vano. Desde el punto de vista jerárquico el SCC debe ser considerado como un sistema de control de nivel jerárquico más elevado que el sistema de control local del vano de los transformadores.

Es necesario poner énfasis en que el sistema integrado de supervisión, control y protección de los nuevos transformadores y equipos asociados, a ser proveídos, será implementado a través de Dispositivos Electrónicos Inteligentes (IEDs) que son totalmente compatibles con la norma IEC 61850. Esto significa que el sistema referido deberá implementar todos los servicios, modelos de objetos, interfaces de comunicación, etc., conforme definidos en la norma citada, en el cual la integración de las protecciones, el control y la supervisión de los equipos serán implementados a través de arquitectura compatible con la norma IEC 61850.

4.1 Arquitectura del Sistema

La arquitectura del sistema local integrado de supervisión, control y protección de los componentes eléctricos asociados con los nuevos auto-transformadores se basa sobre una topología estructurada en tres niveles: el nivel de la estación, el nivel del vano y el nivel del proceso. El nivel de la estación será integrado en un formato parcial, con un interface hombre-máquina simplificado y proveído con el equipo de comunicaciones que permita la conexión de este sistema con el Sistema de Control Computarizado de la SEMD [3].

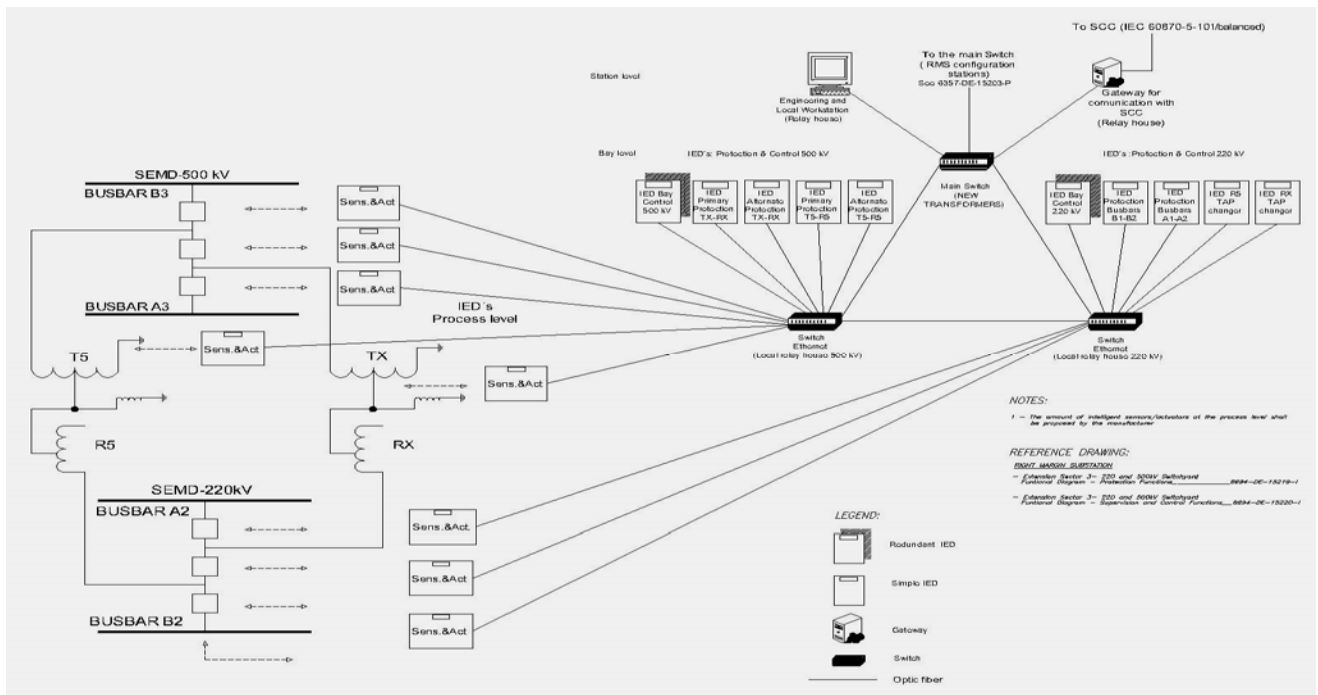


FIGURA 4: Arquitectura del Sistema local de Supervisión, Control y Protección

El nivel del vano será el nivel intermedio y comprenderá 2 (dos) segmentos, de los cuales uno se refiere al patio de maniobra 500 kV y el otro al patio de maniobras de 220 kV.

El nivel de proceso estará vinculado con sensores y accionadores inteligentes asociados con el equipo primario e interconectado en la red IEC 61850. La asignación de los nodos lógicos al nivel de los IEDs de los vanos es de responsabilidad del fabricante.

