



VII/CE-A1-08

PROTECCION DE LAS NUEVAS UNIDADES GENERADORAS 9A Y 18A, DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE LA ITAIPU BINACIONAL

Júlio Cesar Montania E.
ITAIPU Binacional

José Luiz Pereira dos Santos
ITAIPU Binacional/UNIOESTE

José Chiaradia S.
ITAIPU Binacional

Paraguay / Brasil

RESUMEN

La protección eléctrica de las nuevas unidades generadoras 9A/18A, de la Itaipu Binacional, fue concebida tomando como base los sistemas de protección de las unidades generadoras existentes. La definición de las funciones de protección a ser utilizadas, así como los alcances de las zonas protegidas, fue basado en las protecciones de las unidades existentes.

Los relés de protección de las unidades generadoras existentes son estáticos, en la época del proyecto fueron utilizados basicamente un relé por cada función de protección, no disponiéndose de unidades de protección con 100% de respaldo. Actualmente con la nueva filosofía de los relés digitales (IEDs) el sistema de protección eléctrica de las nuevas unidades generadoras cuenta con el 100% de sus funciones de protección duplicadas, o sea, con un hardware es realizada la protección principal y con otro hardware es realizada la protección de respaldo.

Los IEDs de protección de las unidades generadoras 9A/18A, son digitales (numéricas), el hardware es de estructura modular, donde todas las funciones de protección así como las funciones lógicas adicionales se encuentran disponibles en la biblioteca de funciones de cada IED.

PALABRAS-CLAVES

TCs- Transformadores de corriente

TPs- Transformadores de potencial

IEDs- (*Intelligent equipment devices*) - Dispositivos electrónicos inteligentes.

1.0 - DEFINICION DEL ESQUEMA DE PROTECCION.

En Itaipu el sistema de protección eléctrica del generador abarca el grupo generador, transformador elevador y el bay de salida para la subestación aislada a gas SF₆, donde los transformadores de corriente y de potencial deben ser instalados en lugares específicos para obtener las mediciones en el sistema y utilizar dichas informaciones para realizar la protección eléctrica del mismo, en el diagrama unifilar simplificado se muestra las conexiones del IED con el grupo de TCs y TPs, ver figura 1.

En base al diagrama unifilar de protección de las unidades generadoras existentes fue elaborado el diagrama unifilar de protección de las nuevas unidades generadoras, donde la diferencia fundamental consiste en la duplicación total de las funciones de protección, así como de los dispositivos primarios (TCs y TPs). Fueron utilizados dos sistemas de protección totalmente redundantes, uno para la protección principal y otro para la protección alternativa, siendo que cualquiera de ellos puede trabajar independientemente una de la otra.

Se elaboró un diagrama matricial de disparo que fue utilizado como la referencia principal para direccionar las actuaciones de las distintas funciones de protección sobre los diferentes relés de parada, inclusive los de bloqueo. En total se tienen 09 (nueve) relés de bloqueo que comandan la parada de la unidad generadora bajo diferentes condiciones de operación.

