

Consejo Nacional de Operación CNO

Bogotá D.C., 28 de noviembre de 2012

Doctor
ALONSO M. CARDONA DELGADO
Director de Energía
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
Ciudad.

Ministerio de Minas y Energía
Origen: CONSEJO NACIONAL DE OPERACION
Rad: 2012066424 29-11-2012 02:51 PM
Anexos: 0 ANEXOS
Destino: DIRECCION DE ENERGIA ELECTRICA
Serie:

Asunto: Efecto tormentas solares en el sector eléctrico

Respetado Ingeniero Cardona:

En respuesta a su comunicación de fecha 20 de noviembre de 2012, en la que nos solicita información (Oficio recibido de Presidencia OFI12-00122212/JMSC 33010) sobre un conducto o contacto regular con la NASA u otro organismo internacional que alerte sobre posibles tormentas solares, o qué información se tiene sobre este tema y las acciones o estrategias para prevenir daños para el sector eléctrico de este fenómeno solar, le informo que después de socializar su solicitud con los representantes de las empresas que integran el Consejo Nacional de Operación y el Comité de Transmisión del Consejo, no tuvimos acceso a la información de un contacto directo con la NASA u otro organismo internacional que trabaje sobre el tema consultado.

Sin embargo y dado que al interior de algunas de las empresas del sector eléctrico, como ISA y la EEB, el tema sí ha sido objeto de estudio, presentamos a continuación una breve explicación del fenómeno de las tormentas solares, sus posibles impactos para el sector eléctrico y una reseña bibliográfica útil para documentar el tema:

¿Que son las explosiones solares?

Corresponden a una erupción solar que tiene lugar en la corona y la cromosfera solar, calentando plasma a millones de Grados Kelvin. Este fenómeno produce radiación electromagnética en todas las longitudes de onda del espectro electromagnético. Ocurren cuando el campo magnético solar se reorganiza violentamente, liberando energía, lanzando grandes cantidades de masa y fuertes campos magnéticos al espacio.

Consejo Nacional de Operación

CNO

El primer evento de esta naturaleza, "Evento Carrington", fue observado instrumentalmente, de forma casual por el astrónomo Británico Richard Carrington entre el 28 de agosto de 1859 y el 01 de septiembre de 1859.

Ciclo de las tormentas solares:

Como fenómeno previo a la tormenta solar se observan las manchas solares. Estos fenómenos solares, que están compuestos por dos ciclos de manchas solares para volver a la misma orientación tienen un periodo promedio de 22 años. Esto se conoce como el ciclo de Hale, mientras que cada mancha solar tiene un ciclo de 11 años y se conoce con el nombre de ciclo de Schwabe. Los dos ciclos Hale y Schwabe no son exactamente regulares, las series de tiempo muestran una gran variabilidad en su duración, al igual que la intensidad y la forma de onda son diferentes de un ciclo a otro.

¿Cómo se manifiesta en la Tierra?

Luego de una explosión solar los efectos en la tierra pueden tardar en manifestarse de unos 8 minutos hasta días.

Los efectos sensitivos sobre la tierra no son siempre visibles, algunas veces se manifiestan como las llamadas "Aureolas Boreales", sin embargo, la Tierra luego de una erupción solar violenta está expuesta a un bombardeo de radiación que sobrepasan las protecciones naturales combinadas de la Atmósfera, la Magnetosfera y los campos magnéticos propios de la Tierra. Los efectos sobre la Tierra no son completamente cuantificables hoy en día, los principales efectos descubiertos están directamente relacionados con nuestra tecnología y la afectación por la lluvia de partículas de alta energía y fuertes campos magnéticos que puede causar daños en satélites, equipos electrónicos, en redes de transmisión de energía, en transformadores, afectación del clima, incremento de la actividad eléctrica en las nubes, descargas atmosféricas, etc.

¿Cuáles son las afectaciones en activos eléctricos?

