

CAPITULO X

EL POTENCIOMETRO

10.1 INTRODUCCION.

La determinación experimental del valor de un voltaje DC se hace generalmente utilizando un voltímetro o un osciloscopio. Ahora bien, los dos instrumentos mencionados presentan una cierta resistencia interna, más o menos alta, pero finita al fin y al cabo, y por lo tanto modifican en mayor o menor grado el circuito al que son conectados para realizar la medición.

Si para una cierta medición se requiere una exactitud elevada, es necesario utilizar algún método que no modifique las características del circuito bajo estudio. Como vimos anteriormente, la forma de conseguir esto es emplear un método de detección de cero.

El Potenciómetro es un instrumento que se basa en este método para determinar el voltaje entre dos terminales. A continuación vamos a estudiar su principio de funcionamiento.

10.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

Supongamos que tenemos un circuito como el de la Figura 1,

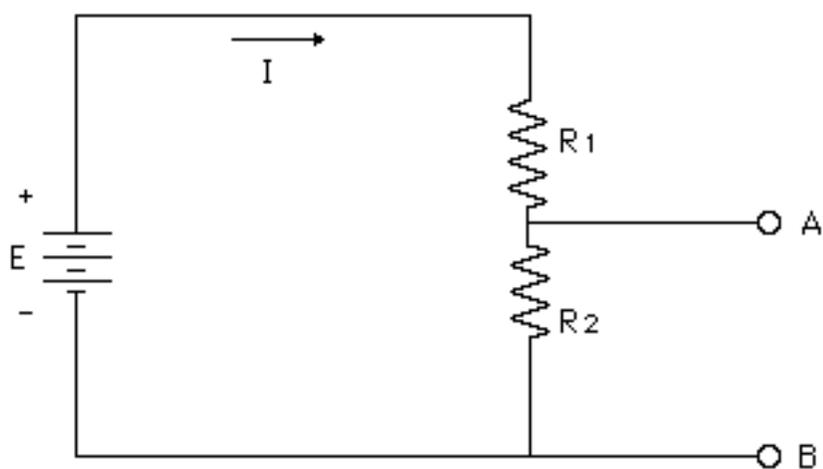


Fig. 1.- Circuito bajo estudio

y queremos determinar el voltaje entre los terminales A y B sin modificar en absoluto la corriente I . Debido a esta última condición, no podemos conectar entre estos puntos ningún instrumento de deflexión que tenga resistencia interna, ya que por grande que ésta sea, modificará la corriente total entregada por la fuente.

Supongamos ahora que tenemos una fuente de poder variable V_f , calibrada con mucha exactitud. Entre los terminales A y B del circuito anterior vamos a conectar dicha fuente y un galvanómetro, como podemos observar en la Figura 2.

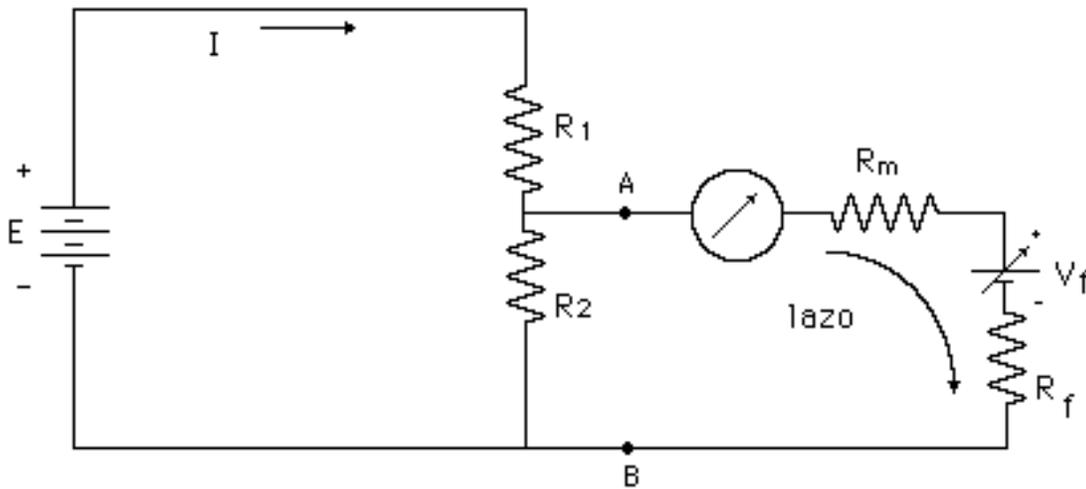


Fig. 2.- Conexión de la fuente V_f y un galvanómetro.

