

Galvanostato para preparación de muestras por electrodeposición

Oscar Baltuano*, Eduardo Montoya, Yuri Hernández

Dirección de Investigación y Desarrollo, Instituto Peruano de Energía Nuclear,
Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

Resumen

Se ha sido diseñado y construido un galvanostato o fuente de corriente constante, para ser utilizado en la preparación de muestras o experimentos de laboratorio por electrodeposición. El prototipo construido es de bajo costo, pues utiliza componentes comercialmente disponibles. Este equipo permite entregar valores de corriente desde 0,2 hasta 2,5 amperios, que pueden ser prefijados por el usuario. El sistema electrónico varía automáticamente el voltaje de salida, entre 0 y 50 V, para mantener constante la corriente eléctrica aplicada sobre la carga. El prototipo desarrollado se ha usado para la preparación de muestras de uranio por electrodeposición, las cuales han sido posteriormente analizadas por espectrometría alfa para determinar su composición isotópica.

Abstract

A galvanostate or constant current source, has been designed and built, to be used in sample preparation or other electro-deposition laboratory experiments. The prototype is of low cost because uses only widely available commercial components. The equipment is able to source current values from 0.2 to 2.5 amperes, which can be chosen by the user. The electronic system varies automatically the voltage between 0 and 50 volts, in order to keep constant the electrical current applied on the load. The developed prototype has been useful for uranium sample preparation, by electro-deposition, which have been after analyzed by alpha spectrometry for determining its isotopic composition.

1. Introducción

Un galvanostato o amperostato es un equipo electrónico que permite mantener una corriente constante sobre una carga o resistencia, independientemente del valor de la misma. La corriente deseada sobre la carga puede ser prefijada dentro de los valores de diseño del equipo, en tanto el voltaje entre los terminales variará automáticamente, dependiendo del valor de la resistencia y manteniendo la corriente constante.

Un equipo de este tipo es muy utilizado en estudios de electroquímica para experimentos de corrosión o para realizar la deposición de ciertos metales sobre una superficie conductora (electrodeposición). Los galvanostatos pueden tener dos variantes importantes, los denominados “flotantes”, en los cuales la carga debe estar aislada del punto de tierra del equipo y los denominados “grounded”, en los cuales la carga va puesta a tierra.

En este reporte describimos el diseño y construcción de un galvanostato tipo “flotante” con una capacidad de corriente de hasta 2.5A, para uso en experimentos de electrodeposición en laboratorio.

2. Experimental

2.1 Diseño de ingeniería básica

El principio de operación del galvanostato se muestra en la Figura 1, el mismo que está basado en la característica de amplificador de corriente de un transistor de potencia 2N3055 [1]. Una fuente de voltaje regulada ajustable, de baja corriente, se utiliza para fijar el voltaje de la base del transistor, en tanto la carga sobre la que circulará la corriente del equipos va sobre el circuito de colector. En estas condiciones, la corriente en la carga viene dada por:

$$I = \frac{V_o - V_{BE}}{RE}$$

Donde V_o es el voltaje de salida de la fuente de voltaje regulada ajustable, V_{BE} es el voltaje de la juntura base-emisor del transistor el cual tiene un valor nominal 0.8 V aproximadamente y cuyo valor puede cambiar ligeramente con la temperatura. La resistencia de emisor (RE) debe ser de alta potencia y su valor es calculado en función de la corriente máxima sobre la carga (I).

* Correspondencia autor: obaltuano@ipen.gob.pe

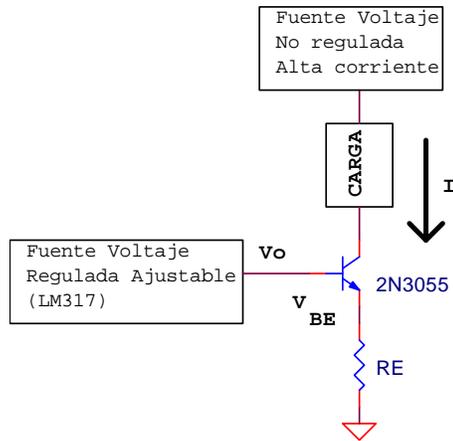


Figura 1. Diagrama de bloques del galvanostato.

