

"NUEVO MONITOR DE RADON PARA PROSPECCION DE URANIO"

J.C. Dezzutti, A.B. Frigerio, H.E. Goya y E. Matatagui

La utilidad de la determinación de concentración de radón superficial como indicador de la presencia de uranio es conocida desde hace tiempo. Tal utilidad se basa en que el uranio es radioactivo, y en la mitad de la cadena de desintegración del isótopo ^{238}U está el ^{222}Rn (radón o emanación) que es un gas noble y emisor alfa. Por ser un gas se filtra a través del suelo, pudiendo así detectarse mineralizaciones de uranio enterradas. Métodos más convencionales, basados en detección gamma (radiación es ta proveniente principalmente, del ^{214}Bi , a su vez hija del ^{222}Rn) requiere que los yacimientos estén prácticamente aflorantes o bien es necesario hacer perforaciones y análisis de suelos y aguas.

La vida del ^{222}Rn es de 3,8 días, y por lo tanto, se concentra principalmente sobre zonas de interés.

Además, las curvas de isocncentración de radón permiten determinar, con bajo costo operativo, las zonas de localización preferencial de mineral de uranio, evitando así gastos de perforación inconducentes.

La técnica habitual en la determinación de las concentraciones de radón consiste en la extracción de muestras gaseosas del suelo por succión y el conteo de la actividad alfa del radón extraído, sea por centelleo (Szn Ag) o por utilización de cámaras de ionización.

Más recientemente, se ha puesto énfasis en la realización de medidas estáticas para la determinación de concentraciones de radón. Para ello, es necesario integrar la actividad alfa durante un tiempo suficientemente largo, a los efectos de obtener resultados más significativos. Así, se hace necesario cubrir la zona de interés con una malla adecuada y realizar, en forma simultánea, en distintos puntos determinaciones de la concentración de radón durante el tiempo necesario.

Un método usado en la actualidad es el del "Track Etch", que consiste en una lámina de plástico sensible a partículas alfa adherida en el fondo de un vaso plástico que se coloca invertido en un pozo efectuado en el lugar a medir, donde se va acumulando el radón que emana del suelo, llegando en principio a una concentración de equilibrio en aproximadamente cuatro (4) días.

Una alternativa a ese método se basa en el empleo de detectores de estado sólido extremadamente sensibles a la radiación alfa (e insensibles a gamma o beta) y de baja tensión de operación. Con este sensor complementado con electrónica de bajo consumo, se ha diseñado en este Departamento de Instrumentación y Control, un instrumento portátil, liviano, de electrónica confiable y apto para mediciones en campaña de larga duración. Esta solución permite además, la lectura en el terreno de las cuentas registradas en el período de medición, lo que permite tomar decisiones sobre el campo, tal como el redimensionamiento de una malla con el objeto de circunscribir la anomalía de interés con mayor precisión.

DESCRIPCION

El aspecto exterior es el de un cilindro anodizado de 380 mm. de largo y 63 mm. de diámetro, por uno de cuyos extremos se ve la ventana del detector (de mylard de 4 micrones aluminizado) al fondo de una copa de nylon. El mylard está aluminizado para impedir el paso de la luz a la que el detector es sensible. La profundidad de la copa es de 7 cm. Esta longitud surge del compromiso entre tener el máximo volumen activo pero de largo no mayor que el recorrido posible de las alfas de máxima energía que aparecen en el decaimiento del radón. El extremo superior tiene una tapa de lucite ajustada con un tapón roscado a un lado del cuál puede verse el display donde se presenta la información de conteo y tiempo, y al otro, el alojamiento para el imán que acciona un reed relay con el que se enciende el equipo (de manera que el conjunto sea hermético).

El detector está contenido a su vez en una camarita estanca conectada a una plaqueta circular con la etapa preamplificadora. Encima están colocados los alojamientos para las tres (3) pilas alcalinas de 1,5 V de alimentación del circuito y para las tres (3) baterías de 9 Volts que alimentan el detector.

En una plaqueta vertical está dispuesta toda la electrónica de amplificación, discriminación y conteo que culmina en un display con zócalo en forma de "L".

ELECTRONICA DEL MONITOR

a) Consideraciones generales:

La electrónica ha sido diseñada teniendo en cuenta el fin específico del equipo, es decir, la medición de la actividad alfa del radón RA^{222} . Puesto que el volumen de la muestra a contar es el contenido en la copa, es de suponer que las partículas llegarán al detector con energía diferentes y proporcionales a la distancia existente entre el lugar de la copa en que se produjo la desintegración y el detector, por lo que es de esperar un espectro continuo entre 0 y aproximadamente 7 Mev. dado que es necesario computar la pérdida de energía por frenaje en la película protectora de mylard (del orden de 4 micrones) del detector. Esto hace que los requerimientos de relación señal-ruido, capacidad de entrada, etc., no sean tan severos como los impuestos a los preamplificadores convencionales de espectrometría.

No obstante el instrumento ha de ser usado en campaña y entonces, sí es necesario que tenga una gran autonomía y deseable que su costo de operación sea bajo. Esto, para las condiciones de nuestro mercado proveedor de baterías conduce a un muy bajo consumo con pocos elementos, para lo cuál, las distintas etapas deberán funcionar a un régimen de corriente de trabajo muy bajo, con la consiguiente influencia magnificada de los distintos parámetros de los transistores, los que automáticamente imponen restricciones al funcionamiento del preamplificador especialmente, que lo hacen inútil para ser utilizado en otro campo.