Si variamos el voltaje V_f hasta conseguir que la corriente por el galvanómetro sea igual a cero, se cumplirá:

$$V_{AB} = V_f \quad (10.1)$$

Por lo tanto utilizando este método podemos conocer el valor de V_{AB} con la misma exactitud que el de V_f sin modificar la corriente I . Al no circular corriente por la rama donde se encuentra el galvanómetro, la resistencia interna de éste y la de la fuente de poder V_f no tienen ninguna influencia en la medición.

Ahora bien, una fuente de poder variable, calibrada con mucha exactitud, es difícil de obtener, por lo que en lugar de ella, se utiliza una fuente fija y una resistencia variable de precisión, como podemos observar en la Figura 3.

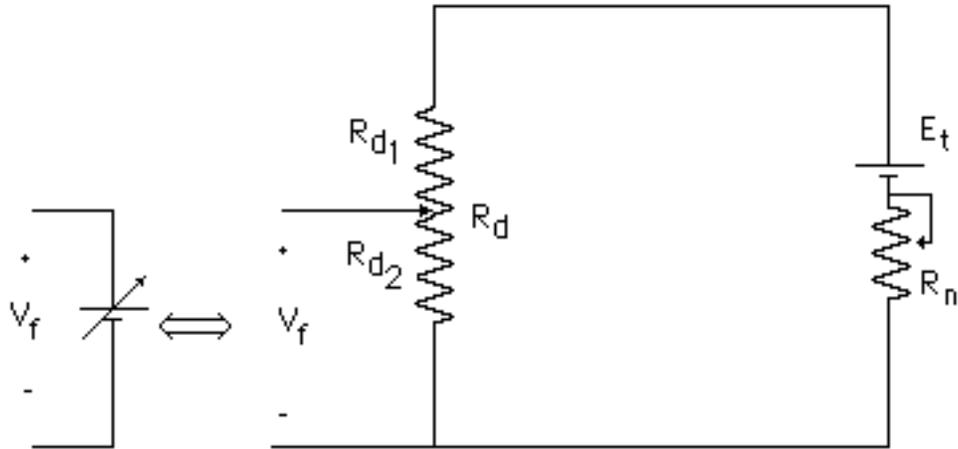


Fig. 3.- Sistema para la fuente variable

E_t es una batería fija, denominada generalmente batería de trabajo.

R_d es una resistencia de precisión con un contacto deslizante. Por lo general esta resistencia está constituida por un alambre que tiene una resistividad por unidad de longitud conocida y uniforme a lo largo de todo el alambre. Además, anexa al alambre hay una escala calibrada en unidades de longitud, por lo que es sencillo determinar la resistencia existente entre el contacto fijo y el deslizante si conocemos la posición de éste último (mediante la escala mencionada).

R_n es una resistencia de normalización de la que hablaremos más adelante.

Según como hemos especificado el circuito, para seguir teniendo exactitud en el voltaje V_f , es necesario que además de la resistencia R_d , la batería de trabajo E_t también sea de precisión. Pero esto nos limitaría a diseñar instrumentos que tuvieran como voltaje máximo el de las baterías patrón existentes en el mercado, lo cual restringe mucho las posibilidades de un instrumento que puede ser de mucha utilidad en todas aquellas mediciones de voltaje en las que se necesite gran exactitud.

Para darle más flexibilidad a este sistema de medición de voltajes procedemos de la siguiente forma:

Vamos a utilizar como batería de trabajo una batería o fuente continua de uso común, de valor apropiado para que el potenciómetro cubra la gama de valores que deseemos, y además vamos a emplear una batería patrón cuya única condición con respecto a su voltaje nominal es que éste se encuentre dentro del rango de valores especificados para el potenciómetro.

Escogemos la resistencia a la que vamos a hacer corresponder el voltaje de la batería patrón y colocamos el contacto deslizante en esa posición.

