

SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTA DE CAMPO MAGNÉTICO PARA SEÑALES PRECURSORAS SÍSMICAS DE MUY BAJAS FRECUENCIAS

N. Trench¹, R. Alonso¹, L. Carducci¹, J. Kelly¹, E. Maffia², E. Zothner¹, J. Zola¹, W.G. Fano^{1*}

¹ Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Bs.As. Argentina. ² Electrónica Aplicada, BsAs, Argentina. *e-mail: gustavo.gf2005@gmail.com

ABSTRACT

This paper describes a telemetry system developed as a receiver of very low frequencies (0.05 Hz to 50 Hz) designed to be used as monitoring and acquisition for the study of seismic precursors by detecting magnetic field variations and other environmental physical phenomena. Construction details and specifications of equipment are explained, which consists of a very high gain and low common mode noise amplifier, an iron core loop antenna for detecting electromagnetic signals, an acquisition system based on a microcontroller of 32 bits for recording signals on an external memory card and data transmission, a system of energy collection and regulation for the autonomy of the equipment, and different sensing devices, such as a radon detector, humidity, temperature, vibrations, among others. For the realization of tests and trials of the prototype, the equipment was installed in Villa Alpina, Córdoba, Argentina, in a rural area with the lowest level of interference noise from public power supply or low voltage networks and located in zones of seismic activity.

Keywords: Magnetic Field, low frequencies, Schumann resonance, measurement system

RESUMEN

En este trabajo se describe un sistema de telemetría desarrollado como receptor de muy bajas frecuencias (0.05 Hz hasta 50 Hz) diseñado para operar como equipo de monitoreo y adquisición para el estudio de precursores sísmicos por detección de variaciones de campo magnético y otros fenómenos físicos ambientales. Se explican los detalles constructivos y especificaciones del equipamiento, el cual consiste de un amplificador de muy alta ganancia y bajo ruido de modo común, una antena lazo con núcleo de hierro para la detección de señales electromagnéticas, un sistema de adquisición basado en un microcontrolador de 32-bit para la grabación de señales en una tarjeta de memoria externa y la transmisión de datos, un sistema de recolección y regulación de energía para la autonomía del equipo, y diferentes dispositivos de sensado, como un detector de gas radón, humedad, temperatura, vibraciones, entre otros. Para la realización de ensayos y pruebas del prototipo, el equipo se instaló en la localidad de Villa Alpina, Córdoba, Argentina, en una zona rural con menor nivel de ruido interferente de las redes públicas de suministro eléctrico de baja o media tensión y ubicado en zonas de actividad sísmica.

Palabras Clave: Campo magnético, bajas frecuencias, resonancias de Schumann, sistema de medición

1. Introducción

El objetivo de este trabajo se encuentra en el marco del proyecto UBACyT 2016-2018 Código: 20020150100085BA, que se trata del estudio y medición de campo magnéticos en zonas sísmicas, con el objetivo de estudiar la presencia de ondas precursoras electromagnéticas. Con este objetivo se ha diseñado y construido un equipo para medir en forma remota y automática las variaciones de campo magnético de muy bajas frecuencias, que permiten detectar señales naturales. Entre dichas señales se destacan las variaciones del campo magnético producidas por movimientos sísmicos. Por ello al equipo se lo denomina "Monitor de precursores sísmicos".

La instalación se hizo en la Localidad de Villa Alpina, Córdoba, Argentina, donde el tendido de la red eléctrica más cercano se encuentra a 8 km, mitigando en forma importante la interferencia de las señales de 50 Hz sobre el equipo, que provocaría lecturas erróneas en los valores de medición. En este lugar se habían



realizado mediciones previas de campo magnético en el año 2011 (Maffia *et al.*). Precisamente en dicha zona ocurren movimientos sísmicos y el equipo allí instalado opera realizando muestreos de la señal con el objetivo de detectar señales electromagnéticas precursoras de movimientos sísmicos.

