

Sintonización del regulador de velocidad en el variador Lexium 05

Sistemas Automáticos

24 de marzo de 2011

1. Objetivo de la práctica

Esta práctica tiene como objetivo la sintonización del regulador de velocidad del accionamiento *Lexium 05* visto en la práctica anterior. En la práctica anterior se obtuvo un modelo del lazo interno de control de corriente, determinando la función de transferencia $G(s) = \frac{\omega(s)}{i^*(s)}$. Si se ha cambiado de planta, repetir el procedimiento. En esta práctica, se realiza el ajuste del regulador de velocidad de forma analítica, con la ayuda de la herramienta Sisotool de Matlab. Consulte en ISAwiki el manual “Manejo de la herramienta Sisotool”.

2. Ajuste de un regulador proporcional de velocidad

Una vez obtenida la función de transferencia, el diagrama de bloques del sistema de control de velocidad se puede representar de forma sencilla según se muestra en la figura 1. El variador proporciona un regulador sintonizable de tipo proporcional integral, con la estructura que muestra la figura 1. En una primera aproximación desactivaremos la acción integral.

Para comprobar con posterioridad el beneficio de una buena sintonización del regulador PI, anotaremos en primer lugar la respuesta de velocidad obtenida con los ajustes de fábrica (práctica 10 del documento impreso, ya realizado en la práctica anterior).

2.1. Ajuste de la ganancia proporcional

- En base a la función de transferencia $G(s)$ obtenida en la práctica anterior obtener de forma analítica, con la ayuda de Sisotool, un valor de

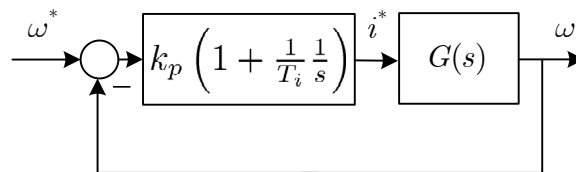


Figura 1: Control de velocidad en cadena cerrada

k_p que permita obtener un ancho de banda en cadena cerrada de 25Hz. Representar la respuesta ante consigna en escalón.

- Obtener la respuesta del sistema real ante un cambio escalón en la referencia de velocidad. Para ello consignar el valor calculado en el parámetro CTRL_KPn (k_p) y eliminar la acción integral, CTRL_TNn = 0, y el prefiltro del regulador de velocidad, CTRL_TAUUnref = 0, y de corriente, CTRL_TAUiref = 0. Utilice una referencia que no sature al actuador.
- Represente en una misma gráfica la respuesta del variador y la simulada. Para ello importe la respuesta experimental en Matlab con el script LeeDatos, y simule la respuesta con la referencia del variador utilizando lsim o Simulink.

Pasos recomendados:

```
G = tf(7838,[1 0]); %1-Introduzca la función de transferencia estimada
```

```
sisotool(G); %2-Calcule el regulador por medio de sisotool.
           % Exporte el sistema en cadena cerrada obtenido
           % (T_r2y)
```

```
%3-Con PowerSuite pruebe el regulador en el variador y
% exporte la captura
```

```
[datP,nomP] = LeeDatos('P_21_1.csv'); %4-Importe el archivo de
                                     % PowerSuite en Matlab
```

```
% 5- Obtenga las variables deseadas de la matriz de datos
t = datP(:,1)/1e6; % Tiempo (paso de usegundos a segundos)
y_ref = datP(:,2); % Señal de referencia real (n_ref)
y_real = datP(:,3); % Salida real (n_act)
```

```
y_sim = lsim(T_r2y,y_ref,t); % 6- Simule el sistema con la misma
                             % referencia del variador
```

```
plot(t,y_ref,t,y_real,t,y_sim); % 7-Represente la referencia,
                                % la salida real y la simulada;
```

- Repetir los apartados anteriores para un ancho de banda en cadena cerrada de 50 Hz. ¿Qué diferencias se observan?
- ¿Qué limitación se prevé, en base a los experimentos anteriores, a la hora de incrementar el valor de la ganancia proporcional?
- Comprobar el efecto del freno sobre la respuesta del sistema en cadena cerrada en ambos casos (25 Hz y 50 Hz).
- En base a la función de transferencia identificada y el uso de un regulador proporcional, ¿es necesario añadir acción integral?

3. Ajuste del regulador PI de velocidad

Como se vio en la práctica anterior, una vez obtenida la función de transferencia, el diagrama de bloques del sistema de control de velocidad se puede representar de forma sencilla según se muestra en la figura 1. El variador proporciona un regulador de tipo proporcional integral cuyos parámetros se pueden ajustar.

