

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE REGISTRADORES AUTOMÁTICOS DE PERTURBACIONES EN EL SISTEMA NACIONAL DE TRANSMISION

Kléber Vásquez
TRANSELECTRIC S.A.

RESUMEN

Un sistema de potencia está sujeto a contingencias que provocan perturbaciones en las variables eléctricas y que muchos de los disturbios pasan por desapercibidos pues son imperceptibles para determinados equipos de monitoreo y más aún para los operadores del sistema de potencia. El sistema de Registradores Automáticos de Perturbaciones (RAP), cuya descripción es el objetivo básico de este documento, por sus características y funcionalidades constituye una herramienta que permite realizar el monitoreo del sistema proporcionando información de manera rápida y automática, la cual está disponible en el Centro de Operación de Transmisión (COT). Conocer de manera detallada las características y funcionalidades de este tipo de dispositivos permite una adecuada y óptima implementación del sistema de RAP en el Sistema Nacional de Transmisión (SNT). Las distintas funcionalidades de los RAP y la información suministrada hacen posible tener una serie de aplicaciones en varias áreas de la operación de sistemas de potencia como son: el análisis de fallas en el sistema, validación de modelos para estudios eléctricos, verificación de la actuación del sistema de protecciones e incluso puede constituirse en una herramienta de ayuda para la operación en tiempo real.

PALABRAS CLAVE: Falla, Registrador Automático de Perturbaciones (RAP), Sistema Eléctrico de Potencia (SEP), Protecciones.

1. INTRODUCCIÓN

La importancia de monitorear el desempeño de los sistemas de potencia se ha incrementado en los últimos años. La complejidad de los sistemas de potencia hace que también la evaluación de los disturbios o perturbaciones sea de mayor complejidad, por lo que, la eficiencia de los equipos de monitoreo resulta esencial para lograr mayor exactitud en el análisis y elevar confiabilidad de los sistemas eléctricos de potencia.

Un registrador automático de perturbaciones, más comúnmente conocido como registrador de fallas o registrador de eventos, es un dispositivo capaz de capturar información cuando en el SEP se ha

presentado una perturbación o falla. Un sistema de RAP está constituido por una serie de elementos, como son los equipos registradores de fallas, computadores para el almacenamiento local en la subestación, equipos de comunicaciones, equipos de monitoreo, etc. Pero sin lugar a duda, el elemento de mayor importancia constituye el registrador de fallas por lo que gran parte de este trabajo se dedica a exponer las características y funcionalidades del mismo. Entre las principales características de los equipos registradores de fallas se tienen: la sincronización, frecuencia de muestreo, la autosupervisión, activación de registros, tiempos de almacenamiento, etc., cada uno de los cuales se describen a continuación.

Sincronización de Tiempo

Varias de las aplicaciones de monitoreo están basadas en la toma de mediciones de voltajes y corriente, mismas que son utilizadas para la realización de estudios de flujos de carga, cortocircuitos, estabilidad, etc. En este tipo de actividades muchas veces es necesario realizar comparaciones de las magnitudes en distintos puntos del sistema, por lo que, contar con muestras sincronizadas en el tiempo resulta de verdadera importancia.

En la implementación de un sistema de adquisición y muestreo sincronizado, existen dos factores a tomarse en cuenta: la ubicación de las señales a ser muestreadas y la fuente de información de tiempo. La forma más común de realizar la sincronización de la información es utilizando la hora satelital referencial de un GPS (Global Positioning System) que proporciona y transmite la señal de sincronización de tiempo al sistema de adquisición de datos ubicado en cualquier parte del sistema a través de un receptor de GPS.

En el sistema RAP, la sincronización de tiempo permite tener información del tiempo real del inicio del evento, con una precisión del orden de milisegundos. La sincronización de los equipos hace posible la evaluación común de los eventos de los distintos dispositivos incluso si éstos están ubicados en distintos lugares del SEP. La sincronización de

tiempo se la realiza mediante un GPS ubicado en cada subestación y que en algunos casos es exclusiva para el sistema de RAP. El protocolo utilizado para la sincronización es el IRIG-B.

