

Identificación y control de un electroimán con filtro adaptativo y control por ubicación de polos

Daniel Colomo Baray (A00758983), José David González (A00749946) and Karina Elizabeth Valverde Muñoz (A01560485).

Resumen: Se presentan los resultados de una identificación fuera de línea para una planta real a escala de la posición de un imán modificando el campo magnético al cual este se está sometiendo. Utilizando una bobina como actuador y un sensor infrarrojo como retroalimentación del sistema. Explicando así el diseño polinomial por colocación de polos, finalizando con resumen de los resultados obtenidos.

- Electroiman 12 V, 3.5 A
- Tira de LEDs de 12 V
- Cable 1m
- Tarjeta de Adquisición de Datos NI USB 6008
- Tip 142 Darlington (10A, 150 Watts)
- Tda2030 (opamp 3.5A)

Introducción

Utilizando la teoría de control avanzado se diseñó un sistema de control el cual se implementó en una planta. La cual consiste en un imán el cual dependiendo del campo magnético al cual es sometido se controla su posición. Para poder hacer el diseño de la planta era antes necesario identificar ciertos valores los cuales se utilizarían en una etapa más avanzada de la planta. Una vez hecha la identificación el controlador se divide en dos partes, una donde se obtienen los valores de “T” y otro donde se obtienen los valores de “S”. Para así obtener “T-S” que posteriormente se convierte en la entrada del controlador. Gracias a que nuestra planta tiene una respuesta rápida se utilizó un tiempo de muestreo pequeño, llegando así a un controlador adecuado para la posición del imán.

Identificación

2.0 Planta

La Planta se desarrolló de la siguiente manera:

Material:

- Fuente de alimentación de 12 V
- Sensor infrarrojo 2Y0A21
- Iman redondo 15 cms



Fig. 1. Planta Electroiman

2.1 Marco Teórico

La identificación es el primer paso necesario para establecer el control por asignación de polos. Esta se realiza con la estructura de un filtro adaptativo aplicándolo a la planta construida.

Los filtros son expresiones matemáticas de una función

de transferencia, los cuales se dividen en 2 tipos, los de respuesta al impulso finita, donde la salida actual es el resultado de la entrada actual y entradas anteriores, y los de respuesta al impulso infinita, donde la salida depende de la entrada actual, entradas pasadas y también de las salidas pasadas.

Es posible utilizar un filtro de respuesta al impulso finita para modelar una planta, esto se realiza encontrando los coeficientes b_m del filtro por medio de la identificación.

2.2 Procedimiento

Para la planta electromagnética se realizó el procedimiento de la siguiente manera:

- Se decidió utilizar 11 parámetros b_m , los cuales se inician en cero.
- La salida es cero.
- Se genera una entrada random y se envía a la planta
- Después de un tiempo de muestreo se obtiene la salida de la planta para utilizarse de muestra. Se calcula la salida del modelo, el error y se calculan los nuevos valores de los parámetros.
- Se sigue generando entradas diferentes para la planta hasta conseguir que el error sea menor al 10% en diez ocasiones seguidas. De esta manera se obtienen los 11 valores de b_m que funcionan en la planta.

2.3 Implementación

La implementación de esta identificación se realizó utilizando NI CVI con programación en código C. El primer valor necesario será uno random, y se guardarán los últimos 10 valores random anteriores, para así introducir los valores en la siguiente fórmula:

$$f = (B0 * U0) + (B1 * UA) + (B2 * UA2) + (B3 * UA3) + (B4 * UA4) + (B5 * UA5) + (B6 * UA6) + (B7 * UA7) + (B8 * UA8) + (B9 * UA9) + (B10 * UA10);$$

En el primer tiempo de reloj, todos los valores de b_m serán cero, ya que es la manera correcta de inicializar estas variables. Lo que sigue será calcular b_m desde b_0 hasta b_{10} con la siguiente fórmula para cada uno respectivamente:

$$B0 = B0 + (Valor_Mu * U0) * Errors;$$

Cada vez que se mande una salida a la planta utilizando el valor random se hará un análisis del error, buscando valores menores al 10%. Al obtener 10 valores seguidos con este porcentaje de error, la identificación habrá terminado y se dejará de correr el timer.

Estos valores son una representación de la función de transferencia de la planta y ya que son valores en los que la planta se está comportando con un porcentaje de error muy pequeño, por este motivo son muy útiles y se usarán en el controlador de asignación de polos.

Control

3.1 Marco Teórico

El control de asignación de polos consigue muy buenos resultados especialmente en plantas de segundo orden. Por este motivo se decidió utilizar para el proyecto del electroimán.

El programa de este control necesita correr primero la identificación que corta con un timer y habilita el segundo timer que se utilizará independiente al de la identificación.

