

UTILIZACIÓN DE LA SIMULACIÓN DIGITAL DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS EN LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE LAS INDUSTRIAS NIQUELÍFERAS DE MOA

Protective Electric Digital Simulation used in the Power Transformers of the Nickel Industries in Moa

Orlis E. TORRES- BREFFE¹, Leonardo R. ROSELL-LOPEZ², Miriam VILARAGUT- LLANES³,
Antonio MARTINEZ- GARCIA³

(1) Instituto Superior Minero Metalúrgico. Email: otorres@ismm.edu.cu. (2) Empresa Comandante Ernesto Guevara, (3) CIPEL, La Habana

RESUMEN-Las producciones de régimen continuo, como las empresas de níquel, requieren del trabajo estable de los Sistemas Eléctricos de Potencia (SEP) frente a las averías, por lo que la instalación de protecciones que actúen u operen solo cuando éstas ocurran, desconectando rápidamente la zona o equipo averiado, se hace necesaria para evitar la propagación del daño por todo el SEP. El funcionamiento inadecuado de las protecciones incrementa los costos de producción en una industria; para garantizar el buen funcionamiento de las mismas se requieren herramientas como los simuladores digitales de protección. Este artículo trata de la modelación y simulación de las protecciones eléctricas que utilizan los transformadores de potencia en dos industrias niqueleras cubanas. Mediante el empleo de una Biblioteca Virtual de Protecciones Eléctricas creada en MATLAB/SIMULINK, se analiza el comportamiento de los sistemas de protecciones instalados en ambas industrias, se detectan deficiencias y se ofrecen las soluciones adecuadas para evitar tanto el aumento de los costos de mantenimiento como las desconexiones inoportunas u operaciones incorrectas.

Palabras clave: Simulación, herramientas virtuales, protecciones eléctricas, industrias del níquel

ABSTRACT-Continuous regimes productions, as nickel production, require the stable operation of electric power systems (eps) against faults, so it is necessary, in order to avoid the prolongation of damage in all the eps, the installation of the protective system that can operate as fast as possible disconnecting the area of the eps faulted. the wrong operation of the protective systems may increment the cost of the industry production and in order to achieve to correct function of them, adequate tools as digitals simulators, are needed. this paper deals with modeling and simulation of protective relays used in the power transformers of two nickel industry. using a virtual library it is analyzed the performance of the protective system install in the industries, detecting deficiency and offering adequated solutions to avoid the increment of maintenance cost, sudden disconnection

and wrong operation. using the protective virtual library created in matlab/simulink it is possible to predict wrong operations of the protective systems and offer solutions.

Key words: Simulation, virtual tools, protective relaying, nickel industries.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas eléctricos son necesarios para el funcionamiento de cualquier instalación industrial o social. En las empresas productoras de níquel del territorio de Moa, los Sistemas Eléctricos de Potencia (SEP) se diferencian del de otras empresas por su complejidad y costo altos; los mismos están compuestos de varios elementos interconectados entre sí y no exentos de averías. Aunque se aumente el aislamiento de los equipos o se sustituyan constantemente por otros nuevos; la probabilidad de error humano, por citar un ejemplo, siempre está presente.

Las producciones de régimen continuo como las empresas de níquel requieren del trabajo estable de los SEP frente a las averías, por lo que la instalación de otro sistema que actúe u opere solo cuando éstas ocurran, desconectando rápidamente la zona o equipo averiado se hace necesaria para evitar la propagación del daño por todo el SEP. Estos sistemas son conocidos como protecciones eléctricas (Chernobrovov, 1974) y el funcionamiento inadecuado de las mismas incrementa los costos de producción en una industria, por lo que para garantizar el buen funcionamiento de las protecciones se requieren herramientas como los simuladores digitales de protección.

Características de las protecciones eléctricas industriales

La complejidad y costo de las protecciones eléctricas depende de la complejidad, funcionamiento e importancia del equipo o zona del SEP a proteger. En algunos casos estas protecciones pueden ser tan complejas que la probabilidad de una instalación incorrecta, un ajuste inadecuado e incluso la selección no apropiada de los dispositivos a emplear es elevada.