Se puede observar en la Figura 1 un diagrama en bloques del equipo. Mediante una antena bobina con núcleo de hierro, se captan variaciones de campo magnético menores al nano Tesla, para frecuencias inferiores a los 50 Hz. El campo magnético se traduce a una señal eléctrica del orden de los microVolts, amplificada por un amplificador de muy alta ganancia y bajo ruido. La señal amplificada es luego procesada en forma digital mediante un convertidor analógico digital y un microcontrolador que almacena los valores medidos en una tarjeta de memoria.



Figura 1. Diagrama en bloques del "Monitor de Precursores sísmicos"

2. El equipo de medición

2.1. Aspectos generales

En la Figura 1 se muestra un diagrama bloques del *"Monitor de precursores sísmicos"*. El equipo recibe la señal de una bobina de inducción de alta sensibilidad, la que es amplificada por un amplificador de muy alta ganancia (MOLA¹) de 100 dB, que ya tiene incorporado un filtro en 50 Hz para mitigar la interferencia de la señal de 50 Hz de la red eléctrica pública, aunque como se indicó, la ubicación del equipo se encuentra alejada de por sí de esta fuente altamente interferente. Dicho amplificador fue diseñado para recibir señales de ELF/ULF en el rango de 0.05 a 50 Hz.

El equipo cuenta con tres amplificadores MOLA (y tres bobinas captoras), ya que se prevé en su uso com-

(1) La sigla MOLA corresponde a Minimum Open Loop Amplifier. Este amplificador es un diseño novedoso, que se encuentra en trámite de patentamiento.



pleto, con tres canales de recepción de variaciones de campo en distintos ejes. En este trabajo se describe el equipo en su funcionamiento por un solo canal, ya que el proceso de adquisición de señal es similar en los otros. Para la señal analógica ya amplificada, el equipo consta de una etapa digital con una placa de adquisición de datos (con muestreo de 3 canales, uno para cada amplificador) con una resolución de 12 Bits y frecuencia de muestreo de 100 Hz. Dicha placa graba en una tarjeta de memoria SD un archivo de datos cada 1 minuto de recepción.

2.2. Sistema de alimentación y eliminación de errores de adquisición

El sistema de alimentación se diseñó para alimentar independientemente la parte analógica y la parte digital de adquisición. Se han blindado los distintos bloques para evitar señales interferentes que afecten la respuesta del equipo. De la misma forma para evitar un error en el muestreo de la señal se agregó un filtro anti-aliasing, como así también ruidos de fluctuación de la fuente que alimenta la etapa digital, producidos por la grabación de datos en la memoria SD.

Como se dijo, el sistema de alimentación consta de dos circuitos independientes. Por un lado para alimentar la parte digital, la placa de adquisición de datos. Se utiliza un banco de baterías de Gel VLRA de 12 V y 14 Ah e ingresa al módulo Cargador/Controlador/Regulador de 12 V junto con la energía que genera un panel fotovoltaico de 12 V 30 W. Este módulo carga la batería a tensión nominal. Para la alimentación de la parte analógica se utilizan dos baterías en serie de 12 V 7 Ah, también conectadas a dos paneles solares de 12 V 5 W. Este módulo entrega las tensiones de +/-9 V para alimentar exclusivamente al amplificadores MOLA con un límite de corriente máximo de carga de 0.2 A. Teniendo en cuenta los consumos del equipo, las baterías y los paneles solares utilizados se elaboró un cálculo estimado de la autonomía del equipo, que arrojó el valor de aproximadamente 4 días.

El equipo de medición se instaló en un gabinete metálico con los bancos de baterías en una maleta plástica estanca, luego se colocó todo en un domo plástico azul como se puede ver en la Figura 2. Se le dió una orientación e inclinación adecuada a los paneles solares. Para recibir mayor radiación solar se instalaron en un poste junto al equipamiento como se puede ver en la Figuras 2a y 2b.