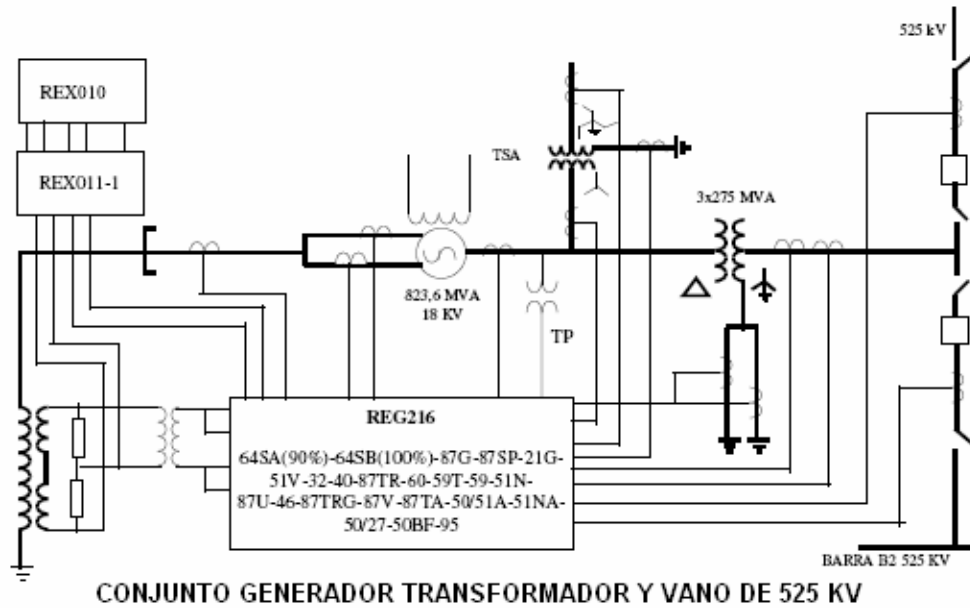


FIGURA 1 – DIAGRAMA UNIFILAR SIMPLIFICADO .

2.0 – CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE PROTECCION.

2.1 Descripción del Hardware

El sistema de protección está formado, en la parte primaria del circuito eléctrico, por los transformadores de corriente y potencial que transforman a valores adecuados las corrientes y tensiones del sistema y envían dicha información para los acondicionadores de señales del IED. En el IED la información analógica es transmitida para la parte electrónica donde es realizada la conversión, filtrado, procesamiento, composición de funciones lógicas, etc, de donde es transmitida para las salidas binarias y para los relés auxiliares de disparo.

El IED de protección utilizado en Itaipu consiste básicamente de un conjunto de placas electrónicas con 24 entradas analógicas, 32 entradas binarias, 32 salidas binarias y 16 salidas de disparos, configurables. Ver figura 2.

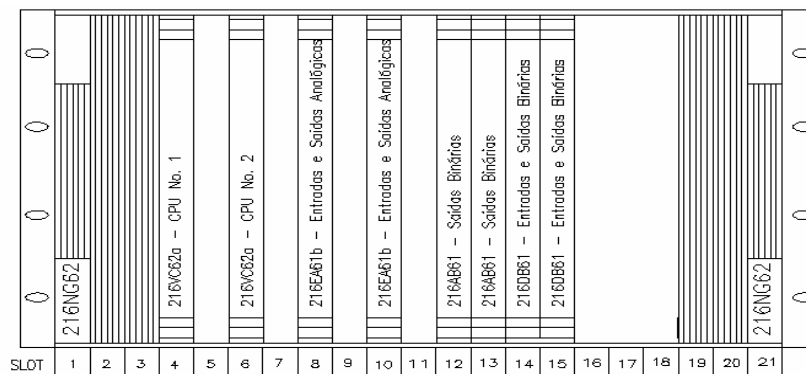


FIGURA 2 – VISTA FRONTAL DEL IED DE PROTECCION.

Con respecto a la arquitectura de comunicación de los IEDs con el sistema de control y supervisión, la misma se realizó a través de contactos. Para la sincronización de tiempo de los IEDs se utilizó GPS, cuya señal llega a un PC y posteriormente es enviada al IED. Se creó una estación de parametrización y oscilografía de la protección, a través de un PC en el cual se instaló un programa que realiza un monitoreo constante de los IEDs, realizando el sincronismo de los mismos, así como la descarga automática de la oscilografía y eventos, ver figura 3.