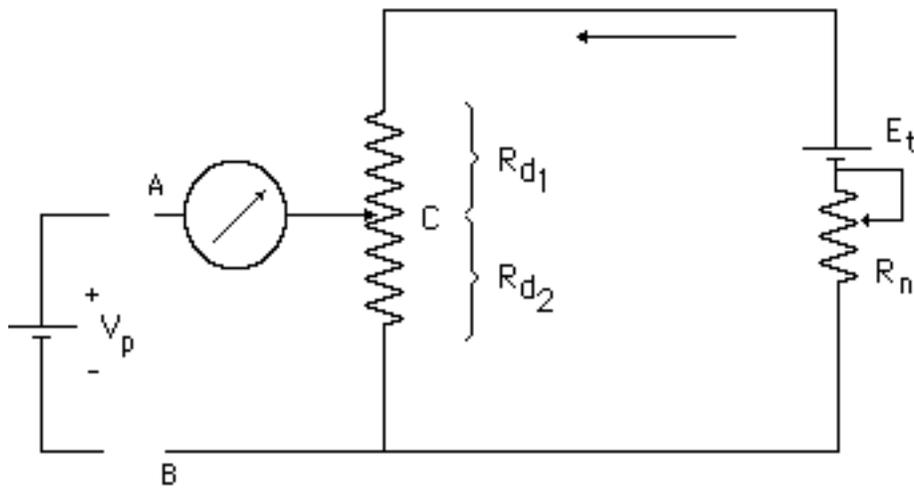


Fig. 4.- Sistema con fuente común y batería patrón.

Conectamos la batería patrón V_p entre los terminales A y B, como podemos observar en la Figura 4, y ajustamos la resistencia R_n , de forma tal que por el galvanómetro no circule corriente. De esta forma hemos fijado el voltaje que va a tener el potenciómetro cuando el contacto deslizante esté en la posición C, y como la resistividad de R_d es uniforme a lo largo de toda su longitud, queda determinado automáticamente el voltaje del potenciómetro en cualquier otra posición del contacto deslizante.

Como podemos observar la exactitud del voltaje entre los terminales del potenciómetro depende ahora de la resistencia R_d y de la batería patrón, y no del valor de la batería de trabajo.

Veamos un ejemplo. Si contamos con una resistencia R_d de 1 m de longitud y una resistividad de $100 \text{ } \Omega/\text{cm}$, con una batería patrón de

1V y con una fuente de trabajo de 20V, podemos hacer corresponder el voltaje de 1V con la posición de 10 cm.

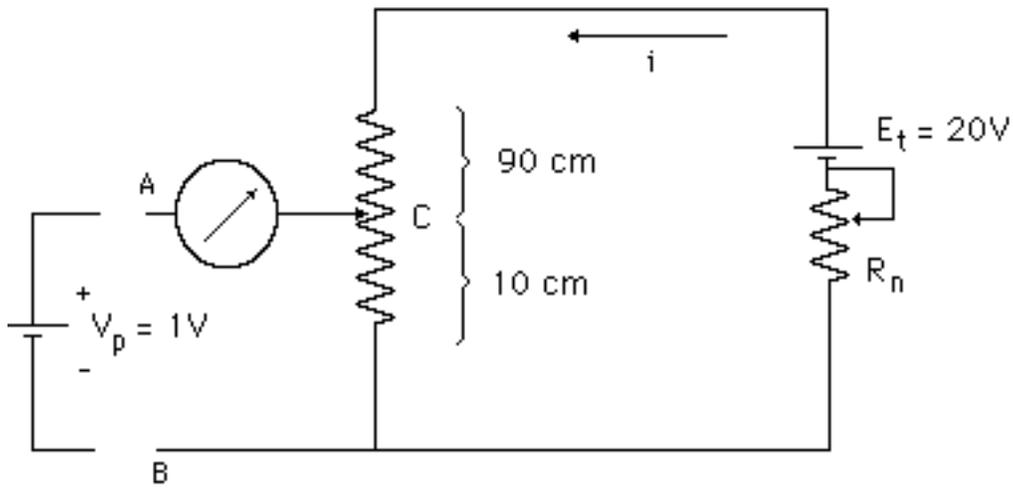


Fig. 5.- Ajuste del voltaje de referencia.