Frecuencia de Muestreo

El muestreo es el proceso de conversión de una señal continua (corriente o voltaje) a una señal discreta. La tasa de muestreo depende de la capacidad del microprocesador y del filtro análogo - digital del dispositivo. La tasa de muestreo de los dispositivos de registro está relacionada con la precisión de los datos capturados para el posterior análisis, afectando también el desempeño de los filtros análogos y digitales de los mismos.

La tasa de muestreo de los RAP debe ser lo suficientemente alta, tal que permita utilizar la información de sus registros en la verificación de los modelos del sistema. La tasa de muestreo debe ser también suficiente para permitir la captura de armónicos y condiciones transitorias que se presentan en los SEP. Es recomendable que un registrador de fallas tenga una tasa de muestreo mínima de 3 840 Hz, es decir, 64 muestras por ciclo [6].

La tasa de muestreo resulta determinante en la selección de uno u otro equipo, pues de este valor dependerá la respuesta del dispositivo y la información suministrada ante eventos de alta frecuencia en el sistema. Se recomienda que el muestreo de un fenómeno debe realizarse al menos a una tasa de muestreo del doble de la componente de mayor frecuencia.

Arranque o Activación de Registros

Los arranques o activaciones de registros de las magnitudes análogas y digitales deben utilizarse para la optimización de la información de registros de fallas, desempeño de los relés de protección y condiciones anormales en el sistema. Los ajustes de los RAP varían dependiendo del lugar donde están ubicados y deben ser revisados periódicamente, en base a la experiencia operativa y a nuevas condiciones topológicas de la red.

Es importante entender las características de operación, métodos de medición, funciones disponibles de los RAP, de tal forma que permita asegurarse que en la configuración o parametrización de los mismos se puedan capturar sólo aquellos eventos que tengan la característica de relevantes para el SEP o para el circuito que se encuentra monitoreando.

Uno de los principales procesos del registrador de fallas es determinar del valor eficaz de la onda y compararlo con el valor ajustado para accionar la orden de registro. La Figura 1 muestra el instante en que se presenta un cambio en la magnitud de una variable monitoreada. Los rectángulos que se pueden observar representan el valor eficaz calculado para esa onda de lo que se desprende el valor eficaz de cualquier variable está disponible solo un semiciclo después (El valor eficaz del semiciclo 1 está representado por el rectángulo 1).

Como se puede ver el valor final de la onda se presenta recién en el semiciclo 3 y el valor eficaz final está representado por el rectángulo 3, esto significa que un cambio en una variable puede ser detectado hasta con un ciclo de retardo. El retardo producido por el método de cálculo empleado no produce pérdida de información, pues por lo general, el tiempo de registro de prefalla es mucho mayor.

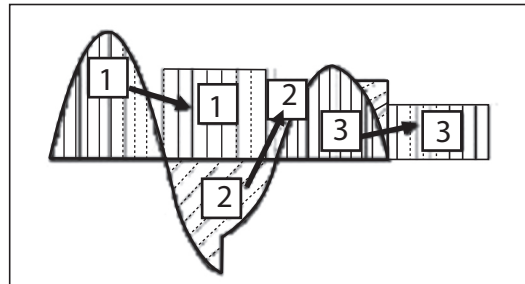


FIGURA 1: Determinación del Valor Eficaz

Tiempos de Almacenamiento

El tiempo de almacenamiento de un registro resulta de extrema importancia, pues éste debe ser suficiente para que pueda registrar todo el evento, pero al mismo tiempo éste no debe ser tan grande, pues dificulta el manejo de la información debido al tamaño de los archivos y aceleraría el llenado de la memoria de los distintos componentes del sistema.

El tamaño de los registros en los RAP puede ser ajustado en cada uno de sus módulos y de acuerdo a las necesidades de la aplicación y análisis. Los tiempos de almacenamiento a ajustarse son:

Tiempo Prefalla: Corresponde al tiempo de historia antes de producirse el evento, es decir, es el período de estado estable previo a la perturbación. Para el caso fallas este período debe ser de al menos 150 milisegundos.

Tiempo Post-Falla Mínimo/Máximo: Es el tiempo que se registrará una vez producido el evento.