La operación incorrecta de las protecciones en sistemas eléctricos industriales muestra tres características fundamentales (Torres, 2003):

1. No actuar cuando deben hacerlo. Esto provoca daños irreparables en los equipos eléctricos y productivos, e incluso al personal.

2. Actuar cuando no deben hacerlo. Trae como consecuencia la desconexión inesperada de equipos de producción importantes y en ocasiones, la total desconexión e interrupción del proceso productivo.
3. Operación retardada. En este caso se mantiene el efecto de la avería por un tiempo mayor que el permitido, provocando la pérdida total de un equipo y afectando la estabilidad de las máquinas generadoras de electricidad.

En las industrias, en numerosas ocasiones, se decide por el deterioro total del equipo en lugar de su desconexión, ya que el elemento eléctrico en cuestión tiene un costo menor que el resultado de una desconexión inesperada del mismo. En estos casos las alarmas adquieren elevada importancia, si se tiene en cuenta que casi todos los equipos son supervisados por operadores especializados.

Los costos por interrupciones innecesarias de las instalaciones industriales suelen ser superiores los 10.000 USD por horas de desconexión. La demora en el restablecimiento del SEP puede provocar excesivas dilaciones para el restablecimiento del proceso productivo, superiores al doble del tiempo del restablecimiento eléctrico.

Las protecciones eléctricas constituyen un sistema activo que intercambia señales con el SEP y reacciona a los cambios y modificaciones realizadas en el mismo. En las industrias son comunes las modernizaciones e inversiones para aumentar productividad y en cada caso, se precisa de estudiar como afecta esta modernización el funcionamiento de las protecciones instaladas. Estas características de las instalaciones industriales níquelíferas hacen de la selección correcta de las protecciones una tarea compleja y multidisciplinaria.

En la actualidad, los técnicos de las industrias níqueleras de Moa, cuentan con programas simuladores digitales como Easy Power y Captor, entre otros, que hacen una simulación fasorial (McLaren, 2001) de los sistemas y sus protecciones, la cual no permite analizar el comportamiento de las protecciones durante regímenes transitorios y por tanto no pueden hacer su correcta caracterización.

Al mismo tiempo, se están adquiriendo dispositivos digitales de protección, muy novedosos y eficaces, que involucran protección, control y medición en una sola unidad. Estos dispositivos pueden modificar su comportamiento con la actualización del software interno (firmware) y por tanto, cambiar la forma o característica de protección, medición o control. Se han adquiridos dispositivos de diferentes tecnologías, aunque la tendencia es a la unificación de dispositivos de la compañía GE Power Management . Estos dispositivos incluyen nuevas funciones que nunca habían sido utilizadas por los técnicos de las empresas

y esto, unido a la falta de herramientas adecuadas para su análisis dinámico, hacen que el proceso de instalación y puesta en marcha de estos equipos tenga aparejado un elevado número de operaciones incorrectas (Rosell, 2001). Este artículo expone la aplicación de simuladores digitales en las protecciones eléctricas instaladas en los transformadores de potencia que alimentan a las empresas niqueleras Comandante Pedro Soto Alba (PSA) y Comandante Ernesto Che Guevara (ECG) con la finalidad de predecir operaciones incorrectas en sus protecciones. Se muestra una Biblioteca Virtual en MATLAB/SIMULINK que permite simular y pronosticar el funcionamiento de las protecciones y por tanto evitar su funcionamiento inadecuado.

METODOLOGÍA

Utilizando el software MATLAB/SIMULINK se confeccionó una biblioteca (Torres, 2000; Herrera, 2001) con los modelos matemáticos de los dispositivos de protección más utilizados en la práctica nacional (figura 1). Se emplea un modelo genérico (McLaren, 2001) para los bloques de los relés y otros dispositivos de protección, principalmente para la modelación de las características de operación de esos últimos. La biblioteca está dividida en subsistemas que incluyen y organizan los dispositivos de cada clase.

Utilizando la biblioteca Power System Blockset incluida en SIMULINK y los dispositivos de la biblioteca virtual creada, se pueden simular las protecciones eléctricas de una instalación eléctrica cualquiera y verificar su funcionamiento. En la figura 2 se muestra el esquema empleado en la simulación de las protecciones de unos de los transformadores de potencia escogidos como caso de estudio.