Al conectar la batería patrón y variar R_n hasta que el galvanómetro indique cero corriente, estamos fijando la corriente i , que acostumbra a llamarse corriente de trabajo. El voltaje máximo que podemos medir con este potenciómetro es de 10 V.

Ahora bien, así como hemos hecho corresponder el voltaje de 1V con la posición de 10 cm, podríamos haberlo hecho con cualquier otra posición, por ejemplo con la de 20 cm., con lo cual el voltaje máximo sería 5 V, o con la de 2 cm., en cuyo caso el voltaje máximo sería 50 V.

Por lo tanto esta configuración del potenciómetro nos permite escoger la escala del mismo según el valor máximo que deseemos medir, siempre y cuando este valor máximo no sea superior al de la batería de trabajo. Al proceso que estamos estudiando se le llama generalmente normalización.

Cuando el potenciómetro que hemos normalizado lo utilizamos para medir un voltaje, la corriente que circula por el circuito que contiene la batería de trabajo una vez que el galvanómetro indica cero corriente, es la misma corriente de trabajo fijada durante el proceso de normalización.

Podemos observar además que la escala anexa a la resistencia R_d , que esta en unidades de longitud, la podemos calibrar en unidades de voltaje, con lo cual la medición es directa.

El esquema completo del Potenciómetro es el mostrado en la Figura 6.

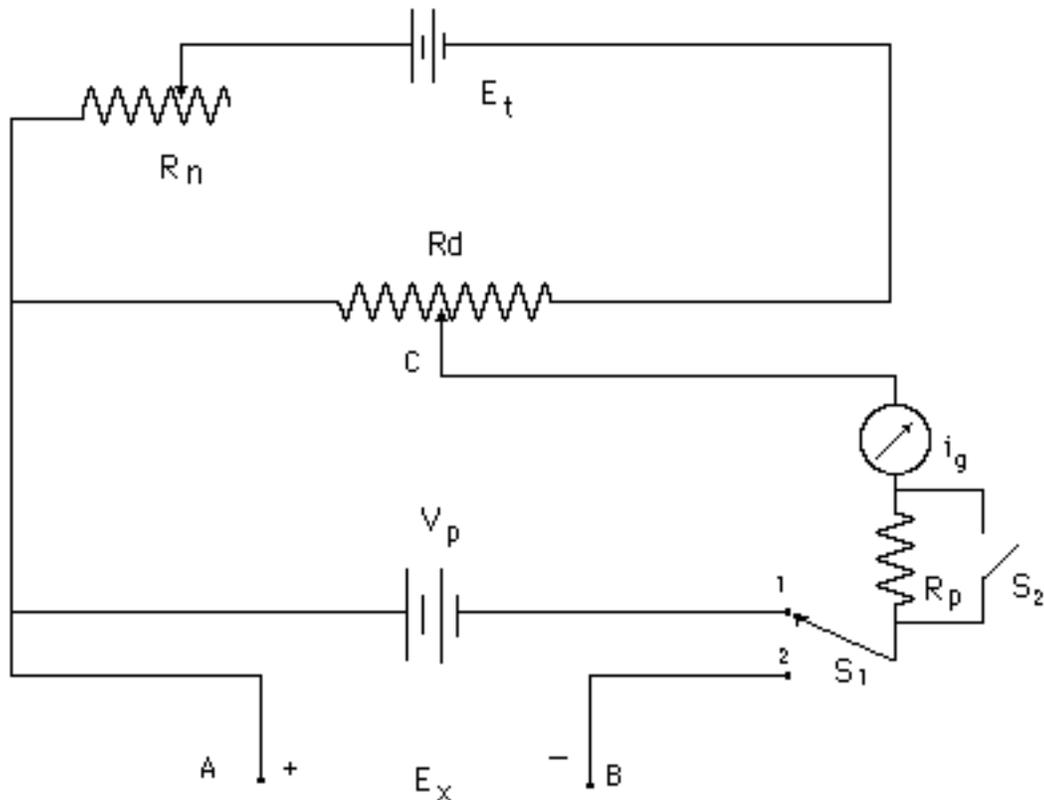


Fig. 6.- Diagrama del Potenciómetro.

Resumiendo:

- Para normalizar el Potenciómetro se coloca el interruptor S_1 en la posición 1 y el contacto deslizante en la posición escogida C , y se ajusta R_n hasta que $i_g=0$.

