UTILIZACION Y APLICACIONES DE REGISTRADORES AUTOMATICOS DE PERTURBACIONES EN EL SISTEMA NACIONAL DE TRANSMISION.

Vásquez O. Kléber S.,Ing.
TRANSELECTRIC S.A.

RESUMEN

En la actualidad, el SNT cuenta con modernos equipos Registradores Automáticos de Perturbaciones (RAP), instalados en varias de sus subestaciones. Estos dispositivos suministran información de eventos y perturbaciones que se presentan en el sistema eléctrico ecuatoriano. El presente trabajo describe la utilización y aplicaciones de las funcionalidades disponibles en los registradores de fallas. Entre las principales utilidades que se dan a la información de los RAP están: el análisis de fallas en el sistema, validación de modelos para estudios eléctricos, verificación de la actuación del sistema de protecciones y herramienta de ayuda en la toma de decisiones para la operación en tiempo real.

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

PERTURBACIONES O DISTURBIOS EN UN SISTEMA ELECTRICO DE POTENCIA

En condiciones normales un sistema de potencia debe permanecer con todas sus variables dentro ciertas bandas de operación, tal que le permitan mantenerse en condiciones de equilibrio. Cuando en el sistema ocurren eventos (perturbación o disturbio), tales como fallas, incrementos o pérdidas de generación o carga, salida de operación de elementos del sistema, etc., estas variables no pueden permanecer estáticas y sus variaciones responden a la magnitud del disturbio presentado. Este tipo de eventos en el sistema tienen distintas características dependiendo básicamente de la duración del fenómeno y de la causa que lo produjo. Las perturbaciones pueden ser clasificadas en: transitorias, de corta duración, larga duración y de estado estable.

Perturbaciones Transitorias

Son aquellos fenómenos que corresponden básicamente a fallas del sistema de potencia y se consideran de corta duración debido al despeje de las mismas por la acción rápida de la operación de relés de protección y apertura de los interruptores. Este tipo de eventos tienen una duración de 8 a 16 ciclos y son analizados para determinar las causas de una falla, el tiempo de duración de la falla, la correcta actuación del sistema de protecciones, para la localización de la falla, para la verificación de los modelos del sistema, etc.

Perturbaciones de Corta Duración

Estos eventos incluyen todas las perturbaciones originadas por el despeje de una falla, operación de recierres, pérdida de elementos de la red de transmisión, perdidas de generación o cargas considerables donde la estabilidad del sistema puede o no verse afectada. Su aplicación está enfocada al análisis de balance de potencia y la duración de este tipo de eventos está entre 20 y 60 ciclos.

Perturbaciones de Larga Duración

Aquí se incluyen todos los eventos que afectan la estabilidad del sistema, tales como oscilaciones de potencia, variaciones de frecuencia y problemas no usuales de voltaje. Estos eventos son usualmente utilizados para analizar las causas de condiciones de operación incorrecta del sistema.

Perturbaciones de Estado Estable

Existen disturbios en el sistema de potencia donde la operación del sistema no se ve afectada, no así a calidad de la energía. En este tipo de fenómenos se incluyen problemas por la presencia de armónicos producidos por acción de la carga y/o la interacción entre los componentes del sistema.

CONSIDERACIONES PARA EL REGISTRO DE PERTURBACIONES EN UN SEP.

Como se ha visto en párrafos anteriores, no todas las perturbaciones en un sistema de potencia son de un mismo tipo, por lo que, de la misma manera los registros de estas deben cumplir con ciertos requerimientos para la correcta evaluación de las mismas. Estos requerimientos básicamente se refieren al muestreo de la información y la duración del registro.

Registros de alta frecuencia de muestreo

Los registros de alta frecuencia de muestreo son usados para capturar mediciones individuales de voltaje y corriente con una alta tasa de muestreo, misma que debe ser suficiente para suministrar información de fallas y transitorios

en el sistema. La frecuencia de muestreo resulta de extremada importancia en este tipo de fenómenos pues de esta depende la calidad de información para el registro de eventos rápidos y de corta duración. Los RAP disponen de una tasa de muestreo para este tipo de eventos de 256 muestras por ciclo (15360 Hz) y el tiempo de registro es ajustable, típicamente hasta 1 segundo.