Teniendo en cuenta estas consideraciones se ha proyectado un sistema alimentado por tres (3) pilas alcalinas de las que comunmente se encuentran en plaza con un consumo total de alrededor de 650 microamperes lo que dá una autonomía para un decaimiento del 5% de la tensión de alimentación de alrededor de cuarenta y cinco (45) días.

La polarización del detector se logra por separado recurriendo a un conjunto de baterías de 9 V cuyo número puede variar entre dos y tres elementos de acuerdo a las características de los detectores.

Dado que la corriente que proveen estas baterías es la de pérdidas del detector (del orden del microamper) se considera que la duración de las mismas es, desde el punto de vista del consumo, prácticamente ilimitada.

b) Descripción del circuito:

El circuito consta de tres etapas bien diferenciadas:

- a.- preamplificador y amplificador
- b.- discriminador
- c.- contador y reloj

Preamplificador y amplificador:

Dadas las consideraciones hechas anteriormente sobre el consumo, se ha tratado de obtener la máxima ganancia con el mínimo consumo. Para ello se ha partido de la configuración básica de los preamplificadores de carga (emisor común - base a masa - seguido por emisor con bootstrap al base común) en el que, dado que no es aquí necesario prestar extremada atención al ruido de la primer etapa, se ha reemplazado el clásico FET de entrada por un transistor bipolar en beneficio de una mayor trasconductancia a baja corriente (20 microamperes) con el consiguiente aumento de ganancia. Se ha conseguido así obtener una ganancia a lazo abierto del orden de las 1000 veces.

La poca disponibilidad de tensión hace que la resistencia de realimentación no pueda ser lo usualmente grande, por lo que es necesario reducir la capacidad integradora, para obtener una mejora en la ganancia de conversión. Se ha trabajado así con una capacidad de 1,5 pf y una resistencia de 10 M.Ohms, lo que asegura una estabilidad en la ganancia para variaciones de la capacidad del detector del 10% mejor que el 1%.

La salida del preamplificador se acopla a dos etapas amplificadoras de tensión fuertemente realimentadas a fin de obtener estabilidad en el punto de reposo, la que es crítica, ya que se trabaja con corrientes muy pequeñas y altas resistencias de polarización y de carga (del orden de los 50 K - 100 K) a través de un diferenciador que a la vez que limita el ruido conforma la señal de salida.

Las mediciones hechas en laboratorio permiten esperar una variación en la ganancia mejor que el 0,1%/°C en variaciones de temperatura entre - 20°C y + 50°C.

Discriminador:

El discriminador fué diseñado reuniendo a un diodo tunel de muy baja corriente de pico y buena estabilidad del mismo. Para el diodo elegido el corrimiento del valor de pico es del $0.1\%/^{\circ}\text{C}$. Sin embargo el circuito se autocompensó y las mediciones de laboratorio arrojaron un corrimiento del orden del $0.5\%/^{\circ}\text{C}$ para el rango comprendido entre -20°C y $+20^{\circ}\text{C}$ y muy inferior para temperaturas mayores (siempre respecto al valor de 20°C).

Un ajuste de nivel permite bloquear pulsos de ruido, y se ha previsto así mismo que posea una buena capacidad de regulación a fin de poder compensar diferencias de sensibilidad de los detectores.

Circuito contador y reloj:

El circuito contador se ha implementado con dispositivos LSI y MSI de tecnología CMOS con lo cuál se asegura un muy bajo consumo.

El contador tiene una capacidad de 10^5 cuentas y el reloj de 10^4 horas. El exceso en la capacidad del reloj se debe a que, a fin de abaratar costos de producción, se decidió hacer exactamente iguales ambos canales, lo que permite además la presentación de ambos datos (cuentas y horas) en un solo indicador numérico aprovechando el hecho de que los circuitos elegidos son del tipo de lógica de tres niveles.

El canal "Tiempo" se incrementa en una cuenta cada décima de hora y se ha incluido una lógica que permite visualizar esta información, apareciendo el punto decimal cada vez que aparece el tiempo transcurrido en el indicador, lo que por otra parte, permite identificar ambas informaciones, ya que ambos se conmutan automáticamente cada tres (3) segundos aproximadamente.

Dado que el indicador permanece apagado y es necesario conectarlo exteriormente a fin de poder realizar las lecturas, no existe señal alguna externa que indique la condición de funcionamiento del equipo. A fin de que el operador pueda asegurarse que se ha accionado correctamente el interruptor de encendido (que dado que el mismo debe ser estanco consiste en un reed relay accionado exteriormente por un imán) se ha incluido una señal de "Operación" consistente en el encendido de todos los puntos del display durante un (1) segundo aproximadamente posterior al instante de cierre del reed relay.

Asimismo, se ha previsto la posibilidad de que el equipo sature su capacidad de conteo, para lo cuál se ha agregado una lógica de enclavamiento de ambos canales, lo que permite determinar en cuanto tiempo se ha producido la misma.

Se ha calculado la confiabilidad del equipo siguiendo las normas de práctica y esta arrojó una vida media entre fallas de 30000 horas.

Asimismo, el error por apilamiento ha demostrado ser inferior al 5% para un registro de 6000 c/seg. cuando se usan pulsos distribuidos estadísticamente.

Actualmente se ha construido cinco prototipos, con los cuales se han realizado pruebas mencionadas y se han ensayado métodos de calibración y puesta a punto. Además, se ha entregado la documentación necesaria para la fabricación de doscientos (200) aparatos más de este tipo.