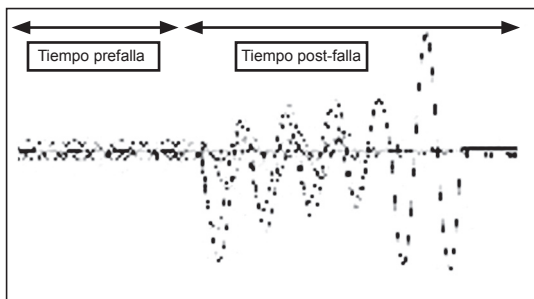


FIGURA 2: Tiempo Prefalla y Post-Falla

La diferenciación de tiempo entre post-falla mínimo y máximo se la hace para evitar que existan eventos con tiempos de almacenamiento grandes y con información no relevante. El tiempo post-falla mínimo sirve en eventos de muy corta duración donde la variable monitoreada ha salido de la banda normal de operación por un tiempo inferior al tiempo post-falla mínimo, volviendo nuevamente a su estado normal.

El tiempo post-falla máximo es utilizado para el caso en el que la variable monitoreada sale de la banda de operación normal, alcanza un nuevo punto de equilibrio y permanece fuera de esta banda por tiempos superiores al tiempo máximo ajustado. De no existir este ajuste los registros tendrían tamaños demasiado grandes no manejables.

Control de la Memoria Disponible

Todas las funcionalidades de los RAP almacenan información, misma que ocupa un espacio en la memoria de los equipos. El espacio de memoria reservado para cada una de las funcionalidades es independiente y parametrizable, de esta forma se garantiza que siempre exista espacio en la memoria para un nuevo registro en cualquiera de los módulos del registrador. A medida que se presentan los eventos se incrementa el espacio ocupado por los mismos en la memoria de los dispositivos.

La memoria cíclica del sistema de RAP, consiste en el proceso de borrado automático de información almacenada cuando ésta supera el 90% del espacio asignado para ese módulo. Se realiza la eliminación de un número determinado de los eventos más antiguos para que exista siempre espacio para el registro de nuevos eventos.

Formas de Operación de los RAP

Las formas de operación de los RAP son: normal, bloqueo y prueba. En modo normal el dispositivo puede realizar todas las funcionalidades disponibles. En modo bloqueo se encuentran deshabilitados los

registradores análogo y de potencia - frecuencia, esto puede ser útil cuando se realizan trabajos de mantenimiento en las instalaciones; y por lo tanto, cualquier evento que se produzca es debido al trabajo y no al sistema. En modo prueba todas las funcionalidades están activas pero los eventos registrados presentan como causa del registro la palabra "Prueba", esta forma de operación es útil cuando se realiza la puesta en servicio.

Opciones de Comunicación

En cuanto a las comunicaciones los RAP disponen de una serie de alternativas para la comunicación e implementación de una red de gestión de registradores de falla. Se pueden conectar directamente a través de puertos seriales disponibles tanto en la parte frontal como posterior de los dispositivos, haciendo posible el monitoreo, la parametrización y la descarga de la información de forma local. Otra de las alternativas es la conformación de una red LAN y a través de un PC concentrador se puede mantener una comunicación remota. Existe también la posibilidad de realizarse la comunicación por vía telefónica.

Cuando existen varios registradores estos deben ser integrados en una red independiente que permita la comunicación de los distintos elementos, de tal forma que cuando exista una orden de activación de arranque de un registrador hacia el resto de equipos asociados a la red, ésta debe ser transmitida inmediatamente y con el menor retardo posible. La falta de una red independiente podría causar que la comunicación se vea interferida por otras actividades de menor relevancia.

2. FUNCIONES DISPONIBLES EN LOS REGISTRADORES AUTOMÁTICOS DE PERTURBACIONES

En la actualidad se disponen de dispositivos para el registro de eventos que traen incorporadas varios módulos con funciones que antes se las conseguía sólo por separado, eventos como transitorios, fallas, oscilaciones de potencia, etc., no podían ser capturadas por un sólo equipo. Los RAP instalados en el SNT cuentan con varios módulos que permiten monitorear distintos parámetros del SEP y entre las principales funcionalidades se tienen:

- Módulo registrador Voltaje/Corriente.
- Módulo registrador Potencia/Frecuencia.
- Módulo registrador Binario.
- Módulo registrador de Calidad de la Energía y Valores Medios.