Registros de baja frecuencia de muestreo

Los registros de baja frecuencia de muestreo son utilizados para capturar disturbios de corta y larga duración tales como oscilaciones de potencia. La tasa de muestreo típica para este tipo de eventos esta entre dos muestras por ciclo y una muestra cada dos ciclos. En los RAP la tasa de muestreo es ajustable siendo la menor unidad 1 muestra por ciclo (60 Hz) que corresponde al valor eficaz de la señal. Debido a la tasa de muestreo este tipo de registros permite tener un mayor tiempo de registro que los de alta velocidad. Por lo general se tiene registros de varios segundos e incluso podría registrarse minutos.

Registros de estado estable

Los registros de estado estable o continuo corresponden por lo general a registros de valores medios de corriente, voltaje, potencia, frecuencia en incluso parámetros de calidad de potencia como son los armónicos, flicker o magnitudes de secuencia. La extensión de este tipo de registros es variable y puede tener una duración de varios días y meses dependiendo del tiempo medio de promediación cuyo valor mínimo es un segundo.

APLICACIONES DE REGISTRADORES AUTOMATICOS DE PERTURBCIONES

Entre las principales aplicaciones de la información suministrada por los RAP se tienen 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 del sistema en tiempo real.

ANÁLISIS DE FALLAS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA.

Una de las principales aplicaciones de los RAP es el análisis de fallas en el sistema. 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 del SEP más próximos a la falla pero si la falla es de gran magnitud está puede tener repercusiones en todo el sistema.

La tarea de los registradores de falla es identificar una situación anormal en el SEP por variaciones bruscas en las magnitudes monitoreadas y grabar estos eventos con información de fecha y hora, el lugar del evento y la causa que originó el registro del evento. Para identificar una falla o disturbio del sistema se debe definir ciertos límites para cada una de las variables, de forma que, cada vez que estas variables estén fuera de los rangos ajustados se producirá el registro del evento. Merece especial atención la definición de los valores de los rangos en los cuales se considera que las magnitudes se encuentran en condiciones normales, pues una inadecuada determinación de estos valores puede producir una elevada producción de registros y la consecuente saturación de la memoria de los dispositivos o la pérdida de información del evento al no producirse el registro.

Registro de valores eficaces.

La forma en que los RAP realizan un registro es determinando el valor eficaz de la onda. Una vez que se produce el evento, el registro oscilográfico está disponible para su análisis. Cada una de las formas en que se puede visualizar la oscilografía permite determinar distintas características del evento. La oscilografía de valores eficaces, figura 1, muestra cual es el comportamiento de los valores eficaces de cada variable.

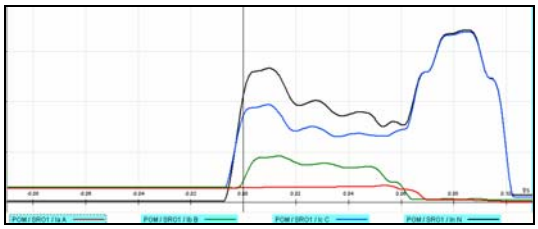


Figura 1. Falla Bifásica a tierra L/T Santa Rosa-Pomasqui (Valores eficaces).

Registro de valores instantáneos

El registro oscilográfico de valores instantáneos, figura 2, muestra el comportamiento de la onda pero de manera instantánea, mucha de la información disponible en este tipo de registro no es posible visualizarlo en el registro de valores eficaces. Este tipo de información permite el análisis de la onda en su naturaleza transitoria, pudiendo determinar los esfuerzos

eléctricos de los equipos, variaciones de alta frecuencia, el amortiguamiento de la onda, ángulos de apertura o cierre de interruptores, etc.

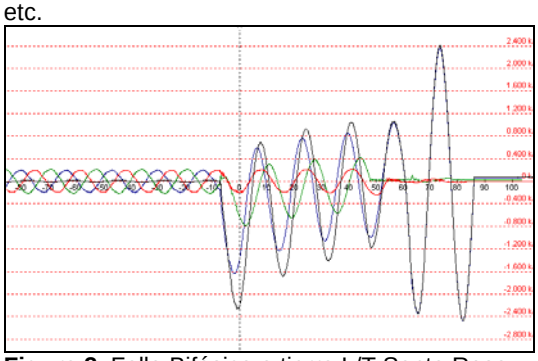


Figura 2. Falla Bifásica a tierra L/T Santa Rosa-Pomasqui (Valores instantáneos).