3.1. Ajuste del regulador PI

En la práctica anterior se obtuvieron valores para la ganancia proporcional del regulador, de tal forma que el lazo de corriente tuviera dinámicas de 25 Hz y 50 Hz. Partiendo de esos valores ajustaremos el regulador PI. Como se comprobó en la práctica anterior, la acción proporcional permite obtener una buena respuesta ante cambios de consigna; pero frente a perturbaciones de par, el sistema presenta cierto error en régimen permanente. Por lo tanto, la acción integral se hace necesaria para eliminar la influencia de dichas perturbaciones. El inconveniente es que el ajuste del regulador se hace más complicado.

La expresión del regulador PI implementado en el accionador responde a la ecuación (1).

$$PI(s) = k_p \left(1 + \frac{1}{sT_i} \right) \quad (1)$$

Dibuje con Sisotool el lugar de las raíces del sistema con un regulador PI de ganancia proporcional igual a la obtenida para 50 Hz en la práctica anterior, y el cero en una posición arbitraria.

Mueva el cero a izquierda y derecha para comprobar su efecto sobre el lugar de las raíces y el diagrama de Bode de cadena abierta. Mantenga constante la ganancia proporcional.

Como se puede observar, la existencia de un doble integrador (el polo del sistema y el nuevo polo añadido por el integrador), hace necesario que exista un cero para que el sistema sea estable. Dicho cero es añadido por el regulador PI en la posición $-\frac{1}{T_i}$. La posición de dicho cero afectará de la siguiente forma a la respuesta en cadena cerrada:

- Cuanto menor sea el valor de T_i , más alejado se encontrará el cero del origen y, con ello, los polos en cadena cerrada tendrán un ángulo mayor respecto del origen, lo que conlleva una sobreoscilación más alta, para un mismo valor de ganancia proporcional (k_p). Disminuir T_i implica aumentar la ganancia integral. En el límite, de forma teórica, si $T_i = 0$ tendríamos un regulador con acción integral pura, y no un regulador PI. Sin embargo, por razones prácticas, en este y otros controladores comerciales, hacer $T_i = 0$ supone la desactivación de la acción integral.
- Cuanto mayor sea el valor de T_i , más cercano al origen se encontrará el cero y, por lo tanto, el ángulo respecto del origen de los polos en cadena cerrada disminuirá, lo que redundará en una menor sobreoscilación para un mismo valor de ganancia proporcional. Sin embargo, el rechazo de perturbaciones debido a la acción integral será menor y, por lo tanto,

estas tendrán un mayor efecto sobre la variable de salida (ω). De hecho, acercar el cero al origen implica disminuir acción integral. En el límite, si el cero se situara encima del polo, volveríamos al regulador proporcional.

- Además, la cercanía del cero al origen, hace que su efecto sobre el sistema en cadena cerrada aumente, haciendo más rápida la respuesta del sistema y provocando sobreoscilaciones por encima de las previstas. Esto se puede corregir con el prefiltro del regulador.

Según la discusión anterior, la selección de la posición del cero tiene un fuerte impacto, tanto sobre el seguimiento de referencias como sobre el rechazo a perturbaciones. Se puede realizar un buen diseño atendiendo a especificaciones de sobreoscilación máxima permitida ante cambios en la referencia. Si la ganancia k_p se mantiene al valor seleccionado en el apartado anterior, la posición del cero vendrá determinada por la sobreoscilación máxima permitida.

4. Trabajo a realizar

- Manteniendo el valor de la ganancia proporcional seleccionada en la sección anterior para 25 Hz, calcular el valor de T_i para obtener una sobreoscilación del 5 %.
- Calcule el valor mínimo de referencia que saturaría al actuador (lazo de corriente).
- Comprobar el funcionamiento del regulador en la planta real ($T_i \equiv \text{CTRL_TNn}$). Utilice una referencia que no llegue a saturar al lazo de corriente.
- Represente en una misma gráfica la respuesta del variador y la simulada. Para ello importe la respuesta experimental en Matlab con el script Lee-Datos, y simule la respuesta con la referencia del variador utilizando `lsim` o Simulink.
- Utilizar un prefiltro de entrada para corregir el efecto del cero del regulador (CTRL_TAUnref).
- Comprobar el efecto del freno sobre la respuesta del sistema en cadena cerrada.
- Repetir los apartados anteriores con una ganancia proporcional de 50 Hz.
- Utilizar la función de autoajuste del variador. Comparar el regulador resultante con el diseñado analíticamente.