



Análisis, Diseño y Construcción de un Circuito Controlador de Movimiento del Motor de un Transductor Sectorial Mecánico Utilizado en Ecografía, usando la Técnica del RVDT.

Michael Giovanni Alvarado Monserrate
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC)
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus “Gustavo Galindo Velasco” Km. 30.5 Vía Perimetral, apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
m_alvarado18@hotmail.com

Camilo David Delgado Miranda
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC)
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus “Gustavo Galindo Velasco” Km. 30.5 Vía Perimetral, apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
cd_delgado@hotmail.com

Edgar Allan Naranjo Mora
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC)
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus “Gustavo Galindo Velasco” Km. 30.5 Vía Perimetral, apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
kaiser_m109_f@hotmail.com

Miguel Yapur Auad
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC)
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus “Gustavo Galindo Velasco” Km. 30.5 Vía Perimetral, apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
Master of Science in Biomedical Engineering
myapur@espol.edu.ec

Resumen

Los equipos médicos electrónicos son muy importantes en la actualidad ya que son de gran utilidad para la Medicina. Dentro de los equipos más importantes se encuentra el ecógrafo, el cual reconstruye una imagen recogiendo los ecos ultrasónicos reflejados por el cuerpo, luego de que el transductor envía un tren de pulsos hacia éste en una frecuencia determinada. El incentivo del desarrollo de este proyecto fue la investigación académica mediante la cual se investigó el comportamiento y operación del motor eléctrico que comanda el movimiento del transductor de un ecógrafo. El motor está construido según la técnica del RVDT (Transformador Diferencial Variable Rotatorio). Este dispositivo no es muy conocido en nuestro medio, y por este motivo se desea proporcionar información que permita corregir problemas que se podrían presentar en su operación. Se ha podido detectar que una de las averías más comunes es el desperfecto en los controladores que maneja este motor.

Palabras claves: RVDT, transductor sectorial mecánico, ecógrafo.

Abstract

Electronic medical equipment are very important today as it helps Medicine greatly. Among the most important medical instrument is the echograph, which reconstructs an image collecting ultrasonic echoes reflected from the body, then the transducer sends a pulse train towards it in a certain frequency. The incentive for the development of this project was through academic research that investigated the operation of an electric motor which commands the movement of an ultrasound transducer. The motor is built according to the technique of RVDT (Rotary Variable Differential transformer). This device is not well known in our country, and that is why this project provides information to correct problems that could arise in its operation. It was demonstrated that one of the most common failure is in the drivers that run the motor.

Key words: RVDT, mechanical sector transducer, ultrasound equipment.

1. Introducción.

Al haber analizado el funcionamiento de la tarjeta de control original del transductor se encontró que se necesitan dos señales básicas para el funcionamiento del motor del transductor: Un voltaje referencial y una onda senoidal de alta frecuencia.

Luego de haber obtenido dichas señales y haber analizado el funcionamiento del motor del transductor, finalmente, se procede a enviar las señales a los pines correspondientes del transductor para obtener el movimiento deseado.

Una vez completados los objetivos de esta investigación y haber obtenido resultados aceptables, aún queda pendiente el análisis de otros métodos de control y el uso de otro tipo de circuitería electrónica, como podría ser la aplicación de microcontroladores y microprocesadores.

2. Rotary Differential Variable Transformer (RVDT).

La construcción y funcionamiento básico del RVDT está dado por la rotación de un núcleo de hierro en medio del estator, como se muestra en la figura 1. El estator se compone de una bobina primaria de excitación y un par de bobinas secundarias de salida. Una excitación de corriente alterna fija es aplicada a la bobina primaria de excitación que se acopla electromagnéticamente a las bobinas secundarias de salida. Este acoplamiento es proporcional al ángulo del eje de entrada. El par de bobinas secundarias de salida está estructurado de manera que una bobina está en fase con la bobina primaria de excitación, y la segunda está 180 grados desfasada con la bobina primaria de excitación.

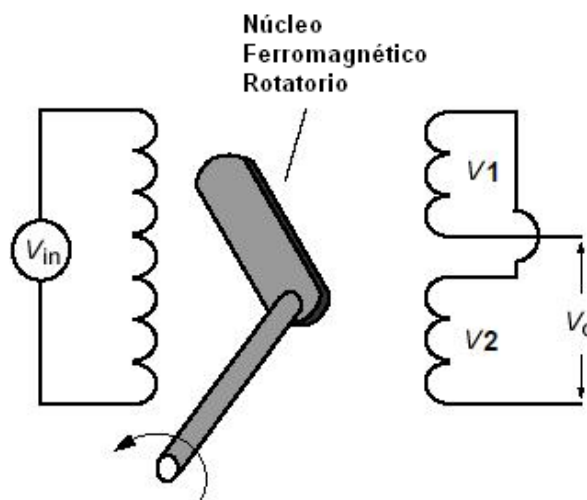


Figura 1. Esquemático del rotor y estator.