La complejidad de las simulaciones que pueden realizarse con esta biblioteca, depende de la potencia de la computadora donde se realicen. Una PC Pentium IV con 256 MRAM y 2,8 GHz es suficiente para las instalaciones industriales objeto de estudio.

RESULTADOS

Caso 1 - Transformador de la empresa PSA

El transformador alimenta el SEP de la empresa en cuestión, por lo que la operación incorrecta de las protecciones eléctricas a él instaladas afectará radicalmente a todo el sistema eléctrico y productivo de la empresa. La figura 3 muestra las protecciones de la instalación, así como las características del transformador.

Utilizando la biblioteca creada, se simuló el comportamiento de las protecciones eléctricas (figura 2) para distintas condiciones y regímenes, así como para las posibles instalaciones incorrectas de las mismas.

Luego de realizada la simulación se detectaron deficiencias tales como:

1. Ajustes incorrectos que pueden provocar demoras excesivas de la operación ante averías u operaciones sin que estas existan.
2. Ajustes insensibles que pueden provocar la no operación de la protección en el momento de ocurrir una avería.
3. Total desprotección del transformador de potencia para determinado régimen peligroso.

Cada una de las deficiencias encontradas se demostró mediante la simulación a partir del comportamiento de modelos matemáticos de la realidad, que se ejecutaron en tiempo real al unísono con el fenómeno transitorio característico de la avería. Esto permitió predecir la operación incorrecta de las protecciones eléctricas instaladas antes de que se produzcan en la realidad.

Variantes de solución a cada una de las deficiencias fueron simuladas y comprobadas utilizando la misma metodología de simulación anterior, resultando una protección más eficaz e integral para las condiciones concretas de la industria analizada. Se modificaron ajustes, se activaron otras funciones de protección, se eliminaron las incorrectamente seleccionadas, entre otras soluciones finales.

Caso 2 - Transformador de la empresa E.C.G.

En la empresa Ernesto Che Guevara existen 2 transformadores de potencia iguales que se utilizan en la conexión con el sistema de potencia nacional. El hecho de que existan dos, pudiera reducir el costo de la afectación por operaciones incorrectas de sus protecciones dado que el sistema eléctrico y productivo puede quedar operando con uno solo por un intervalo de tiempo prolongado, pero existen muchas situaciones donde la empresa está conectada mediante un solo transformador e incluso una avería en uno de ellos afecta la operación general del SEP si no es desconectado con rapidez, aunque estén conectados los dos.

Una metodología de simulación, similar al caso anterior, se utilizó para este caso de estudio y las deficiencias encontradas se enumeran:

1. Ajustes incorrectos que provocarían la desconexión sin existir averías en el transformador, así como demoras en la desconexión de averías específicas.

2. Ajustes insensibles que provocarían la no operación de las protecciones para averías específicas.
3. Selección incorrecta de determinadas funciones de protección, que dada las condiciones de la instalación no operarían nunca.
4. No protección contra regímenes peligrosos y no utilización de protecciones de respaldo contra fallas en otras partes del sistema que pudieran afectar al transformador de potencia en caso de no ser desconectadas.

La posibilidad del empleo de modelos matemáticos genéricos en lugar de los fasoriales empleados, permite la detección de las deficiencias mencionadas e incluso de la comprobación de las diferentes variantes de soluciones.

Finalmente las protecciones propuestas, con las soluciones igualmente verificadas y comprobadas en la simulación, resultó en un sistema más eficaz y robusto.

CONCLUSIONES

1. La complejidad de los SEP y sus protecciones eléctricas en las instalaciones de la industria del níquel en Moa son de tal magnitud que requieren del empleo de simuladores digitales de protección para reducir las operaciones incorrectas.
2. Los técnicos de protecciones eléctricas de las empresas analizadas cuentan con tecnología moderna pero no con los simuladores genéricos adecuadas para su correcta instalación y puesta en marcha.
3. El uso de la Biblioteca Virtual de Protecciones Eléctricas creada en MATLAB/SIMULINK permite predecir deficiencias en las protecciones de las dos industrias niqueleras del territorio y brindar las soluciones a las mismas.
- 4.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHERNOBROVOV, N., 1974. Protective Relaying. _ Moscow. Mir, 1789p.
- HERRERA, J., 2001. Librería Virtual de Protecciones Eléctricas en MATLAB. Orlys E. Torres Breffe (Tutor). Trabajo de Diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 70p.
- MCLAREN, P.G. 2001. Software Models for Relays. IEEE Transaction on Power Delivery, 16 (2) : 238-246, April.
- ROSELL, L., 2001. Protección Digital de Generadores. Orlys E. Torres Breffe (Tutor). Trabajo de Diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 80p.