Registrador Voltaje/Corriente

El registrador de señales análogas de voltaje y corriente realiza la captura de eventos de falla o perturbaciones de las señales de corriente y voltaje. Este tipo de eventos es registrado con una alta tasa de muestreo correspondiente a 256 muestras por ciclo, es decir, a una frecuencia de 15 360 Hz. El valor eficaz de la onda es determinado por las 128 muestras correspondientes a un semiciclo (Figura 1) utilizando la expresión (1).

$$X_{EF} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_1^n x_v^2} \quad (1)$$

Donde:

X_{EF} : Es el valor eficaz de voltaje o corriente.

x_v : Son los valores de voltaje o corriente en el instante que se toma la muestra.

Dado que, para la determinación del valor eficaz de la señal, se requiere tener la historia de los valores de al menos el semiciclo anterior, el arranque de un registro se producirá al menos un medio ciclo más tarde (aproximadamente 8,3 ms). Cuando se desea arrancar registros por variaciones bruscas de las señales monitoreadas (dM/dt), éstas se detectan al menos un ciclo más tarde (16,6 ms). Para evitar la pérdida de información debido al retraso en el cálculo del valor eficaz se debe establecer un valor prefalla mayor. Los tiempos de almacenamiento del registrador análogo están en el orden de centenas de milisegundos.

Registrador Potencia - Frecuencia

La frecuencia en un sistema eléctrico debe permanecer constante por efectos de la regulación primaria, pues la potencia suministrada por los generadores se adapta a la demanda. En un sistema interconectado cada participante debe tomar parte en este proceso de regulación para lograr que el valor de la frecuencia permanezca en un valor cercano al nominal del sistema garantizando así la calidad de suministro en el sistema de potencia.

El registrador potencia - frecuencia tiene la función de activarse cuando se produzca una perturbación en el sistema, ya sea por el cambio brusco en la generación o en la carga, capturando y almacenando este tipo de eventos para su posterior análisis. Los valores de frecuencia, potencia activa, potencia reactiva y potencia aparente se obtienen de los valores medidos de voltaje y corriente. Con los resultados almacenados, se realiza una transformación de Fourier rápida,

obteniéndose así el valor de la fundamental y para cada armónico sus componentes real e imaginario.

Para el cálculo de la potencia activa y reactiva se utiliza los valores reales e imaginarios de las componentes de Fourier hasta el armónico dieciseis, de acuerdo a las expresiones (2) y (3). [7]

$$P = \sum_{n=1}^{16} ((V_{Re,n} * I_{Re,n}) + (V_{Im,n} * I_{Im,n})) \quad (2)$$

$$Q = \sum_{n=1}^{16} ((V_{Im,n} * I_{Re,n}) - (V_{Re,n} * I_{Im,n})) \quad (3)$$

Donde:

P, Q : Son la potencia activa y reactiva, respectivamente.

V_{Re}, I_{Re} : Son los componentes reales de voltaje y corriente de los coeficientes de Fourier.

V_{Im}, I_{Im} : Son los componentes imaginarios de voltaje y corriente de los coeficientes de Fourier.

n : Es el n-ésimo coeficiente de Fourier.

Adicionalmente a la potencia activa y reactiva se puede obtener la potencia aparente, el factor de potencia y la frecuencia. El valor de la frecuencia se determina, por lo general, de una de las señales de voltaje disponibles.

El registrador de potencia - frecuencia es utilizado para el monitoreo de los valores de generación o carga. El tiempo de almacenamiento del registrador potencia - frecuencia puede ser de varios segundos e incluso minutos debido básicamente a que la tasa de muestreo mínima es de una muestra por ciclo.

Registrador Binario

La funcionalidad del registrador binario permite tener un registro de los cambios de estado de señales binarias que sean llevadas al registrador de fallas, es decir, se puede realizar la supervisión de las alarmas, operación de los relés de protección, estado de interruptor, etc. El registrador binario permite tener un registro de hasta 250 cambios de estado en 1 segundo, siendo la frecuencia de muestreo de 2 kHz (0,5 ms). Los tiempos de almacenamiento son los mismos del registrador Voltaje/Corriente.

Registrador Calidad y Valores Medios

La funcionalidad de registro de valores medios puede ser utilizada para el monitoreo de la calidad de la energía en la red de potencia. Básicamente consiste en determinar los valores eficaces de las magnitudes supervisadas, y de éstas, obtener el valor medio en un período determinado. El registro de valores medios permite tener un almacenamiento de los valores de voltaje, corriente y potencias. El registro de calidad permite tener mediciones de valores medios de armónicos hasta el número 50, así como también, puede obtenerse el valor de la distorsión armónica. El intervalo de tiempo mínimo para el que se registra este tipo de magnitudes es de un segundo. El tiempo de almacenamiento de este tipo de información puede ser de días, meses o hasta años.