Figura 2. a) Vista de los paneles solares utilizados. b) Instalación del equipo en el exterior con un domo de protección y paneles solares para operar en forma autónoma con las baterías. c) bandeja de rack con el equipo. d) Desarrollo de la bobina de captación.

2.3 La bobina de captación

La bobina de Captación o Antena lazo para captar campo magnético de Ultra baja frecuencia, es el sensor principal del equipo. La misma consta de un núcleo de hierro dulce y sendos carretes bobinados, ocho en total, formando una bobina del tipo solenoide. Las características principales de la bobina obtenida son: 96000 vueltas, elevado valor de inductancia, alta resistencia interna y moderada permitividad magnética (por ser hierro dulce y presentar mucho flujo disperso por su conformación como solenoide abierto). Se utilizó un alambre de 0.12 mm y el núcleo se lo construyó con planchuelas de 25.4 mm x 5 mm x 1 m de hierro dulce y láminas de transformador de Fe-Si intercaladas. En las Figuras 2 y 3 se muestra un detalle de su construcción. Luego de armada se le colocó a modo de blindaje de campo eléctrico papel de aluminio y se introdujo en un caño de PVC de 60 mm x 1.2 m con dos tapones herméticos, con el fin de protegerlas de la intemperie. En los extremos se colocaron dos conectores RCA conectados a la bobina, y dos cables blindados de 5 m de largo que conectan a la entrada del amplificador MOLA.

Se midió el valor de inductancia de la bobina de inducción aplicando una señal de onda cuadrada de baja

Figura 3. Detalle constructivo del núcleo de la bobina de Inducción

frecuencia con un generador de señal, conectando una resistencia $R = 10 k\Omega$ en serie con la bobina. Luego, midiendo con el osciloscopio, y considerando que la resistencia medida del alambre es unos , se obtiene un valor de inductancia equivalente de aproximadamente 2500 H.

Cabe aclarar, que no se tuvieron en cuenta el efecto de capacitancias parásitas de cada núcleo y entre los núcleos que determinarán otras frecuencias auto-resonantes, que están por encima de la zona de las frecuencias de trabajo.

3. Mediciones y resultados preliminares

Las señales naturales que se han detectado son las resonancias de Schumann cuyo nivel de señal son del orden del pico Tesla. Además fue posible la detección de distintas señales interferentes artificiales como el efecto microfónico producido por el viento, grupos electrógenos locales y equipos electrónicos que generan interferencias distantes.

Para la calibración y ajuste del equipo, se usó la detección de las resonancias de Schumann. Durante este proceso, quedó en evidencia la sensibilidad del equipo al detectarse distintas señales interferentes artificiales, como movimiento de alambrados, animales o el paso de automóviles. En la Fig.4 se muestran los datos obtenidos por el equipo utilizando MatLab, de las resonancias de Schumann en un muestreo aplicando dos técnicas de refinamiento diferentes.

Figura 4. Datos obtenidos de las Resonancias de Schumann detectadas durante la calibración del "Monitor de precursores sísmicos", aplicando dos técnicas de refinamiento digital diferentes.

4. Conclusiones

En este trabajo se presenta el equipo de medición de campo magnético de muy bajas frecuencias denominado: *"Monitor de precursores sísmicos"*, sus detalles de diseño y de construcción, que ha sido instalado en la zona de Villa Alpina, Córdoba, Argentina. A efectos de observar el funcionamiento se presentaron las mediciones de las resonancias de Schumann. Por último se agradece a la Universidad de Buenos Aires por la ayuda recibida mediante el proyecto UBACyT Código: 20020150100085BA.

Referencias

- Maffia, E., Trainotti, V., Fano W.G. y Trench. 2011. Medición de la Resonancia de Schumann. Latinmag Letters, Volume 1, Special Issue (2011), A02, 1-8. Proceedings Tandil, Argentina
- Palangio P., Masci F., Di Persio M., and Di Lorenzo C. 2008. Electromagnetic field measurements in ULF-ELF-VLF [0.001 Hz–100 KHz] bands. *Advances in Geosciences*, N° 14, p.69–73.