Diagrama Fasorial.

El análisis de las fallas puede ser realizado de forma amplia con las oscilografías de valores eficaces e instantáneos. Otra de las funcionalidades que se puede utilizar en el análisis de fallas es el diagrama fasorial de las magnitudes, figura 3. En este se puede determinar con mayor claridad el ángulo de desfase entre una y otra variable antes, durante y después de la falla, la variación de dirección del flujo de potencia, la asimetría de voltajes y corriente una vez producida la falla ,etc.

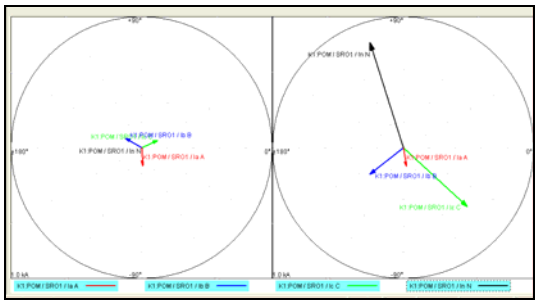


Figura 3. Falla Bifásica a tierra L/T Santa Rosa-Pomasqui (Diagrama Fasorial).

Registro de frecuencia

La frecuencia en el sistema debe permanecer constante. Eventos como pérdida de unidades de las centrales de generación del sistema, salida de operación de las líneas de interconexión con centrales de generación, perdida de interconexiones internacionales, apertura de transformadores, pérdida de centros de carga, etc., ocasionan déficit o exceso de generación y por lo tanto variación de la frecuencia del sistema, por lo que disponer de registros de frecuencia resulta de extremada importancia en el análisis de este tipo eventos.

Las variaciones de frecuencia se producen por acción de las unidades de generación al tratar de volver a alcanzar un nuevo punto de equilibrio del sistema. Este proceso puede demorar varios segundos por lo que la longitud del registro debe ser lo suficiente para registrar todo el evento. Como puntos de referencia para el registro de la frecuencia en el SNI se ha tomado la barra de 230 kV. de la subestación Pomasqui y la barra de 138 kV. de la subestación Molino. Los límites para el registro de frecuencia se han ajustado en 59.8 y 60.2 Hz.

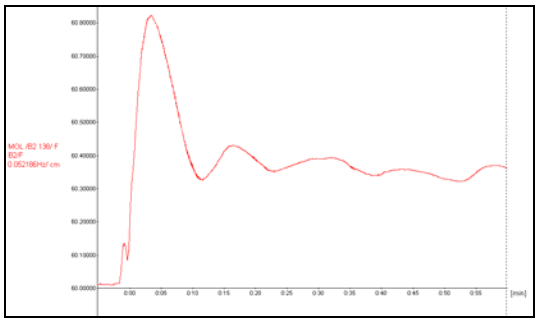


Figura 4. Registro de frecuencia en la subestación Molino ante el disparo del Autotransformador ATT de la subestación Quevedo.

Registro de Potencia

En los casos en que se tienen eventos largos producidos por oscilaciones del sistema o por la respuesta de los distintos componentes del sistema ante la salida de elementos por el despeje de una falla o de una condición anómala del sistema, los registros de potencias, figura 5, ayudan a entender e identificar más claramente las causas que produjeron la perturbación y las consecuencias en el SEP.

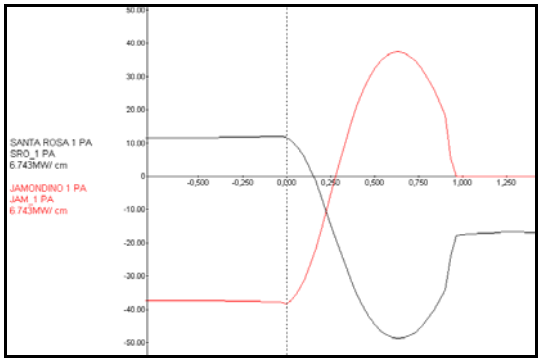


Figura 5. Registro de potencia en la subestación Pomasqui ante el disparo de la interconexión eléctrica Ecuador-Colombia.