3. SISTEMA DE REGISTRADORES AUTOMÁTICOS DE PERTURBACIONES EN EL SISTEMA NACIONAL DE TRANSMISIÓN

En el SNT ecuatoriano, se está implementando el sistema de RAP, mismo que realiza el monitoreo de las distintas bahías en la subestación, de acuerdo con los siguientes criterios:

- Para bahías de línea se supervisa con señales de voltaje de línea y corriente de línea trifásica.
- Para los transformadores se supervisa las corrientes de línea. Puesto que no existen transformadores de potencial en los transformadores de potencia, el voltaje para el cálculo de la potencia puede ser realizado con el voltaje de barra.
- Para bahías de transferencia, 138 kV, se supervisa los voltajes de barra principal y para bahías de acoplamiento, 230 kV, se supervisa los voltajes de barra 1 y barra 2.

La supervisión de las señales de la forma antes descrita permiten realizar el monitoreo del sistema tanto en el registrador voltaje/corriente como en el registrador de potencia/frecuencia. Además de las señales análogas, también se realiza el monitoreo se señales binarias, mismas que corresponden básicamente a las señales de operación de las protecciones existentes en cada bahía. Las señales de los interruptores también son monitoreadas.

Sistema de RAP en Subestaciones del SNT

En cada subestación, el sistema consiste de los

equipos registradores de perturbaciones, agrupados por nivel de voltaje y conectados a un equipo concentrador de datos mediante una red LAN, Figura 3. El concentrador de datos que al mismo tiempo es un computador de almacenamiento, realiza la interrogación cíclica a cada uno de los registradores en busca de nuevos eventos registrados, si en la interrogación cíclica se han presentado eventos, éstos son transmitidos y almacenados en el computador concentrador de datos.

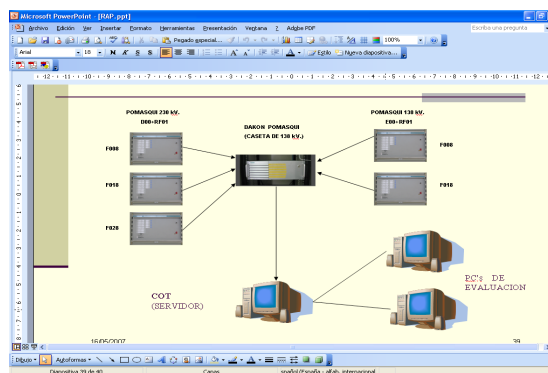


FIGURA 3: Conformación de la Red de RAP en la Subestación

Sistema de RAP en el COT

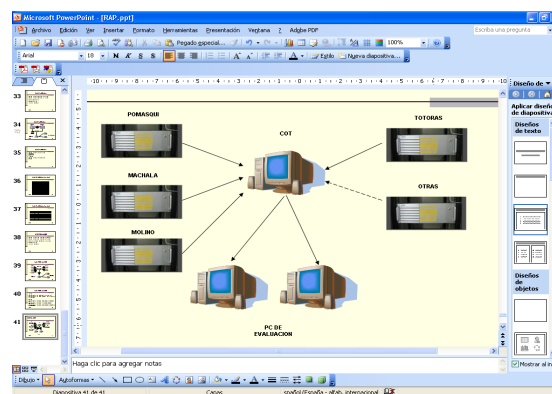


FIGURA 4: Conformación de la Red de RAP en el SNT

Similar a lo que sucede en cada subestación, cada uno de los concentradores de datos son interrogados cíclicamente por un PC servidor ubicado en las instalaciones del COT, la interrogación se la realiza en busca de nuevos eventos los mismos que son transmitidos, almacenados en el PC servidor y que están disponibles en el COT para su evaluación y análisis. La información en el COT, está disponible a través de computadores de evaluación, Figura 4, mismos que se conectan al PC servidor.