3.2 Procedimiento

Antes de poder realizar el control, es necesario hacer una serie de cálculos. (Anexo 1) Los cuales permiten llegar a las siguientes fórmulas:

- Para las constantes de S , donde se utiliza una variable modificada por el usuario que en esta ocasión se le llamó Polo.
- De igual forma se leerán los valores del sensor infrarrojo y se guardarán 10 valores pasados
- Una de las fórmulas más importantes es el cálculo de T , el cual se hace con la siguiente fórmula:

$$T = ((-B1 / B0) * T1) - ((B2 / B0) * T2) - ((B3 / B0) * T3) - ((B4 / B0) * T4) - ((B5 / B0) * T5) - ((B6 / B0) * T6) - ((B7 / B0) * T7) - ((B8 / B0) * T8) - ((B9 / B0) * T9) - ((B10 / B0) * T10) + ((1 / B0) * ref10);$$

- También el valor de SK se obtiene de la siguiente manera:

$$SK = ((-B1 / B0) * SK1) - ((B2 / B0) * SK2) - ((B3 / B0) * SK3) - ((B4 / B0) * SK4) - ((B5 / B0) * SK5) -$$

$((B6 / B0) * SK6) - ((B7 / B0) * SK7) - ((B8 / B0) * SK8) - ((B9 / B0) * SK9) - ((B10 / B0) * SK10) + ((S0 / B0) * retro10) + ((S1 / B0) * retro9) + ((S2 / B0) * retro8) + ((S3 / B0) * retro7) + ((S4 / B0) * retro6) + ((S5 / B0) * retro5) + ((S6 / B0) * retro4) + ((S7 / B0) * retro3) + ((S8 / B0) * retro2) + ((S9 / B0) * retro1) ;$

- La salida de nuestro modelo será la resta del valor de T menos el valor de SK.

Resultados

Al realizar primero el identificador se pudieron obtener resultados muy buenos, ya que después de elegir el tiempo de muestreo más adecuado, pudimos obtener de una manera rápida los 11 valores de bm, con valores pequeños y todos positivos, lo cual facilita mucho la implementación del control por asignación de polos. En la figura 2 se puede observar la interfaz del programa en CVI y los resultados obtenidos al correr la identificación en la planta del electroimán.

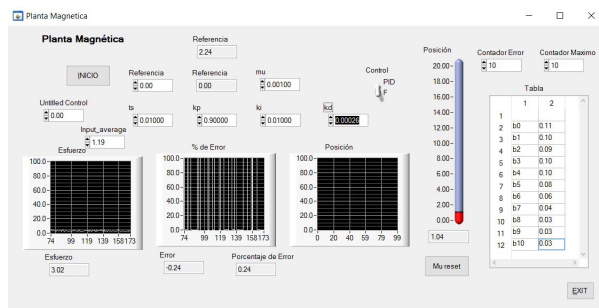


Fig. 2. Valores arrojados en la identificación.

Después de tener terminada la identificación, se configuró el control por asignación de polos para utilizar los valores previamente calculados con el código en C en la interfaz de CVI, donde se obtuvieron los resultados de la figura 3.

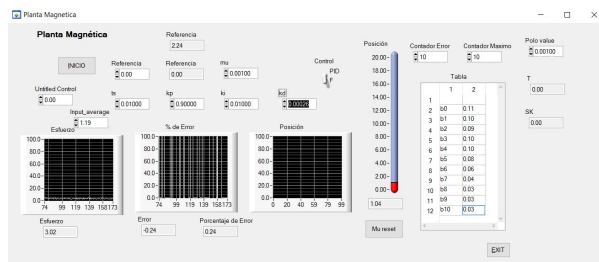


Fig. 3. Identificación y control por asignación de polos

Conclusion

En conclusión, la planta no causó muchos problemas y se pudo hacer el control de ubicación de polos sin ningún problema. La identificación fue, en la mayoría de los casos, más rápida de lo esperado. Ya que la planta había quedado 100% completada y funcionaba perfectamente, lo único que ocasionó problemas fue a la hora de la programación por la cantidad de ecuaciones y operaciones necesarias. Una vez que las ecuaciones fueran introducidas no hubo complicaciones. La parte de diseño fue donde mas podría haber mejoras, una mejora siendo al circuito de control ya que por razones específicas del op amp que ayuda a controlar al electroimán se le tiene que limitar la corriente a este a 3.5 amperes, pudiendo tener un amperaje de hasta más de 4.5 amperes. Se recomienda cambiar a un op amp más resistente que pueda llegar a soportar más de 4.5 amperes para poder en verdad ver el poder que tiene el electroimán usado. No se pudo ver el potencial al que puede llegar la planta pero existe la esperanza a que alguien pueda encontrar dicho potencial.

References

1. Corral, Virginia. (2017). Proyecto 5. Identificación. Tecnológico de Monterrey.
2. Corral, Virginia. (2017). Proyecto Final. Asignación de Polos. Tecnológico de Monterrey.
3. Ogata, Katsuhiko. (2002) Modern Control Engineering. 4th Ed. Prentice Hall.
4. Ogata, Katsuhiko. (1997) Discrete - Time Control Systems. 2nd Ed. Prentice Hall.