2.2 Ingeniería de detalle

Se estableció como criterio de diseño un valor máximo de corriente I , de 2.5A y de acuerdo con el esquema de la Figura 1 se han establecido los valores siguientes:

$$R_E = 3.3 \Omega, V_{BE} = 0.8 \text{ V}$$

Con los datos anteriores se puede observar que el voltaje V_o debe tener un valor máximo de:

$$V_o = I \cdot R_E + V_{BE}$$

$$V_o = 2.5A \cdot 3.3\Omega + 0.8V = 9.05V$$

Por otro lado, la ganancia de corriente (β) del transistor 2N3055 tiene un valor mínimo de 20, con lo cual la corriente máxima que debe poder entregar la fuente de voltaje regulada (V_o) ajustable es de:

$$I_{o_{max}} = 2.5A / 20 = 125 \text{ mA}$$

De lo anterior, puede observarse que los valores máximos de voltaje y corriente para la fuente que proporciona V_o están dentro del rango de operación de un CI LM317 [2], el cual puede generar una salida de voltaje regulada ajustable desde 1.25V hasta el valor máximo determinado por las resistencias usadas en el lazo de retroalimentación del mismo. En la Figura 2 puede observarse el diagrama simplificado para un regulador basado en el CI LM317. El voltaje de salida V_o se controla con el potenciómetro de precisión R_B , de 2K.

Se ha adicionado una resistencia R_C en paralelo con el potenciómetro R_B con la finalidad de limitar el voltaje de salida V_o a un valor máximo de 9.2V (valor cercano a 9.05V) según los criterios establecidos previamente.

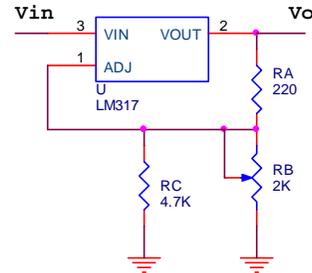


Figura 2. Diagrama simplificado de conexión de un CI LM317.

La expresión que determina el valor V_o vendrá dada por:

$$V_o = 1.25 \left(\frac{R_A + R_B // R_C}{R_A} \right)$$

Puede observarse que la inclusión de la resistencia R_C , introduce una ligera no linealidad (Figura 3) entre el voltaje de salida V_o y su relación con la posición del eje del potenciómetro R_B ; sin embargo, esta no linealidad no es significativa para la operación del mismo, debido a que al ser un potenciómetro de varias vueltas, la precisión se sigue manteniendo.

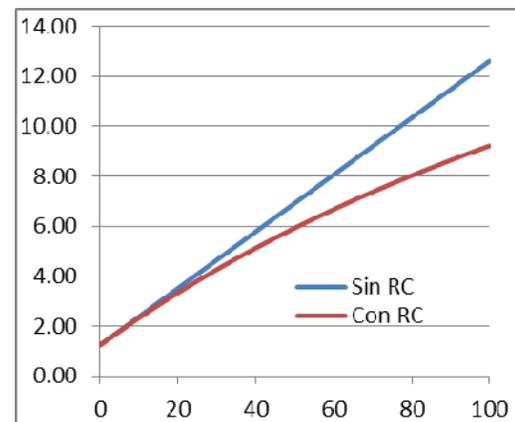


Figura 3. Efecto de la resistencia R_C sobre el voltaje de salida V_o de acuerdo a la posición porcentual del eje del potenciómetro R_B .