Supervisión de Señales

Las señales que se supervisan con los RAP son las corrientes de fase y los voltajes fase - neutro del sistema trifásico. En la Figura 5 se muestra el esquema general de la conexión de los RAP para el caso de línea de transmisión, donde se puede observar que el dispositivo comparte la señal con los relés de protección que para este caso corresponde a la protección de distancia primaria. Dependiendo de la subestación y la bahía monitoreada esta configuración puede variar.

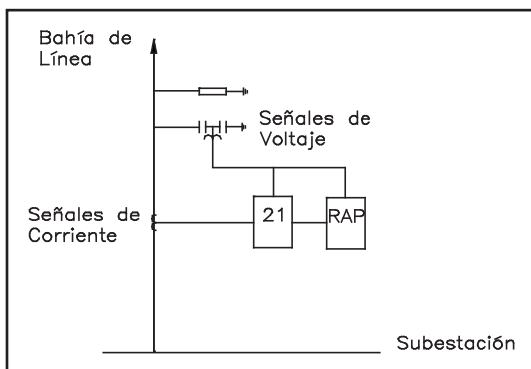


FIGURA 5: Esquema Unifilar de Conexión del RAP en una Bahía de Línea

Además de las señales análogas, se supervisa también señales de estado correspondientes a la operación de los relés de protección, alarmas y estado del interruptor.

En el caso de bahías de línea se han llevado al registrador las señales:

- Disparo de la protección de distancia primaria y secundaria. (21P ó 21S).
- Envío y recibo de la teleprotección de la protección primaria y secundaria.
- Envío y recibo DDT (Disparo Directo Transferido).
- Disparo por 50BF (Falla Interruptor).
- Operación de relés de disparo para la protección primaria y secundaria.
- Operación de relés de bloqueo.
- Operación de la función de oscilación.
- Sobre y bajo voltaje.
- Interruptor abierto/ cerrado.
- Disparo de la protección de separación de áreas (para el caso de la interconexión con Colombia).

Para bahías de transformadores:

- Disparo de la protección diferencial de

transformador (87T).

- Disparo de protección de sobrecorriente de fase o neutro del transformador (50/51 ó 50/51N).
- Operación de relés de bloqueo.
- Disparo por protecciones mecánicas (Sobretensión, Bucholtz, etc.).
- Interruptor abierto/cerrado.

Para las bahías de acoplamiento:

- Disparo de la protección diferencial de barra (87B).
- Operación de relés de bloqueo.
- Interruptor abierto/cerrado.

En definitiva las señales del sistema de protecciones que son monitoreadas por el registrador de fallas dependen básicamente del esquema de protección existente en la subestación donde se han instalado los dispositivos.

Interfaz con el Sistema Registradores Automáticos de Perturbaciones

Para la parametrización, comunicación y evaluación de los eventos registrados se hace uso del software propietario de SIEMENS, suministrador de los equipos, denominado OSCOP P.

OSCOP P, es un software dividido en varios módulos, en el que cada uno realiza una función determinada. Los módulos son los siguientes:

- Módulo de Parametrización del sistema de registradores.
- Módulo de Transmisión de datos.
- Módulo de Evaluación de los registros.
- Módulo Localizador de falla.

La parametrización del sistema de registradores permite clasificar el sistema por zonas, subestaciones, nivel de voltaje, alimentadores, dispositivos, etc. En el módulo de parametrización de equipos se realiza la selección de las funciones que se activarán en los RAP determinando así los ajustes para los arranques de registros, las funcionalidades habilitadas, alarmas, etc.

En el módulo de Transmisión, se determina si se desea transmitir los datos manual o automáticamente, el formato en que se requiere transferirlos, los equipos a ser monitoreados, el tiempo para transferirlos, etc.

En el módulo de evaluación se realiza en sí la evaluación del evento, en éste se visualiza las oscilografías de los registros tanto en valores

eficaces como en valores instantáneos, cálculo de impedancias, análisis fasorial, etc. Este módulo es el utilizado básicamente para el análisis de fallas. Adicionalmente, se dispone del módulo localizador de fallas que realiza el cálculo de la ubicación de la falla, así como del circuito afectado.

Información Estandarizada

Los distintos disturbios que se presentan en los sistemas de potencia, son registrados y grabados por los dispositivos registradores de perturbaciones. En general, cada proveedor de estos equipos dispone de archivos con formatos propios para el almacenamiento de la información registrada lo que le permite comprimir el tamaño del archivo para maximizar la capacidad de almacenamiento del dispositivo y reducir el tiempo de transmisión de datos desde los dispositivos asegurando así una mayor confiabilidad de los datos.