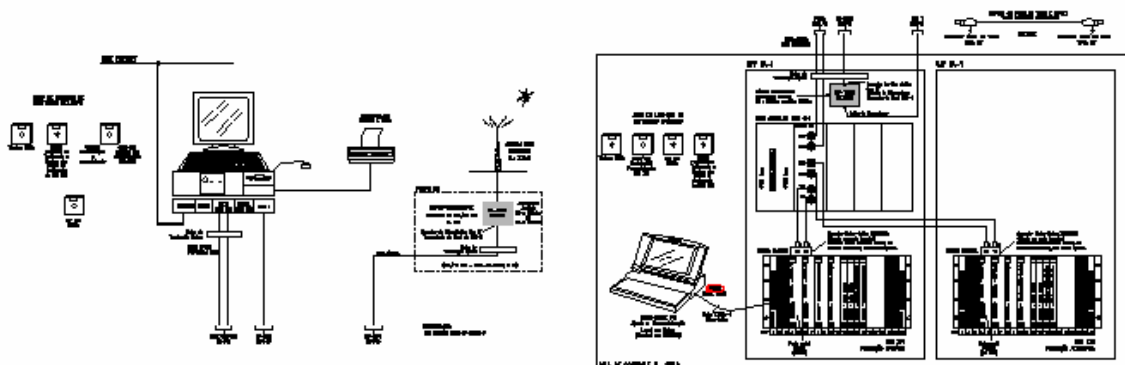


FIGURA 3 – ARQUITECTURA DE LA PROTECCION

2.2 Configuración del IED

Una vez instalado el software de configuración del IED en un PC y después de tener definido el proyecto del sistema de protección se puede iniciar la configuración del mismo, que básicamente consiste en informar al IED de sus conexiones primarias en las entradas analógicas. Se debe informar los valores nominales de TCs y TPs, así como sus relaciones de transformación, fases conectadas, se definen las entradas binarias y las salidas de señales, etc., ver figura 4.

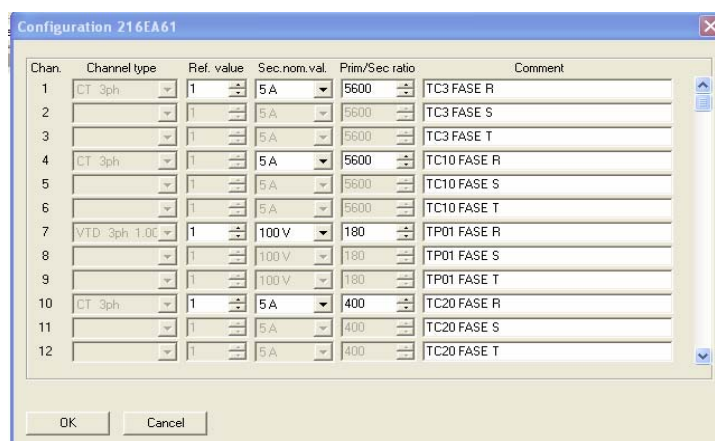


FIGURA 4 – CONFIGURACION DEL IED DE PROTECCION.

2.3 Biblioteca de las Funciones de Protección.

El IED es suministrado con una biblioteca de diversas funciones que ofrecen una protección eléctrica completa para generadores y transformadores de potencia. Para acceder a la biblioteca es necesario

instalar el software específico del IED, a través del cual se realiza la parametrización del sistema de protección (Set File) y posteriormente se descarga en el IED con un computador portátil (*notebook*).

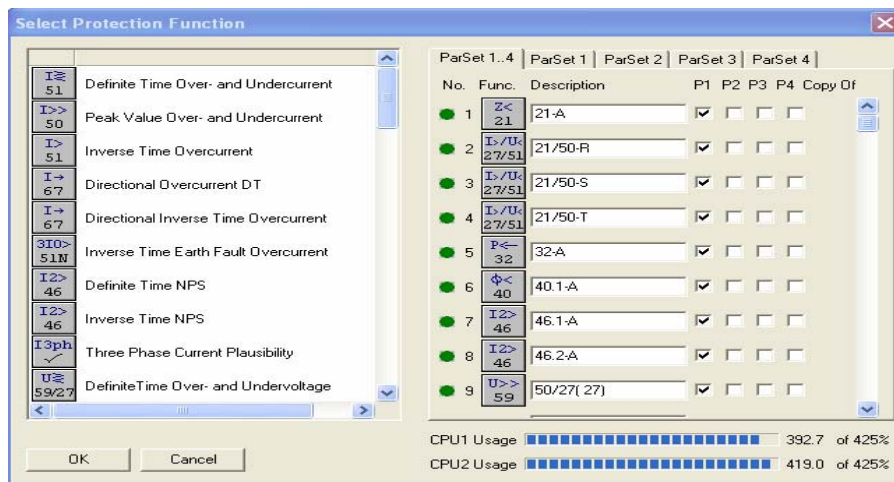


FIGURA 5 – BIBLIOTECA DE FUNCIONES DEL IED.