Cuando el rotor está en una posición en la que dirige el flujo de manera equitativa, tanto en la bobina de fase como en la de desfase, los voltajes de salida se cancelan y dan lugar a una señal de valor cero. Esto se conoce como la posición eléctrica cero o "EZ". Cuando el eje del rotor se desplaza desde EZ, las señales de salida resultantes tienen un valor proporcional a la dirección de rotación. Debido a que el RVDT se comporta esencialmente como un transformador, los cambios de los voltajes de excitación causarán cambios directamente proporcionales a la salida (relación de transformación). Sin embargo, la relación entre el voltaje de la bobina primaria de excitación y la suma de los voltajes del par de bobinas secundarias de salida se mantendrá constante.

Aunque teóricamente el RVDT puede operar entre $\pm 45^\circ$, la precisión disminuye rápidamente después de $\pm 35^\circ$. Así, sus límites de operación se encuentran

principalmente dentro de $\pm 30^\circ$, pero algunos hasta $\pm 40^\circ$. Algunos tipos pueden operar hasta $\pm 60^\circ$.

Teniendo en cuenta que el voltaje de salida V_o es igual a la diferencia entre los voltajes V_1 y V_2 , se obtiene:

$$V_o = V_1 - V_2$$

De esta manera, al multiplicar este valor por una constante de proporcionalidad G , dada en $[\% / V]$, se obtiene una expresión para el desplazamiento del núcleo D , dado en $[\circ]$.

$$\theta = G(V_1 - V_2)$$

Hasta ahora se ha explicado la forma en que se mide el desplazamiento angular del rotor a través de los voltajes en el par de bobinas secundarias del motor, a continuación se analizará la manera en que se produce el movimiento del eje del motor.

Para generar el movimiento en el rotor se envía una señal DC a la bobina primaria de excitación; dado que esta señal es continua no induce ningún voltaje en las bobinas secundarias y no interfiere en la medición de posición del rotor. Esta señal DC genera un campo magnético que produce un giro del rotor hasta que éste salga de la influencia del campo magnético. La dirección de giro del rotor está dada por la polaridad de la señal DC aplicada a la bobina primaria de excitación.

3. Diseño del controlador.

3.1. Diagrama de bloques.

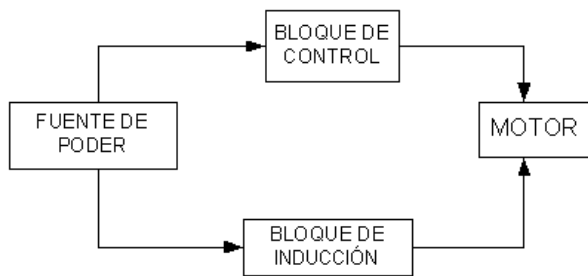


Figura 2. Diagrama de bloques.

3.2. Bloque fuente de poder.

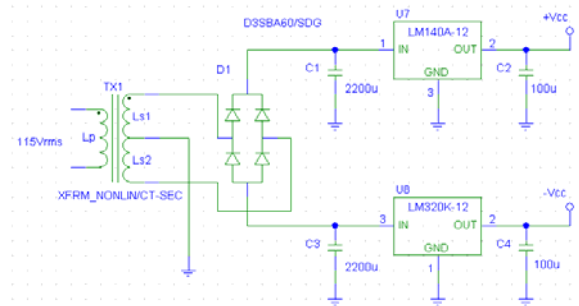


Figura 3. Esquemático de la fuente de poder.

3.3. Bloque de control.

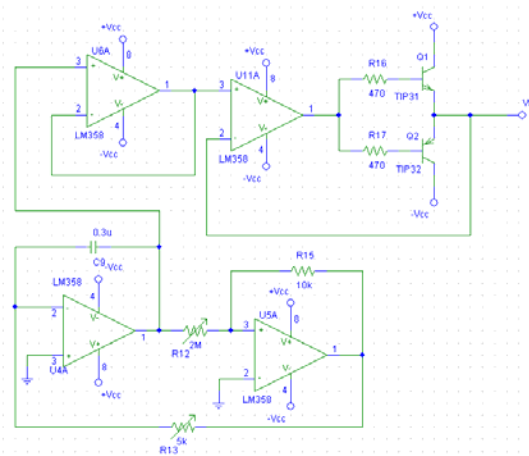


Figura 4. Esquemático del bloque de control.