La información almacenada en los RAP en formatos propietarios de los dispositivos hacen posible además, la transmisión, evaluación y administración de la misma en programas también propietarios. La existencia de distintos programas de evaluación y análisis de oscilografías y las distintas herramientas funcionalidades que cada uno dispone puede hacer que se requiera realizar el análisis en un software distinto al de la información fuente.

La constante y rápida evolución de dispositivos de registro de falla y la necesidad de realizar pruebas en los distintos componentes de los sistemas hace imprescindible disponer de formatos estándar para el intercambio de información. Esta información es usada con varios dispositivos para realizar el análisis, pruebas, evaluaciones y simulación de sistemas de potencia relacionados con los esquemas de protección durante condiciones de disturbios y fallas.

El formato estandarizado para este tipo de información es el COMTRADE (IEEE Standard Common Format for Transient Data Exchange) que define un formato común para los archivos de datos necesario para el intercambio de información de fallas, pruebas y simulaciones.

El COMTRADE contiene archivos que presentan formas de onda transitorias y datos de eventos en los sistemas de potencia. Este formato tiene la intención de proveer una herramienta de fácil interpretación para el uso en el intercambio de información. La introducción del formato COMTRADE constituye el primer gran paso hacia la integración en el campo de los equipos registradores de perturbaciones.

4. APLICACIONES DE REGISTRADORES AUTOMÁTICOS DE PERTURBACIONES EN EL SNT

En los párrafos anteriores se ha descrito las principales características y funcionalidades de los dispositivos registradores de fallas, así como también, se ha presentado la forma de implementación del sistema de registradores de fallas como parte integrante dentro del SNT ecuatoriano. Es tiempo entonces de describir brevemente las distintas aplicaciones de estos dispositivos como herramientas para el mejoramiento de la operación del sistema eléctrico ecuatoriano.

Las principales aplicaciones de la información suministrada por los RAP son las siguientes:

- Análisis de fallas o perturbaciones en sistemas eléctricos de potencia.
- Verificación del sistema de protecciones.
- Validación de los modelos para estudios eléctricos.
- Análisis de la calidad de la energía del sistema.
- Análisis del sistema en tiempo real.

Análisis de Falla o Perturbaciones del SNT

Una de las principales aplicaciones del sistema, es el análisis de fallas en el SEP. Los RAP proporcionan información que permite identificar las características presentes en determinada falla, mediante el uso de las señales monitoreadas por estos dispositivos.

Cuando en el sistema ocurre una falla, existen variaciones en la corriente y voltaje que afectan en mayor o menor grado los distintos puntos del sistema, dependiendo del elemento fallado y de la potencia de cortocircuito en el lugar de la falla. Estas variaciones son de mayor magnitud en los elementos asociados a la falla y pueden ser vistos en los circuitos más próximos a la falla, sean estos componentes de las subestaciones afectadas por la falla (en el caso de falla en líneas de transmisión) o subestaciones en la zona de la falla. El análisis de falla se realiza con la ayuda de las oscilografías, permitiendo determinar: la fase donde se produjo la falla, la magnitud de los variables en la falla, la duración de la falla, tiempos de actuación de relés, la localización de la falla (distancia a la falla), etc.

Verificación del Sistema de Protecciones

A pesar de que en la actualidad se disponen de modernos Equipos de Protección Digitales (IEDs), mismos que disponen de nuevas funcionalidades y aplicaciones, resulta de verdadera importancia

realizar en análisis de la respuesta y actuación del sistema de protecciones ante la presencia de una falla o perturbación del sistema. Existen varias maneras y herramientas para realizar este tipo de análisis, y precisamente, una de ellas es la de utilizar la información proporcionada por los RAP.

Validación de Modelos para Estudios Eléctricos en SEP

Estudios eléctricos de flujos de potencia, análisis de cortocircuitos, estabilidad, transitorios electromagnéticos, calidad de la energía, etc., son realizados con la utilización de distintos programas computacionales que básicamente realizan la simulación del sistema con la ayuda de modelos matemáticos. Este tipo de programas ofrece al usuario una serie de elementos para su utilización y la selección de tal o cual modelo debe estar acorde al fenómeno a simularse y la respuesta del mismo debe ser la más cercana a la realidad.