El software del IED controla la secuencia de operación de las funciones de protección en forma totalmente independiente en cada uno de los mismos.

La cantidad de funciones de protección que pueden ser activadas en el IED está limitada por la capacidad de procesamiento del CPU del IED, siendo que la cantidad máxima es de 48. Durante el ajuste del IED se determina cuáles funciones serán habilitadas, donde la misma función de protección puede ser utilizada varias veces. En Itaipu se utilizó aproximadamente 30 funciones de protección, siendo que la función diferencial de protección de transformador fue utilizada 3 (tres) veces.

En la biblioteca del IED además de las funciones clásicas de protección, también se disponen de otras lógicas adicionales como temporizadores e integradores, contadores, funciones de control (FUPLA), funciones de medición y de oscilografía y funciones de chequeo de sincronismo (figura 5).

2.4 Ajuste de las Funciones de Protección

Una vez seleccionadas las funciones de protección de la biblioteca, entonces se entra en otra pantalla donde se debe realizar el ajuste de la mismas, función por función. Para el efecto se utiliza otro documento de proyecto que normalmente se denomina “Orden de Ajuste”.

Dicho documento básicamente es una memoria de cálculo, donde se establecen los valores de corrientes, tensiones, temporizaciones, etc, que deberán ser utilizados en el relé para su actuación y/o inhibición, donde los cálculos se realizan para cada función de protección a ser utilizada. En el software del relé simplemente se completa los valores solicitados para cada función de protección de acuerdo a lo calculado en la Orden de Ajuste. Posteriormente se puede visualizar en el gráfico las curvas resultantes del ajuste realizado. En la figura 6, se muestra la curva de ajuste para la función de protección diferencial de un transformador.

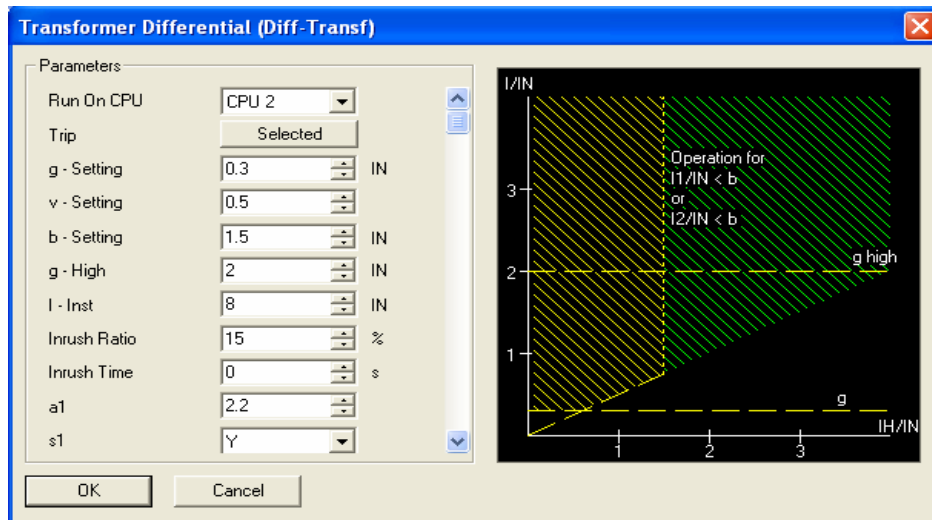


FIGURA 6 – AJUSTE DE LA CURVA DE LA FUNCION 87 DE TRANSFORMADOR.