Las tormentas solares deforman las líneas de campo magnético natural de la Tierra, produciendo un achatamiento de las líneas de campo magnético en la cara de la Tierra expuesta al "viento solar" y un alargamiento en la cara de la Tierra no expuesta. Adicionalmente el campo natural de la Tierra arrastra y transporta en las líneas de campo magnético terrestre, las partículas cargadas provenientes del Sol, ocasionando un incremento de baja frecuencia que es de mayor concentración en los polos terrestres. Este efecto hace que se produzca un incremento de tensión de baja frecuencia sobre las líneas de transmisión, que en la física eléctrica se interpreta como la adición de una componente DC

Consejo Nacional de Operación

CNO

(una especie de suma de señal de corriente directa), desplazando el cero natural en un sistema eléctrico, lo cual ocasiona un efecto de saturación en los transformadores de potencia con posibilidades de dañarlos. Como ejemplos de ese efecto se pueden citar los ocasionados en el mes de marzo de 1989, cuando una tormenta solar provocó daños en transformadores de potencia y una afectación a 6 millones de usuarios durante nueve horas en Canadá. Los efectos registrados en la red eléctrica de Estados Unidos con alrededor de 200 fallas importantes, entre ellos el de un transformador de la planta nuclear de Salem. Similarmente se presentaron efectos en las redes de transporte eléctrico de Suecia. Todos los anteriores en el Hemisferio Norte, no se tienen registros de afectaciones en redes en países cercanos al Ecuador.

Otros efectos que se presentan en los activos eléctricos pueden ser:

- Calentamiento por saturación de los transformadores que conllevan a mayor demanda de potencia reactiva en el sistema.
- Generación de armónicos que afectan las medidas de relés digitales de varias maneras por medidas erradas por la distorsión armónica y mala operación de relés de tierra (67N y 51N) como consecuencia de los armónicos que generan desbalance.
- La afectación de líneas (especialmente líneas largas, por generación de armónicos) depende de la orientación de las mismas.
- Afectación importante en las comunicaciones.
- Los sistemas se tornan más vulnerables al tener mayor cargabilidad junto con fuerte actividad solar y campo eléctrico de la tierra.
- La fuerte saturación de múltiples transformadores puede llevar a un colapso por voltaje, como el de Hydro Quebec en 1989.

Es importante reiterar que este fenómeno está muy asociado con la cercanía a los polos (latitudes 55 a 70°), desde el norte de Estados Unidos.

¿Cuáles son las afectaciones en activos eléctricos en Colombia?

Con respecto al último ciclo de tormentas solares (2011-2012) se experimentó en algunas líneas de la Empresa de Energía de Bogotá (corredor Guavio-Tunal-Reforma) un incremento del número de salidas, generalmente con recierre originadas por eventos tipo rayo.

Consejo Nacional de Operación

CNO

En la revisión y análisis de las fallas presentadas, se ha encontrado una coincidencia con el ciclo de tormentas solares encontrando además un importante incremento de descargas con corrientes mayores a 100 kA y descargas de frente positivo que generan mayores inducciones en las redes eléctricas por los frentes de onda mas escarpados (fuente red de detección de rayos Linet-Keraunos).

Otras afectaciones:

En el evento del mes de marzo de 1989 se reportaron alteraciones a las orbitas de algunos satélites, recientemente se reporta afectación en las comunicaciones satelitales, afectación de redes de comunicaciones aeroportuarias, GPS, etc. Consideramos que no son conocidos todos los efectos de las tormentas solares tales como: afectación en la orientación de aves, en salud humana, afectación en investigaciones científica, en la exploración petrolera, en el comportamiento de huracanes, etc. y que son materia de investigación.

Sugerencias:

Colombia por estar en un país cerca al Ecuador, los efectos directos sobre la infraestructura eléctrica se estiman en menor impacto con excepción de la afectación en el número y magnitud de las corrientes de descargas atmosféricas.

Dentro de las medidas de mitigación planteadas se sugieren las siguientes:

- Instalar capacitores en retornos de tierra de líneas y transformadores.
- Identificar vulnerabilidades de relés digitales a las corrientes armónicas.
- Elaborar estudios de colapso de voltaje.
- Monitorear y almacenar estadísticas para el análisis detallado de estos fenómenos con sus diferentes variables, posterior evaluación en el diseño y evaluación de impacto en el sistema eléctrico colombiano.
- Incluir en un seminario sectorial el tema de las tormentas solares, la física, la afectación en la Tierra, afectación eléctrica y otros.

Consejo Nacional de Operación CNO

Bibliografía sugerida:

- Physics of Space Storms from the Solar Surface to the Earth (Springer Praxis Books Environmental Sciences).
- Red de detección de rayos Linet-Keraunos
- Manchas Solares, Meteoróloga Gloria León IDEAM.
- Overview of intense geomagnetic storms on the U.S. High Voltage Power Grid. W. a. Radasky.
- Shielding grids from solar storms. T.S. MOLINSKY, W. E. FEERO, B.L. DAMSKY, EPRI.
- The Effects of Geomagnetically Induced Currents (GIC) on Power Systems. Waruna Chandrasena.

Cordialmente,



ALBERTO OLARTE AGUIRRE
Secretario Técnico