Dispositivos como los RAP y el uso adecuado de todas sus funcionalidades disponibles permiten obtener registros de mediciones para gran parte de los estudios realizados en el campo de los sistemas eléctricos de potencia. La utilización de la información suministrada, proporciona una herramienta para la contrastación de este tipo de estudios.

Análisis del Sistema en Tiempo Real

Si bien los RAP, básicamente son una herramienta para el análisis post-falla, debido a la configuración del sistema que permite tener los registros oscilográficos disponibles en el COT en unos cuantos minutos, los RAP pueden constituirse en una herramienta para la toma de decisiones sobretodo en el caso de la presencia de una falla, ayudando al operador a determinar el tiempo de duración de la falla, las fases involucradas, la magnitud de la variables eléctricas, la localización de la falla, etc.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La implementación del sistema de Registradores Automáticos de Perturbaciones en el SNT ecuatoriano constituye un gran avance en el campo del análisis de fallas y eventos, que permite disponer de esta poderosa herramienta, misma que proporciona información del comportamiento del SEP y que puede ser utilizada en diversos campos de la ingeniería de potencia.
- Conocer las características y funcionalidades de cada uno de los componentes que integran

el sistema de RAP permite tener una visión mucho más clara de las distintas aplicaciones y limitaciones del sistema implementado, logrando así, desarrollar de mejor manera cada uno de los campos de aplicación del sistema de registro de falla y eventos. Tener un mayor conocimiento de las características técnicas de los RAP, permite también ir mejorando en la especificación de estos equipos para futuras instalaciones.

- El sistema de RAP implementado, suministra información estándar que puede ser utilizada en distintas áreas de la planificación, operación y mantenimiento del sistema eléctrico.

La información proporcionada por los RAP puede ser utilizada para la validación de estudios eléctricos, análisis de sistemas de protecciones, análisis de falla en el SEP ecuatoriano, fuente de información y ayuda para los operadores del SEP para la toma de decisiones en tiempo real, análisis post-operativos, análisis de la calidad de la energía, etc.

- Si bien el sistema implementado hasta el momento, ha proporcionado información del comportamiento de ciertos puntos del SEP ecuatoriano ante determinados eventos, no es menos cierto, que el reducido número de subestaciones donde se cuenta con estos equipos ha limitado las aplicaciones que se podrían dar a este sistema de información, por lo que se hace imprescindible la inclusión de mayor número de subestaciones en este plan de equipamiento.
- La disponibilidad de este tipo de sistemas de captura y registro de información de fallas, ha facilitado ciertas tareas en el campo del análisis, pero ha incrementado también las expectativas acerca de este tipo de sistemas, fijándose como meta la implementación de un sistema automático de análisis de fallas.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] KEZUNOVIC, Mladen; POPOVIC, Tomo; SEVCIK, Donald; CHITAMBAR, Aniruddha; Requirements for Automated Fault and Disturbance data Analysis.
- [2] IEEE Power System Relaying Committee; Fault and Disturbance data Requirements for Automated Computer Analysis Summary Paper; IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 13, No. 3, Julio 1998.

- [3] XURUI, Wang; WANG, Yun; SUN Xiaolong; Digital Fault Recorder in Information System; Dianyan Electronic Instruments Co. Ltd.; China.
- [4] NPCC; Guide for Application of Disturbance Recording Equipment.
- [5] IEEE Power System Relaying Committee; Synchronized Sampling and Phasor Measurements for Relaying and Control; IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 9, No. 1, Enero, 1998.
- [6] POWER SYSTEM RELAYING COMMITTEE; Understanding Microprocessors Based Technology Applied to Relaying; Febrero, 2004

- [7] SIEMENS; Manual SIMEAS R.
- [8] SIEMENS; Manual OSCOP P 6.60.



Kléber Vásquez Ocaña.- Nació en Quito, Ecuador en 1979. Sus estudios secundarios los realiza en el Instituto Nacional Mejía. En el 2004 obtiene el título de ingeniero Eléctrico en la Escuela Politécnica Nacional. Actualmente se desempeña en la División de

Operación de la Compañía Nacional de Transmisión Eléctrica, TRANSELECTRIC S.A.