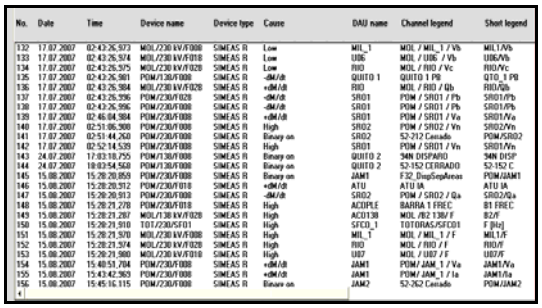
Adicionalmente este tipo de registros permite realizar el análisis de oscilaciones, condiciones de cargabilidad, pérdidas o incrementos bruscos de generación y/o carga, etc. en el sistema eléctrico de potencia.

Registro de secuencia de eventos (SOE)

El registro de secuencia de eventos (SOE, por sus siglas en inglés) es el monitoreo del cambio

de estado de los dispositivos y de las señales en la subestación. La aplicación esencial es el monitoreo del estado de interruptores y sus maniobras. Adicionalmente el SOE permite monitorear actuación de relés de protección, señales de teleprotección, alarmas, etc.

En el caso de los RAP el SOE, figura 6, permite mantener un registro cronológico de los eventos que se presentan en el sistema debido al cambio cualquiera de las variables monitoreadas. La información proporcionada incluye: la fecha, hora (con una precisión de milisegundos), la subestación, el nivel de voltaje, el dispositivo y la causa del evento registrado.



No.	Date	Time	Device name	Device type	Cause	DAU name	Channel legend	Short legend
132	17.07.2007	02:43:26,973	MOL/230 kV/F008	SIMEAS R	Low	MIL_1	MOL / MIL_1 / Vb	MIL1/Vb
133	17.07.2007	02:43:26,974	MOL/230 kV/F018	SIMEAS R	Low	UIBC	MOL / UIBC / Vb	UIBC/Vb
134	17.07.2007	02:43:26,975	MOL/230 kV/F028	SIMEAS R	Low	RIO	MOL / RIO / Vc	RIO/Vc
135	17.07.2007	02:43:26,981	POM/138/F008	SIMEAS R	-dM/dt	QUITO 1	QUITO 1 PB	QTO_1 PB
136	17.07.2007	02:43:26,984	MOL/230 kV/F028	SIMEAS R	+dM/dt	RIO	MOL / RIO / Qb	RIO/Qb
137	17.07.2007	02:43:26,996	POM/230/F028	SIMEAS R	-dM/dt	SRO1	POM / SRO1 / Pb	SRO1/Pb
138	17.07.2007	02:43:26,996	POM/230/F008	SIMEAS R	-dM/dt	SRO1	POM / SRO1 / Pb	SRO1/Pb
139	17.07.2007	02:46:04,984	POM/230/F008	SIMEAS R	+dM/dt	SRO1	POM / SRO1 / Va	SRO1/Va
140	17.07.2007	02:51:06,900	POM/230/F008	SIMEAS R	High	SRO2	POM / SRO2 / Vn	SRO2/Vn
141	17.07.2007	02:51:44,260	POM/230/F008	SIMEAS R	Binary on	SRO2	52-212 Cerrado	POM/SRO2
142	17.07.2007	02:52:14,539	POM/230/F008	SIMEAS R	High	SRO1	POM / SRO1 / Vn	SRO1/Vn
143	24.07.2007	17:03:10,755	POM/138/F008	SIMEAS R	Binary on	QUITO 2	94N DISPARO	94N DISP
144	24.07.2007	18:03:54,568	POM/138/F008	SIMEAS R	Binary on	QUITO 2	52-152 CERRADO	52-152 C
145	15.08.2007	15:20:20,859	POM/230/F008	SIMEAS R	Binary on	JAM1	F32_DispSepAreas	POM/JAM1
146	15.08.2007	15:20:20,912	POM/230/F018	SIMEAS R	+dM/dt	ATU	ATU VA	ATU VA
147	15.08.2007	15:20:20,913	POM/230/F008	SIMEAS R	-dM/dt	SRO2	POM / SRO2 / Qa	SRO2/Qa
148	15.08.2007	15:20:21,278	POM/230/F018	SIMEAS R	High	ACDPLE	BARRA 1 FREC	B1 FREC
149	15.08.2007	15:20:21,287	MOL/138 kV/F028	SIMEAS R	High	ACD138	MOL /B2 138/ F	B2/F
150	15.08.2007	15:20:21,910	TOT/230/SF01	SIMEAS R	High	SFCD_1	TOTORAS/SFCD1	F [Hz]
151	15.08.2007	15:20:21,970	MOL/230 kV/F008	SIMEAS R	High	MIL_1	MOL / MIL_1 / F	MIL1/F
152	15.08.2007	15:20:21,974	MOL/230 kV/F028	SIMEAS R	High	RIO	MOL / RIO / F	RIO/F
153	15.08.2007	15:20:21,980	MOL/230 kV/F018	SIMEAS R	High	UIB7	MOL / UIB7 / F	UIB7/F
154	15.08.2007	15:40:51,704	POM/230/F008	SIMEAS R	+dM/dt	JAM1	POM/ JAM_1 / Va	JAM1/Va
155	15.08.2007	15:43:42,963	POM/230/F008	SIMEAS R	+dM/dt	JAM1	POM/ JAM_1 / Ia	JAM1/Ia
156	15.08.2007	15:45:16,115	POM/230/F008	SIMEAS R	Binary on	JAM2	52-262 Cerrado	POM/JAM2