3.4. Bloque de inducción.

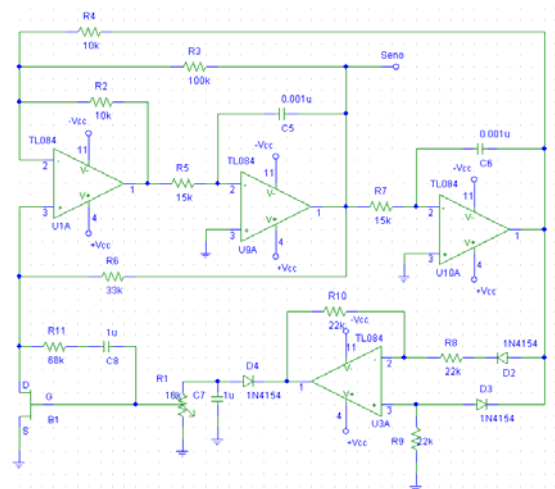


Figura 5. Esquemático del bloque de inducción.

4. Resultados de las mediciones.

4.1. Medición del voltaje entre las dos bobinas secundarias del motor.

Para realizar esta medición se utilizó la onda seno, obtenida en el bloque de inducción, con voltaje de 8Vp-p y una frecuencia de 10 KHz; con esto se procedió a medir el voltaje entre las bobinas secundarias, en distintas posiciones angulares del eje del motor, dando como resultado los siguientes valores.

Tabla 1. Tabla de voltajes según el ángulo.

GRADOS (°)	VOLTAJE (mVrms)
-90	39
-45	41
0	44
45	49
90	51

4.2. Constante de Proporcionalidad (G).

Con los valores de la tabla II se obtuvo la ecuación de una recta que describiese de mejor manera los datos de la tabla. Esta recta se la obtiene suavizando la curva resultante, tal como se muestra en la figura 6.

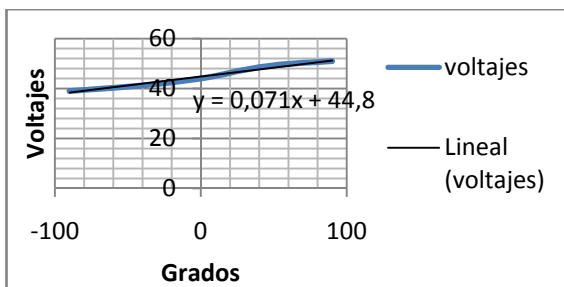


Figura 6. Gráfica voltaje vs grados.

La ecuación que se encontró es:

$$y = 0.0711x + 44.8$$

De esta ecuación resulta:

$$G = \frac{1}{0.0711} = 14.0647 \text{ [}^\circ/\text{mV]}]$$

4. Conclusiones.

1. Los fabricantes de los transductores de

ultrasonido son muy celosos con la información técnica detallada de la circuitería de estos aparatos; por esta razón, se invirtió un tiempo considerable en comprender el funcionamiento del mismo.

2. Después de haber analizado la tarjeta de control original del transductor del ecógrafo y el motor del transductor, se decidió hacer un sistema de control sin realimentación porque uno de los objetivos es poner en funcionamiento el motor sin necesidad de precisión; si éste fuera el caso, se necesitaría implementar un sistema de control con realimentación.
3. Una de las dificultades de trabajar con este motor es que no se conocen sus parámetros, y por tanto se dificulta la implementación de un sistema de control con realimentación.

5. Referencias.

- [1] ADRULTRASOUND, MODEL 4000/100 SERIES USER MANUAL, Tempe – Arizona, 1980.
- [2] JIANGSU CHANGJIANG ELECTRONICS TECHNOLOGY CO. LTD., CJ7812, <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/138965/JIANGSU/CJ7812.html>, 2010.
- [3] JIANGSU CHANGJIANG ELECTRONICS TECHNOLOGY CO. LTD., CJ7912, <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/138977/JIANGSU/CJ7912.html>, 2010.
- [4] MOTOROLA, LM358, <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/3067/MOTOROLA/LM358.html>, 2010.
- [5] MOSPEC, TIP31 - TIP32, <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/2776/MOSPEC/TIP31.html>, 2010.
- [6] TEXAS INSTRUMENTS, TLC084, <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/28842/TI/TLC084.html>, 2010.
- [7] WIKIPEDIA, Rotary variable differential transformer, <http://en.wikipedia.org/wiki/RVDT>, 2010.
- [8] SEIICHI INOUE, Sine/Cosinewaveoscillator, http://www.piclist.com/images/www/hobby_elec/e_ckt20.htm, 2010.
- [9] SEIICHI INOUE, Triangular wave oscillator, http://www.piclist.com/images/www/hobby_elec/e_ckt16.htm, 2010.
- [10] WIKIPEDIA, Transformador Diferencial de Variación Lineal, http://es.wikipedia.org/wiki/Transformador_diferencial_de_variaci%C3%B3n_lineal, 2010.