2.5.- Lógicas Adicionales

Para el sistema de protección de las unidades generadoras de Itaipu se utilizaron diversas lógicas adicionales en el IED, para el cual se utilizaron básicamente el software propio del IED, así como otro software complementario, el Fupla. Fueron necesarios lógicas adicionales para los siguientes:

- Función de protección 40, pérdida de excitación, para implementar el criterio del rotor.
- Función de protección 64, para inhibir la inyección de tensión subarmónica entre 0 y 90 % de la velocidad nominal del generador, buscando evitar la interferencia con el regulador electrónico de velocidad.
- Función de protección 50/62BF, que incluye el monitoreo de corriente del interruptor y la actuación de las protecciones.
- Para la transferencia automática de la unidad de inyección de tensión REX010.

3.0 – INSTALACION, PARAMETRIZACION Y COMISIONAMIENTO.

Durante el proyecto fueron definidas las funciones de protección a ser utilizadas para el conjunto generador/transformador, fueron realizados los cálculos de la orden de ajuste, con los cuales fue preparado el Set File de los IEDs. Una vez que los archivos (Set File) de los IEDs estaban completos y actualizados fueron descargados en los IEDs, iniciándose los ensayos para la verificación de los ajustes. Para realizar los ensayos se procedió de acuerdo al documento preparado para el efecto (PIT -- Plan de Inspección y Ensayos), que detalla todos los procedimientos a seguir durante los mismos. Con el auxilio de equipo de ensayos de relés, un computador laptop y otros equipos, fueron realizados los ensayos en los IEDs.

Primeramente se realizó los ensayos típicos en los paneles de protección de acuerdo a las normas correspondientes como ser: Ensayos de continuidad, rigidez dieléctrica, de impulso, de surto, de energización y funcionales.

En el documento de ensayo (PIT), se establece la secuencia a seguir para cada función de protección. Primero se verifica los valores de acuerdo a una tabla de ajustes y programación, posteriormente se aplica los valores de disparo, donde en el PIT se indican las corrientes, tensiones, ángulos de disparo y

las impedancias a ser aplicadas durante el ensayo en el IED, luego se mide los tiempos de operación, indicándose los tiempos esperados, anotándose los valores encontrados para posterior análisis.

Finalmente se prepara un documento denominado planilla de comisionamiento, donde se registra todo lo realizado durante la puesta en servicio del sistema de protección, así como los ensayos, equipos utilizados, valores encontrados, discrepancias encontradas, etc

4.0 - PRINCIPALES PROBLEMAS DETECTADOS

Durante el comisionamiento del sistema de protección de las unidades generadoras 9A/18A, fueron realizados diversos ajustes en el sistema de protección, debido a problemas que no fueron detectados durante los ensayos de aceptación en fábrica. Los más resaltantes se citan a continuación presentándose también las soluciones dadas para cada caso.

- Actuaciones incorrectas de las funciones de protección 87V y 50 BF durante un corto circuito en la GIS. La misma ocurrió debido a que los circuitos de conexión de TCs con el IED, previstos inicialmente en el proyecto y consolidados con estudios de modelos en el programa ATP, finalmente en una situación real dio como resultado actuaciones indebidas. Fue necesario cambiar el circuito modificando el proyecto original, separando el conexionado de los TCs, de acuerdo a las funciones de protección.

- Función de protección 40 (pérdida de excitación). Inicialmente fue previsto utilizar una sola función de protección 40 del IED, lo cual no estaba atendiendo los requisitos especificados por Itaipu. En la etapa de comisionamiento fue complementada esta protección, donde la función de protección de pérdida de excitación pasó a ser formada por la intersección de dos funciones de protección 40 (lente). La función de subexcitación también pasó a ser compuesta por la unión de los dos círculos (función tomate) con la temporización inherente.

- Funcionamiento del relé. Durante los ensayos fue detectado que, con el aumento de la carga del CPU del IED, el valor del Loop Time también aumentaba, siendo que en un momento dado el IED dejó de funcionar. Se descubrió que para el funcionamiento correcto de la protección 64, falla a tierra del estator, el valor del Loop Time debería ser menor a 24 mseg y para cualquier otra función de protección debe ser menor que 40 mseg.