TORRES, O. E., 2003. Generalidades de las Protecciones Eléctricas. Conferencias para Ingenieros Electricistas. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 15p.

TORRES, O. E., 2000. Librería Virtual de Protecciones Eléctricas en Power System Blockset de MATLAB 5.2 (Simulink). Conferencia Científica Internacional FIE 2000, Santiago de Cuba.

FIGURAS Y TABLAS

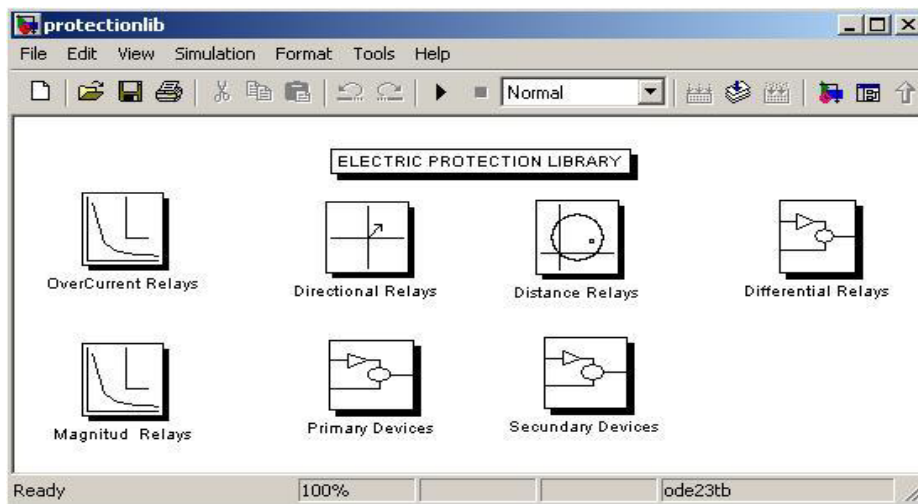


Figura 1. Biblioteca de dispositivos de protecciones eléctricas en SIMULINK.