- Para medir una tensión incógnita E_x se coloca el interruptor S_1 en la posición 2 y se ajusta el contacto deslizante hasta que $i_g=0$. El valor del voltaje buscado se puede leer directamente sobre la escala anexa a R_d .

Cuando se miden varios voltajes con el potenciómetro, es conveniente normalizarlo antes de realizar cada medición.

El interruptor S_2 , que cuando está cerrado cortocircuita la resistencia R_p , tiene la siguiente función:

Por lo general el galvanómetro que se utiliza en los potenciómetros es muy sensible, por lo que al comenzar a hacer los ajustes de resistencia para obtener $i_g=0$ (bien sea durante el proceso de normalización o el de medición), es conveniente limitar el valor de i_g con una resistencia de protección R_p , para que una corriente excesiva no dañe dicho galvanómetro.

Una vez que se está cerca del valor de resistencia para el cual se cumple la condición de equilibrio, se puede cortocircuitar R_p cerrando el interruptor S_2 , con lo cual se lleva la sensibilidad del galvanómetro a su máximo, y se pueden realizar los ajustes finales de resistencia con mucha más precisión.

10.3 ERRORES DE MEDICION.

La exactitud de las mediciones realizadas con el potenciómetro depende de:

- La uniformidad de la resistividad por unidad de longitud de R_d a lo largo de todo el alambre.
- La exactitud de la pila patrón.
- La sensibilidad del galvanómetro. Cuanto más sensible sea este instrumento, será capaz de detectar mejor pequeñas variaciones de corriente, y por lo tanto permitirá un mejor ajuste de las resistencias.
- La estabilidad de la batería de trabajo. Como dijimos anteriormente, la exactitud de la medición no depende del valor de dicha batería, pero sin embargo depende de que dicho valor permanezca constante durante el proceso de normalización y de medición.

10.4 CALCULO DE LA SENSIBILIDAD DEL POTENCIOMETRO..

La sensibilidad del potenciómetro se define como el número de divisiones que defleca la aguja del galvanómetro cuando, una vez que el instrumento está equilibrado, se produce una variación determinada del voltaje bajo medición. La sensibilidad del galvanómetro (S_g , dada en $\text{div}/\mu\text{A}$) se supone conocida.

Podemos determinar experimentalmente la sensibilidad del Potenciómetro aumentando el voltaje dado por el instrumento una cantidad conocida (por ejemplo 1 mV) y observando el número de divisiones que defleca el galvanómetro. Las unidades de este parámetro son div/mV .

10.5 MEDICION DE CORRIENTES Y RESISTENCIAS CON UN POTENCIOMETRO.

El potenciómetro puede sernos muy útil para medir corrientes y resistencias con mucha exactitud, utilizando métodos indirectos.

Para medir con exactitud la corriente que circula por un circuito dado, medimos con el Potenciómetro el voltaje en una de las resistencias cuyo valor conozcamos con mucha exactitud (o podamos determinarlo posteriormente, utilizando por ejemplo un Punte de Wheatstone o el mismo Potenciómetro) y calculamos la corriente aplicando de ley de Ohm.

Para medir con exactitud una resistencia incógnita, montamos el circuito mostrado en la Figura 7, donde R_x es la resistencia incógnita y R_p es una resistencia patrón.

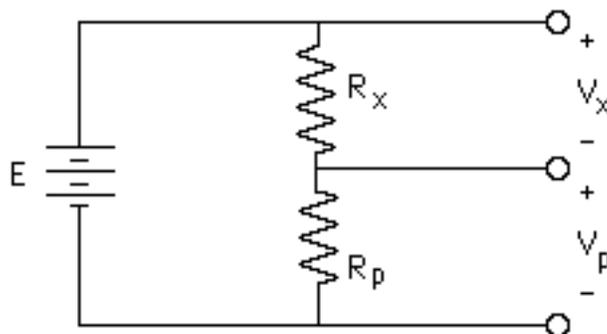


Fig. 7.- Medición de resistencias con el Potenciómetro.

A continuación medimos el voltaje sobre cada una de las resistencias utilizando el Potenciómetro, y calculamos el valor de R_x aplicando la relación:

$$R_x = \frac{V_x}{V_p} R_p \quad (10.2)$$