- En varias oportunidades se presentó congelamiento de la pantalla del notebook por problemas en la comunicación con el IED. El fabricante recomendó que el notebook sea conectado siempre al CPU 1. Se aclara que la rutina de comunicación del IED con el PC son realizados por un procesador independiente del procesador principal donde son procesados los algoritmos de las funciones de protección, razón por la cual el congelamiento de la pantalla del PC, no afecta al funcionamiento del IED.

- Itaipu solicitó que fuera duplicada la unidad de inyección de tensión subarmónica REX010/REX011, de tal manera que cuando se presente una falla en una de ellas, entonces automáticamente se debe conmutar para la otra unidad de inyección de tensión. Para el efecto fueron utilizados relés biestables que conmutan automáticamente con la falla de una de las unidades de inyección de tensión REX010. No fue duplicado la unidad REX011 (transformador).

- En caso de rechazo de carga la frecuencia sube a 70 Hz. En esta situación en caso de falla en el transformador principal las funciones 87U y 87TR interpretan que hay componentes de 2^{do} armónico y bloquean la operación de las funciones citadas por el tiempo ajustado (1s). La solución adoptada fue bloquear la función de detección de Inrush.

5.0 - CONCLUSIONES

El proceso de implantación del sistema de protección de las nuevas unidades generadoras de Itaipu fue muy prolongado, debido a esto el tiempo entre los ensayos de aceptación en fábrica y el comisionamiento fue muy largo, dando como resultado que la mayoría de los problemas detectados en la fábrica perdieron su importancia. Durante el proceso de comisionamiento y puesta en marcha se solucionaron casi todos los problemas del sistema de protección, desde los más sencillos hasta los más

complicados. En varios casos, ajustes y lógicas sencillas, que aparentemente no presentaban problemas, en el momento del ensayo no funcionaban o simplemente no se obtenía el resultado esperado, razón por la cual fue muy importante la verificación uno a uno de la actuación de las funciones de protección, así como de las lógicas implementadas en el IED.

Los IEDs mejoraron significativamente la protección de las nuevas unidades generadoras - comparadas a las existentes - redujeron los costos operacionales, de mantenimiento y el tiempo de indisponibilidad porque gran parte de las informaciones disponibles, debido a la flexibilidad operacional de los IEDs, están accesibles en la estación de configuración.

La capacidad de auto-supervisión de los IEDs hizo que los ensayos de rutina en relés sean menos importantes y menos necesarios. Los presupuestos para el mantenimiento fueron correspondientemente reducidos. Los tiempos de ingeniería fue mejor utilizado cuando se pasó a analizar las informaciones de relatorios de eventos para agilizar la identificación de la causa central de los problemas del sistema de que intentando juntar las informaciones proporcionadas por los señalizadores de los relés de protección de las unidades generadoras existentes.

Otros beneficios fueron observados con la utilización de IEDs, como ser:

- Costos reducidos de instalación (reducción y simplificación del cableado por el uso de lógicas programables).
- Flexibilidad de aplicación.
- Funciones de control y monitoreo mejoradas (las funciones de medición redujeron o eliminaron la necesidad de medidores y transductores en el panel).

6.0 – BIBLIOGRAFÍA

[1] Manual, Numerical Generator Protection, Numerical Control Unit REG 216, REC 216, de la ABB.

[2] Paneles de protección primaria y alternativa GPP y GAP, diagramas unifilares y funcionales . 6223-DF-B3007 y 6223-DF-B3010.

[3] Paneles de protección primaria y alternativa GPP y GAP, diagramas trifilares . 6223-DF-B3021 y 6223-DF-B3022.

[4] Memoria de calculo de ajustes del sistema de protección de las unidades generadoras 9A –6223-10-B3002.

[5] Schweitzer III, E. O. y otros – Una Nueva Abordaje de la Protección y Distribución. II Simposio Internacional sobre Automatización de la Distribución y Gerenciamiento del Lado de la Demanda, Fort Laudardale, Florida, 13-15 de enero, 1992.