Capítulo 2
Obtención de la resistencia óhmica de los embobinados del motor de corriente directa

Si bien, pareciese que la obtención de los parámetros de un motor de corriente directa, en algunos casos, es una gran proeza, el caso de la resistencia óhmica de los embobinados es un método simple, esto se debe a la sencilla razón de que existen instrumentos de bajo costo que miden directamente este parámetro.

A pesar de la explicación del párrafo anterior, es necesario comentar que no siempre el uso de estos instrumentos garantiza una lectura con un error aceptable. El método que a continuación se explicará es con el uso de estos instrumentos, tomando en cuenta y explicando porque su uso no siempre es recomendable para la obtención de este parámetro.

2.1 Uso de un óhmetro

Con el paso del tiempo, la reducción de los costos de adquisición de instrumentos de alta precisión, nos ha permitido, de un modo simple, la obtención de diferentes lecturas en varios ámbitos científicos.

Un óhmetro es un instrumento de medición, cuyo funcionamiento se basa en la generación de una corriente eléctrica; dicha corriente circula a través de un circuito, y es proporcional a la resistencia óhmica que opone el paso de la misma; de este modo, una lectura es enviada a la pantalla del instrumento.

Para fines de nuestro desarrollo, la prueba consiste simplemente en conectar los bornes de nuestro motor a un óhmetro, la toma de la lectura debe tener las siguientes características:

1. Se deben esperar unos instantes para que la lectura se mantenga estable
2. La toma de la lectura debe ser en diferentes posiciones, es decir, girando el rotor y dejándolo en una posición diferente a la anterior.

La toma de diferentes muestras, en diferentes posiciones, nos permite realizar un promedio de las mismas, donde dicho promedio es un valor que podemos considerar aceptable. Estadísticamente, entre mayor sea la cantidad de muestras, el resultado tiene mayor aceptación y veracidad.

Retomando la posible problemática que tiene el uso de un óhmetro, esta se debe a que el funcionamiento del instrumento puede provocar movimiento en el rotor del motor debido a la corriente que genera el propio instrumento; es decir, parte de la corriente genera la tensión eléctrica “$V_{fem}(t)$”, siendo que se debería sólo consumir en el parámetro “R”.

La problemática se aborda de un modo ingenioso, que consiste en la reducción del sistema en uno de primer orden; esta misma modalidad será adoptada, en capítulos posteriores, para la obtención de otro parámetro. La validez para adoptar esta modalidad, y el propio método, están desarrollados en el siguiente subtema.

2.2 Reducción del sistema a uno de primer orden

El verdadero problema a vencer consiste en encontrar el modo de mantener en cualquier instante la variable “$V_{fem}(t)$” igual a cero. Retomemos la ecuación (1.4):

$$V_{fem}(t) = K_E\omega(t) \tag{1.4}$$

$$0 = K_E\omega(t)$$

Siendo que “K_E” es un parámetro constante y diferente de cero.

$$0 = \omega(t) \tag{2.1}$$

El modo de hacer la velocidad angular nula, consiste en aplicar una carga mecánica al rotor muy grande, de tal manera que evite su movimiento. Teniendo esto en cuenta, se reconfigura la ecuación (1.1), de tal forma que:

$$u(t) = Ri(t) + L\frac{di(t)}{dt} \tag{2.2}$$

Observando el modelo, se reconoce de inmediato que se ha transformado en un sistema de primer orden. Al igual que los modelos anteriores “$u(t) = V[u_{-1}(t)]$”, es decir, una señal escalón de amplitud “V”.

$$V[u_{-1}(t)] = Ri(t) + L\frac{di(t)}{dt} \tag{2.3}$$

Aplicando la “Transformada de Laplace” a la ecuación (2.3), se obtiene que:

$$\mathfrak{L}\{V[u_{-1}(t)]\} = \mathfrak{L}\left\{Ri(t) + L\frac{di(t)}{dt}\right\}$$

$$\frac{V}{s} = RI(s) + (sL)I(s)$$

$$\frac{V}{s} = (R + sL)I(s)$$

$$\frac{V}{s(R + sL)} = I(s)$$

Expansión por fracciones parciales:

$$\frac{V}{s(R + sL)} = V\left(\frac{\gamma}{s} + \frac{\delta}{(R + sL)}\right)$$

$$V\left(\frac{\gamma}{s} + \frac{\delta}{(R + sL)}\right) = V\left(\frac{\gamma R + \gamma Ls + \delta s}{s(R + sL)}\right) = V\left(\frac{1}{s(R + sL)}\right);$$

$$\gamma R = 1;\ \gamma = \tfrac{1}{R}; \quad \gamma L + \delta = 0;\ \delta = -\gamma L = -\tfrac{L}{R};$$

$$V\left(\frac{\gamma}{s} + \frac{\delta}{(R + sL)}\right) = V\left(\left[\frac{1}{R}\right]\frac{1}{s} - \left[\frac{L}{R}\right]\frac{1}{(R + sL)}\right) = \frac{V}{R}\left(\frac{1}{s} - \frac{L}{(R + sL)}\right)$$

$$\frac{V}{R}\left(\frac{1}{s} - \frac{L}{(R + sL)}\right) = I(s) = \frac{V}{R}\left(\frac{1}{s} - \frac{L}{(R + sL)}\right) = \frac{V}{R}\left(\frac{1}{s} - \frac{1}{\left(\frac{R}{L} + s\right)}\right)$$

$$I(s) = \frac{V}{R}\left(\frac{1}{s} - \frac{1}{\left(\frac{R}{L} + s\right)}\right)$$

Aplicando “Transformada inversa de Laplace”:

$$\mathfrak{L}^{-1}\{I(s)\} = \mathfrak{L}^{-1}\left\{\frac{V}{R}\left(\frac{1}{s} - \frac{1}{\left(\frac{R}{L} + s\right)}\right)\right\}$$

$$i(t) = \frac{V}{R}\left(1 - \mathrm{e}^{-t\frac{R}{L}}\right)\Big\| \ t \geq 0 \tag{2.4}$$

La ecuación anterior muestra en cada instante la corriente eléctrica, que circula por el sistema, cuando se aplica una carga muy grande que impide el movimiento del rotor. Si aplicamos "$\lim_{t\to\infty} i(t)$" se obtiene la siguiente expresión:

$$\lim_{t\to\infty} i(t) = i_f = \frac{V}{R}(1 - \mathrm{e}^{-\infty})$$

$$i_f = \frac{V}{R} \tag{2.5}$$

Donde "i_f" es la corriente en estado estacionario del sistema reducido. Tomando en cuenta que se tiene conocimiento en cualquier instante de la constante arbitraria "V", y que "i_f" puede ser obtenida con un medidor de corriente eléctrica, entonces simplemente despejando de la expresión (2.5) se puede obtener el valor de "R".

La lectura tanto de corriente estacionaria "i_f" , como de voltaje de alimentación "V", debe tener las siguientes características:

1. Se deben esperar unos instantes para que la lectura se mantenga estable para "i_f"
2. La toma de la lectura debe ser en diferentes posiciones, es decir, girando el rotor, aplicando una carga que evite su movimiento, y dejándolo en una posición diferente a la anterior.

La toma de diferentes muestras, en diferentes posiciones, para diferentes valores de "V", nos permite realizar un promedio de las mismas; dicho promedio es un valor que se considera como veraz.