Figura 6. Secuencia de eventos (SOE) del RAP.

El SOE de los RAP indicará cuales fueron las magnitudes de mayor afectación en el sistema y los lugares que fueron afectados por la perturbación, así por ejemplo, en el caso de una falla, está afectará en mayor grado a las subestaciones más cercanas, pero si producto del despeje de la falla se pierde bloques de generación o carga considerables la variación de frecuencia será visualizada en todo el sistema, ocasionando también la presencia de varios registros correspondientes a los distintos puntos donde han sido ubicados los dispositivos RAP. La principal aplicación del SOE de los RAP es la verificación de la sincronización de tiempo de cada uno de los dispositivos.

Análisis de eventos en zonas.

La presencia de una falla o perturbación en un SEP provoca variaciones de mayor o menor magnitud en todo el sistema y sobre todo en la zona próxima al lugar de la falla, por lo que si se disponen de equipos RAP ubicados en los distintos puntos del sistema estos proporcionarán información que permita evaluar el comportamiento del sistema y la respuesta de cada unos sus componentes ante determinado evento. Esta propiedad de los RAP se ve incrementada debido a la facultad de estos de realizar el monitoreo y registro de varios equipos, es decir, que si un evento se produce en una determinada bahía, se dispone también del registro de la respuesta de las otras bahías monitoreadas. Esto permite también realizar el análisis de balance de potencia en la falla, determinar el aporte de corrientes de falla de los distintos componentes del sistema para determinada falla, etc.

Localización de la falla

En un sistema de potencia donde gran número de fallas se producen por descargas atmosféricas o por una vegetación espesa, lo que ocasiona interrupciones indeseadas en el servicio, se hace necesario conocer de forma rápida y confiable el lugar donde ocurrió la falla para la pronta restauración del servicio.

Los modernos equipos de protección y registradores disponen de este tipo de funcionalidades los cuales se basan principalmente en la impedancia medida por los dispositivos. La distancia o localización de una falla es proporcional a la reactancia de falla. Para el caso de alimentaciones de tipo radial está puede ser determinada con alta precisión con la medición del voltaje y la corriente de cortocircuito de acuerdo las expresiones 1 y 2.

$$L_{km} = \frac{X_{F(ohm)}}{X'_{(ohm/km)}} \quad (1)$$

$$X_F = \frac{V_{SC}}{I_{SC}} * sen(\phi_{SC}) \quad (2)$$

Donde:

L es la ubicación de la falla.
X_F es la reactancia de la falla.
X' es la reactancia característica de la línea.
V_{SC} e I_{SC} son el voltaje y la corriente de cortocircuito respectivamente.
ϕ_{SC} es el ángulo entre la corriente y el voltaje de cortocircuito.

Los RAP pueden proporcionar la información de la ubicación de la falla, esta información está disponible tan pronto como el registro está presente en el COT. El acceso inmediato a la localización de la falla permite que el operador sistema de potencia pueda tomar decisiones acerca de la restauración del sistema.