La topología red de acceso local - LAN será del tipo mixto (en parte anillo óptico y en parte estrella óptica), estructurada sobre la base de los interruptores Ethernet. La red de acceso local LAN utilizará fibras ópticas para interconectar los diferentes IEDs. La arquitectura deberá tolerar la falla simple con una elevada disponibilidad. Alternativamente, la topología adoptada puede ser del tipo del anillo óptico, con 2 (dos) anillos separados independientes; es decir, 1 (un) anillo para el sector 500 kV y el otro para el sector de 220 kV. En la Figura 4, se muestra una arquitectura referencial propuesta por Itaipu [3].

5. EJECUCION DE LA OBRA

5.1 Primera Etapa

Los conjuntos Autotransformadores/Reguladores T05/R05 y Tx/Rx serán proveídos y montados en 2 (dos) etapas.

La primera etapa corresponde a la implantación del Tx/Rx, cuyo conjunto Transformador y Regulador esta siendo adquirido en forma adelantada a través de otro contrato y se prevé su entrega y montaje para fines de Diciembre. En esta etapa será necesario ejecutar las tareas siguiendo una determinada orden de prioridades con el objetivo de energizar y colocar el conjunto Tx/Rx en servicio.

El plazo establecido para la puesta en servicio del conjunto Tx/Rx es de 18 (dieciocho) meses, contados desde la fecha de la firma del correspondiente Contrato y se requerirán obras adicionales a la SEMD como ser el cambio del trazado de la supercarretera y la demolición de las infraestructuras existente en el área afectada (ver Figura 1).

En la SEMD serán ejecutadas las siguientes obras:

- Excavación, movimiento de tierra, nivelación para un bay 500 kV
- Las obras civiles que sean necesarias.
- Las obras electromecánicas que sean necesarias
- Instalación de 06 (seis) pórticos de 500 kV y 03 (tres) pórticos de 220 kV
- Construcción de la caseta local de relés 3CRL-4 y 3CRL-3
- Prolongación de las barras (en tubos de aluminio de 10 y 5") de 500 y 220 kV
- Instalación de 01 (un) interruptor trifásico 500 kV
- Instalación de 03 (tres) seccionadoras 500 kV
- Instalación de 03 (tres) transformadores de corriente 500 kV
- Instalación de 01 (un) interruptor trifásico 220 kV
- Instalación de 03 (tres) seccionadoras trifásicas 220 kV
- Instalación de 03 (tres) transformadores de corriente 220 kV
- Instalación de barras aéreas flexibles y de conexión entre equipos de los bay, con conductores en aleación de aluminio 4.000kcmil
- Instalación del sistema de combate a incendio del conjunto transformador Tx/Rx
- Instalación del sistema de protección del conjunto transformador Tx/Rx con su correspondiente ajuste y fijación de parámetros
- Instalación del nuevo sistema de protección de la barras de 500 kV, con su correspondiente ajuste y fijación de parámetros
- Instalación del nuevo sistema de protección de las barras 220 kV, con su correspondiente ajuste y fijación de parámetros
- Instalación del sistema de control y supervisión del bay de 500 y de 220 kV

Se deberán ejecutar todas las tareas correspondientes a la puesta en servicio y perfecto funcionamiento del conjunto transformador Tx/Rx el cual, durante esta primera etapa, solo estará conectado a la barra "A2" 500 kV y a la barra "A2" 220 kV.

5.2 Segunda Etapa

Las tareas correspondientes a la ampliación de los sectores 3 y 4 para la conclusión del esquema de interruptor y medio de los bays de 500 y 220 kV, serán ejecutadas en paralelo y/o a continuación, de



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

aquellas correspondientes a la primera etapa, de una manera coordinada y cumpliendo con el plazo programado de 18 meses para la puesta en servicio del conjunto transformador Tx/Rx.

Esta segunda etapa comprende la construcción de todas las obras civiles y electromecánicas, faltantes, la instalación del conjunto transformador y regulador T05/R05 así como de los equipos y materiales asociados, incluyendo los sistemas de supervisión, control y protección, etc., que sean necesarios para completar el esquema de interruptor y medio en los patios de 500 y 220 kV.

El plazo programado para concluir las obras de la segunda etapa y la subsiguiente puesta en servicio del conjunto T05/R05 es de 28 (veintiocho) meses, contados a partir de la fecha de la firma del Contrato.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Especificación Técnica de ITAIPU SPC.001/06 –6694-20-15200-I Right Margin Substation Extension of Sector 3 and 4- 220 and 500 kV Switchyard T5/R5 and Tx/Rx.
- [2] Estudios Eléctricos realizado por la Marte Ingeniería – Ampliación de la Subestación de la Margen Derecha 500/220 kV, No 6450-10-C9673-P.
- [3] Diseño de ITAIPU No 6694-DE-15218-I – Extension sector 3 and 4 – 220/500 kV switchyard Integrated System of Supervision, Control and Protection of Bays Associated to the Transformers, Referential Architecture.
- [4] Diseño de ITAIPU No 6694-DE-15214-I – Extension sector 3 and 4 – 220/500 kV switchyard T5/R5 and Tx/Rx, Simplified One Line Diagram Protection Systems Main Functions