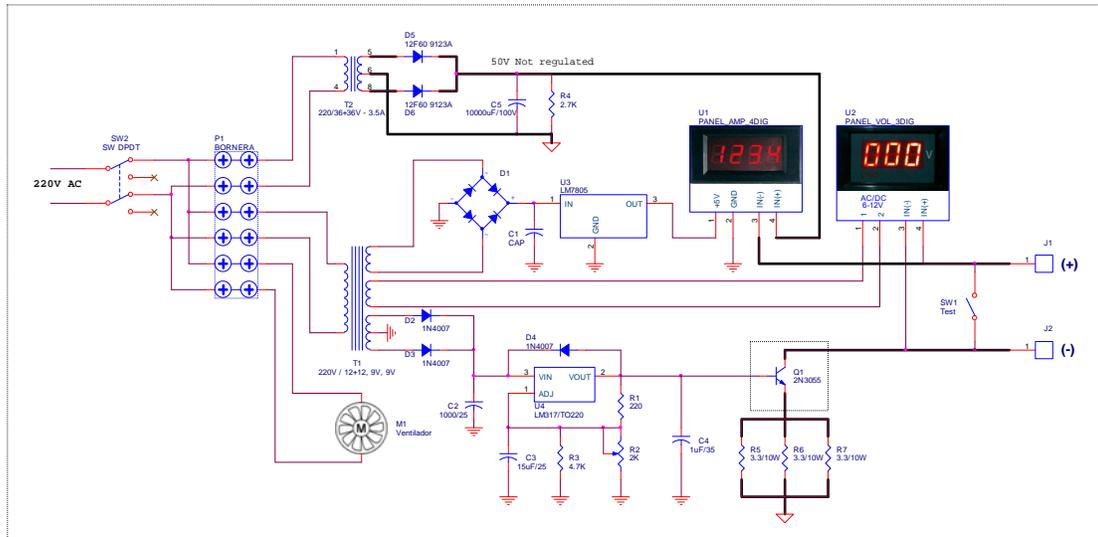


Figura 4. Diagrama esquemático completo del galvanostato que ha sido construido.

2.3 Integración final

Las etapas descritas en las secciones anteriores han sido integradas (Figura 4) de acuerdo con los criterios de diseño. Se ha utilizado un transformador de baja corriente con varios devanados secundarios (T1) para proporcionar voltajes a la fuente regulada V_o y para la alimentación de medidores de voltaje y la corriente de salida del equipo. Otro transformador de alta corriente (T2), con devanado secundario con toma central (36+36V – 3A), entrega la corriente aplicada sobre la carga. Luego del proceso de rectificación el transformador proporcionará una tensión máxima no regulada de 50V a 3A.

3. Montaje y puesta en operación

El montaje de todo el equipo se realizó en un gabinete de aluminio. Sobre el frente del mismo se ha montado la perilla acoplada al potenciómetro de precisión, para ajustar la corriente deseada. Con la finalidad de facilitar la lectura de parámetros de operación al usuario, se ha incorporado un medidor de corriente y un medidor de voltaje, ambos digitales en la parte frontal del equipo (Figura 5).

El equipo ha sido puesto a prueba para acondicionar las muestras mediante la electrodeposición de una fina capa de uranio de muestras de suelos, las cuales posteriormente han sido estudiadas por espectrometría alfa para determinar su composición isotópica [3]. Para este proceso

se construyó una celda electroquímica que permite realizar la deposición sobre un disco de acero inoxidable pulido (Figura 6).



Figura 5. Primer plano del panel frontal del gabinete del galvanostato que ha sido construido.



Figura 6. Celda electroquímica utilizada para realizar electrodeposición de uranio sobre un disco de acero inoxidable usando el galvanostato desarrollado.

En este experimento se configuró una corriente de 1A aplicada durante 2 horas sobre la celda electroquímica. La estabilidad de la corriente se mantuvo con una incertidumbre menor a 10 mA, correspondiente al dígito menos significativo del amperímetro digital. Cabe mencionar que dicha estabilidad se logra cuando el transistor de potencia alcanza la temperatura de operación con carga, en razón que la caída de tensión en la juntura base-emisor es dependiente de la temperatura. Por ello, es necesario esperar algunos minutos de operación, con carga, para obtener la mayor estabilidad de la corriente.

4. Conclusiones

El concepto de diseño de este galvanostato es extremadamente simple, pero funcionalmente el equipo desarrollado cumple con todas las especificaciones y requerimientos de operación por parte del usuario. El costo de

fabricación del galvanostato descrito es una fracción pequeña comparado con el costo de un equipo comercial equivalente.

5. Bibliografía

- [1] On Semiconductor, 2N3055 Complementary Power Transistor Datasheet, 2008.
- [2] National Semiconductor, LM117/LM317A/LM317 3-Terminal Adjustable Regulator Datasheet, 2006.
- [3] Montoya E, Mendoza P, Bedregal P, Baltuano O, Cohen IM. A combined method of neutron activation analysis and radiometric measurements for ^{234}U and ^{238}U determination in soil samples of low uranium concentration. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 2012 January; 291(1):175–178.