La información de la localización de la falla es de gran precisión cuando la alimentación a la falla es de tipo radial. Sin embargo, factores como varias vías de alimentación a la falla, la impedancia de falla, acoplamientos mutuos debido a líneas paralelas o una construcción no homogénea de la línea hacen que la precisión en la localización de la falla disminuya.

VALIDACIÓN DE MODELOS PARA ESTUDIOS ELÉCTRICOS EN SEP.

Estudios eléctricos como 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 ofrecen 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.

Una vez que se obtienen resultados de los estudios, surge una gran incógnita para el ingeniero que ha realizado las simulaciones, de cuan aproximados están sus resultados con los se presentarán en la realidad. Está incógnita solo puede ser despejada con mediciones reales y registros de las variables simuladas.

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.

Entre las principales aplicaciones que se tiene en este campo están:

- Los registros de valores eficaces e instantáneos de voltaje y corriente pueden ayudar en la modelación de estudios de transitorios electromagnéticos, calculo de fallas en estados transitorio y estacionario, variaciones de tensión, flicker, etc.

- Los registros de potencia y frecuencia permiten validar la respuesta de las máquinas generadoras y la frecuencia en e sistema para estudios de estabilidad, el balance de potencia para estudios de flujos de potencia, etc.

- Los registros de valores medios y de calidad de la energía pueden ser utilizados en estudios de flujos de carga, calidad de la energía, etc.

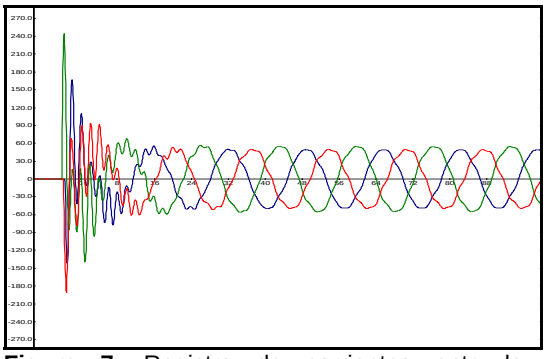


Figura 7. Registro de corrientes ante la energización en vació de la L/T Machala-Frontera a 230 kV.

A manera de ejemplo de aplicación en esta parte del trabajo se presenta un caso de simulación realizado el programa de transitorios electromagnéticos EMTP/ATP para el caso de la energización de una línea de transmisión en vacío.

Se trata de la energización de la línea de transmisión Machala-Frontera a 230 kV., de una longitud aproximada de 50 km. La figura 7 muestra el registro de corrientes proporcionado por el RAP en el instante de una energización.

El evento de la energización ha sido modelado y simulado en el EMTP/ATP, figura 8. Al comparar las figuras 7 y 8 se puede observar gran similitud en la forma de onda, magnitud de la corriente, valores pico presentados de manera transitoria, etc. Obviamente la gran similitud entre la onda registrada por el RAP y la simulada en el EMTP/ ATP no son coincidencia, sino resultado de una serie de simulaciones y consideraciones que solo pueden ser afinadas si se tiene información de referencia como en este caso los registros del RAP.

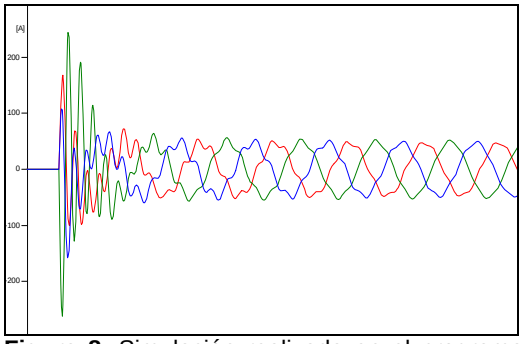


Figura 8. Simulación realizada en el programa EMTP/ATP de la energización en vació de la L/T Machala-Frontera a 230 kV.

VERIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LA ACTUACIÓN 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 el 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. En esta parte del trabajo se expone mediante un ejemplo real la utilidad de los RAP en el análisis de la actuación del sistema de protecciones.