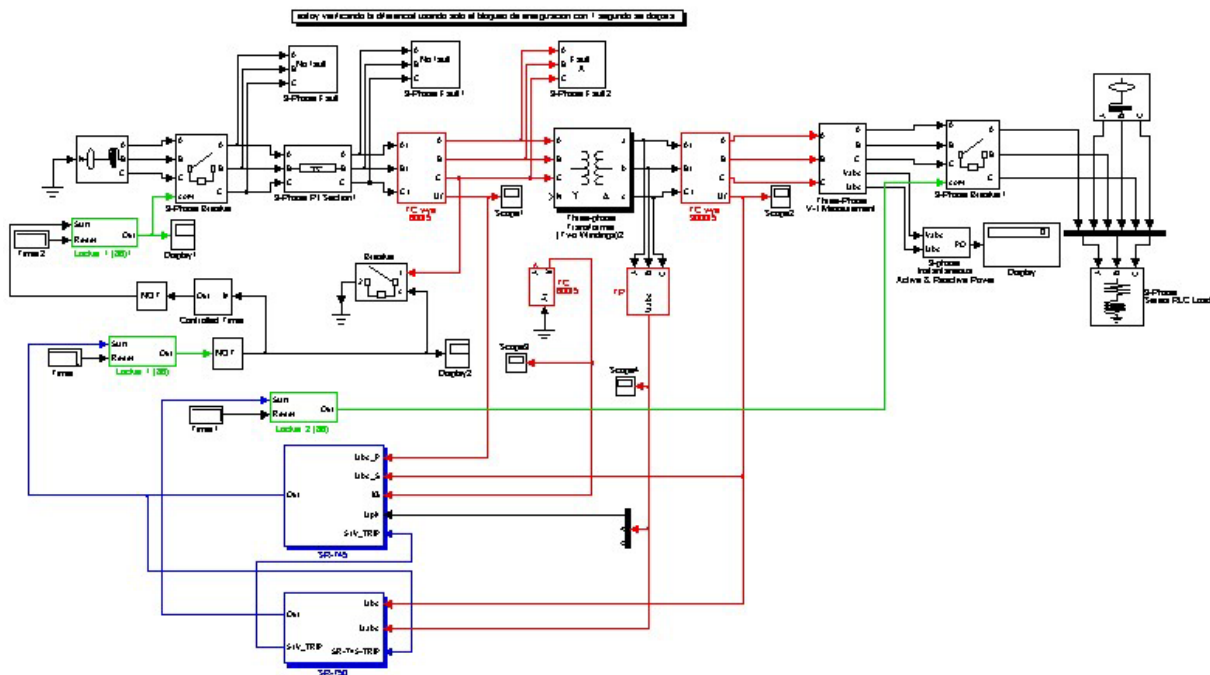


Figura 2. Modelo en SIMULINK para la protección de un transformador de potencia de la empresa Comandante Pedro Soto Alba.

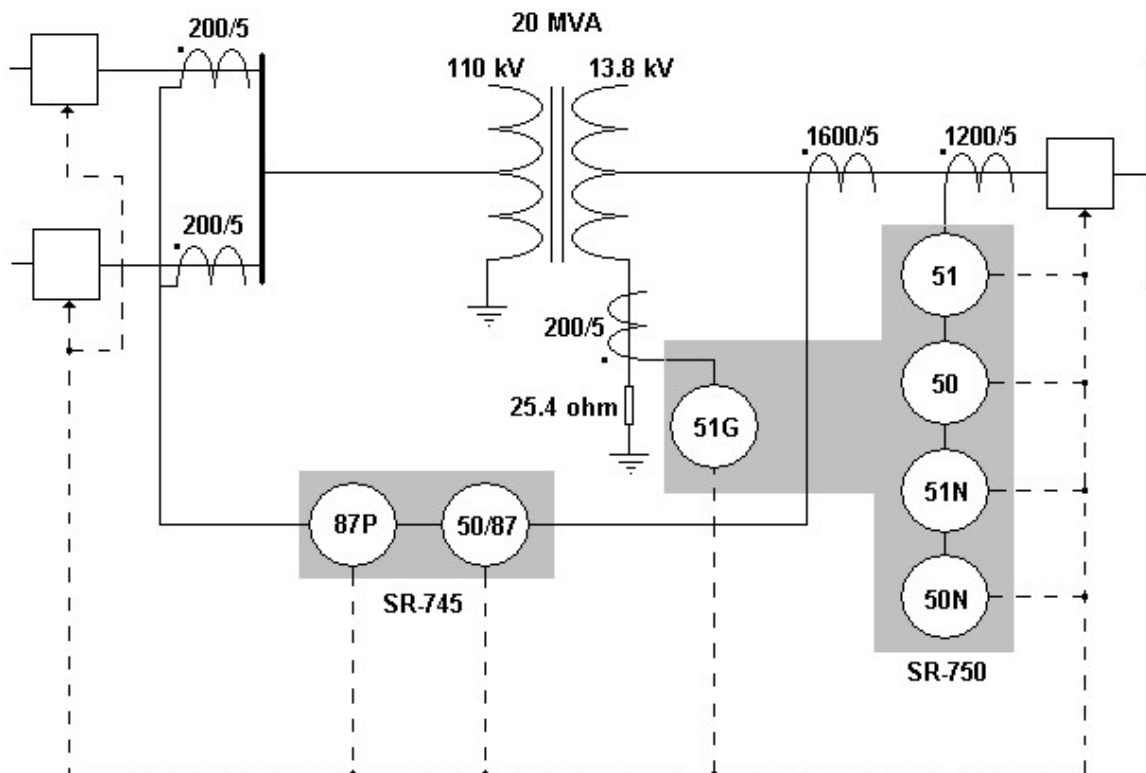


Figura 3. Esquema monolineal de las protecciones instaladas del caso 1