El caso a analizarse corresponde a una línea doble circuito ubicado entre las subestaciones 1 y 2, figura 9, de alimentación radial desde el SNI. En los extremos de cada de cada línea se disponen de relés de protección de distancia, mientras que RAP se disponen en los extremos B y D.

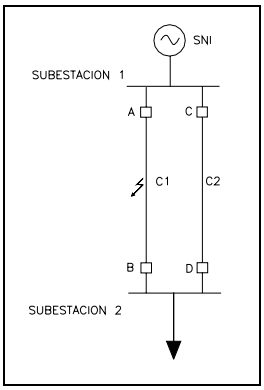


Figura 9. Diagrama unifilar (Caso analizado)

Se presenta una falla en el circuito 1, aproximadamente al 50% de la línea. Normalmente este tipo de fallas son despejadas por la apertura inmediata de los disyuntores A y B, aislando el circuito donde se presentó la falla, pero en este caso se produce la apertura de los disyuntores A y D. El disyuntor D no debía haber abierto.

Para este evento se disponen de registros oscilográficos de los relés de protección y RAP Los registros permiten la obtención de diagramas de impedancia R-X que ayudarán en el análisis de esta falla.

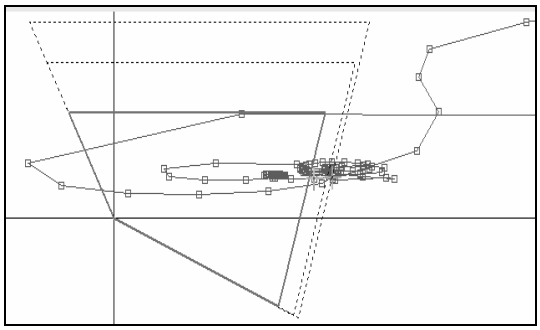


Figura 10: Registro en el extremo B del RAP

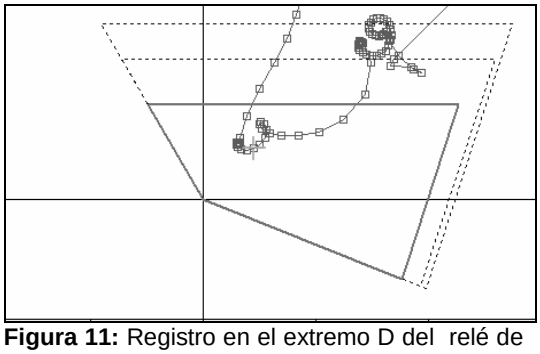


Figura 11: Registro en el extremo D del relé de la protección distancia

Del análisis del evento y con la ayuda de las oscilografías tanto del relé y los RAP se pudo determinar una inadecuada actuación del sistema de protecciones en los extremos B y D e las líneas, originado por las siguientes causas:

- El relé de distancia del extremo B no detecta la falla dentro de sus zonas de protección a pesar de que el registro del extremo B del RAP, figura 10, muestra que esta debía ser detectada en zona 1.

- El relé de distancia del extremo D detecta la falla dentro de sus zonas de protección, figura 11, pero de acuerdo a las oscilografías del RAP del extremo D está se encontraba fuera de las zonas de protección del relé, figura 12. Debido a este particular se produce la apertura del interruptor D y el interruptor B permaneció cerrado.

De esta operación incorrecta del interruptor del extremo D por orden del relé de protección asociado y por el registro oscilográfico del RAP, figura 12, se observa que el relé de protección del extremo D se encuentra viendo hacia el otro lado.

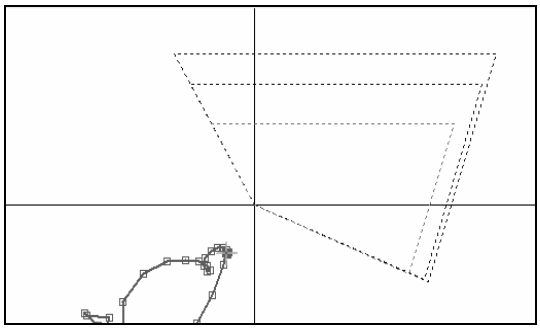


Figura 12: Registro en el extremo D del RAP

El análisis de los relés de protección de los extremos B y D determinó que existía un problema en los ajustes de direccionalidad de los mismos.

El caso presentado anteriormente permite ver claramente una de las aplicaciones de los RAP en el análisis de la actuación del sistema de protecciones. Esta utilidad puede ser aplicada en el análisis de eventos incluso con mayor grado de complejidad.

HERRAMIENTA PARA LA OPERACIÓN EN TIEMPO REAL.

Cuando en el sistema de potencia se presenta una falla, los operadores del sistema basan el análisis de falla principalmente en la información de operación de relés de protección capturada por el sistema SCADA y por el reporte de los operadores en la subestación. La gran variedad de tipos de relés en el sistema, y principalmente la presencia de relés digitales puede causar dificultades al operador de la subestación en la interpretación y lectura adecuada de la operación de relés y alarmas. Además, un sistema SCADA muchas de las veces no proporciona una información completa de la operación de los interruptores y relés involucrados en determinada falla.

Consecuencia de lo anterior, los operadores en el centro de control están sujetos a muchas ambigüedades ocasionando así imprecisión en el análisis de falla.

Si bien los RAP, básicamente son una herramienta para el análisis post-falla, debido a la configuración del sistema de RAP que permite tener los registros oscilográficos disponibles en el Centro de Control 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 tipo de falla
- El tiempo de duración de la falla
- Las fases involucradas en la falla
- La magnitud de corrientes y voltaje de falla.
- La localización de la falla.

CONCLUSIONES

- La constante expansión de los sistemas de potencia, que los hace cada día más robustos y confiables, elevan también la complejidad del análisis del comportamiento de los mismos ante cualquier perturbación o disturbio, lo que trae como consecuencia la necesidad de contar con nuevas herramientas para el análisis y optimización de la operación del sistema.
- El conocimiento de las características de los distintos disturbios y perturbaciones que se presentan en los SEP, permiten determinar las distintas necesidades de información para registro y almacenamiento de eventos.
- La utilización de dispositivos RAP, la correcta explotación de todas sus funcionalidades y la información suministrada por los mismos, permiten contar con una poderosa herramienta de análisis en los distintos campos de la ingeniería eléctrica.
- En eventos de falla o disturbios del sistema, además de contar con la información de los sistemas SCADA, la información de operación de relés de protección en las subestaciones, ahora se cuenta también con oscilografías proporcionadas por los RAP que contienen información con una alta calidad de muestreo de las distintas magnitudes del SEP permitiendo así un mejor desempeño al evaluar comportamiento del sistema ante la presencia de falla o disturbios.
- Los modernos equipos de protección, los nuevos esquemas y funcionalidades, han permitido desarrollar nuevas filosofías de protección brindando así mayor seguridad y confiabilidad al sistema. Este enorme desarrollo en los sistemas de protección también ha elevado la complejidad en la evaluación de la actuación del sistema de protecciones y la información que proporcionan los RAP puede ser de gran utilidad en este tipo de actividades sobre todo en el caso de una errónea operación del sistema de protecciones.
- La información de los RAP representa el comportamiento real del sistema ante las distintas eventualidades en sistema por lo que puede ayudar en la validación de los modelos utilizados en los estudios eléctricos, sobre todo en aquellos fenómenos de alta frecuencia donde se necesita de información con alta calidad de muestreo y la información suministrada por otros sistemas como los SCADA ya no es suficiente.
- Debido a la configuración del sistema de RAP, la información está en el COT en unos cuantos minutos, permitiendo que el operador del SEP disponga de la misma para realizar el análisis y tenga otra herramienta para la toma de decisiones en caso de fallas en el sistema.

BIBLIOGRAFIA

[1] KEZUNOVIC, Mladen; Requeriments for automated fault and disturbance data analysis.

[2] IEEE Power Engineering Society; Considerations for Use Of Disturbances Recorders; 2006

[3] L. MANKOF; M. KEZUNOVIC; V. ESKENDZIC; Use of Digital Fault Recorder Files for Protective Relay Evaluations.

[4] HAMZAH, Nor; Using the fault disturbance recorder as an operating aid for control room operators at the National Load Dispatch Center of Peninsular Malaysia; 2001.

[5] ZIEGLER, Gerhard; Numerical Distance Protection, Principles and Application; Alemania; 1999

Kléber Sebastián Vásquez Ocaña

Nació en Quito, 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. .

e-mail: kvasquez@transelectric.com.ec