



SUPERVISIÓN,
CONTROL Y
AUTOMATIZACIÓN

Grupo de Investigación SUPPRESS



LABORATORIO
REMOTO
AUTOMÁTICA

universidad
de león

PR-4. PRÁCTICA REMOTA

Respuesta de motores de corriente continua. Equipo modular Feedback MS-150

Realizado:	Laboratorio Remoto de Automática (LRA-ULE)	Versión:	Páginas:
Grupo SUPPRESS (Supervisión, Control y Automatización)	Universidad de León http://lra.unileon.es	1.0	10



SUPERVISIÓN,
CONTROL Y
AUTOMATIZACIÓN

Grupo de Investigación SUPPRESS



LABORATORIO
REMOTO
AUTOMÁTICA

universidad
de león

El equipo **Feedback MS-150** es un equipo didáctico de laboratorio, caracterizado por su modularidad, que permite la realización de prácticas de sistemas de control. Su elemento central es un motor de CC controlado por inducido.

Los objetivos de la práctica son los siguientes:

- Que el alumno se familiarice con los diferentes módulos del equipo utilizando las simulaciones interactivas que figuran al final de la práctica (simulaciones 1 a 7).
- Que el alumno comprenda el montaje modular que hay que realizar para analizar el comportamiento del motor ante cambios en su entrada de tipo escalón unitario (simulaciones 8 - 9).

En prácticas posteriores se realizarán los montajes utilizando los módulos reales disponibles en el laboratorio B4.



MÓDULOS DEL EQUIPO.

Los módulos con los que se trabajará en esta práctica son los siguientes:

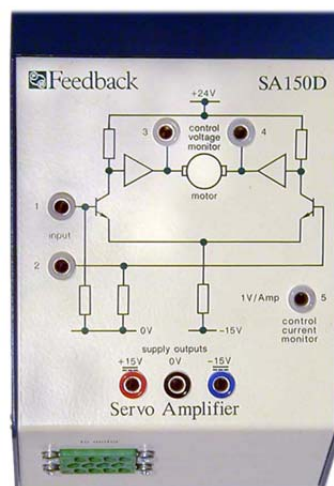
Fuente de alimentación PS 150E

La fuente de alimentación del equipo proporciona tensión continua de 15V, 2A y tensiones alternas de 9 y 18V. En los montajes que se van a realizar, los módulos utilizan una alimentación en los terminales que en nuestro caso es +15V, 0V y -15V de continua.



Servo-amplificador SA150D.

Esta unidad contiene un circuito electrónico que permite el control de la velocidad y el sentido de giro del motor mediante variación de la corriente que circula por los devanados del motor. Dado que este módulo es el accionador del motor de C.C., su modelo se incluye junto con el del motor.





Pre-amplificador PA150C.

Este dispositivo proporciona las señales adecuadas para manejar el servo-amplificador y la amplificación previa necesaria. Una señal positiva aplicada a cualquier entrada hace que la salida superior se haga positiva y la inferior sea prácticamente nula. Una entrada negativa hace que la salida inferior sea positiva y la superior, nula. Así mediante el cambio de signo en la señal de entrada se consigue la conmutación del sentido de giro del motor.

Por tanto, el modelo incluido en la simulación de este componente viene dado por las siguientes ecuaciones:

$$\begin{cases} \text{si } Ve1 + Ve2 < 0 \Rightarrow Vs3 = 0; Vs4 = -(Ve1 + Ve2) \\ \text{si } Ve1 + Ve2 > 0 \Rightarrow Vs3 = (Ve1 + Ve2); Vs4 = 0 \end{cases}$$



Atenuador AU150B.

Este componente contiene dos potenciómetros de 10KΩ. Esta unidad puede funcionar, bien como generadora de una tensión de referencia para los sistemas de control de velocidad o bien como atenuador para conseguir fácilmente variaciones de la ganancia del sistema comprendidas entre 0 y 1. La simulación de cada potenciómetro es muy simple y sigue el siguiente modelo:

$$Vs = R \cdot Ve$$

Es decir, que la tensión de salida V_s es proporcional a la tensión de entrada V_e según la porción del potenciómetro R seleccionada por el usuario mediante los diales. Se definen las tensiones de



entrada y salida como variables para la interconexión con otros componentes y el parámetro del potenciómetro para la interfaz con el usuario.



Amplificador operacional OA150A.

Esta unidad realiza la función de sumador e incorpora un conmutador de tres posiciones que permite elegir entre 3 formas de cerrar el circuito de realimentación:

- Una resistencia de igual valor que la empleada en la ponderación de todas las entradas (100K Ω),
- Un circuito RC paralelo que determina un funcionamiento del elemento como un sistema de primer orden con ganancia -1 y constante de tiempo $\tau = RC = 0.1$ s
- Un circuito externo de realimentación.

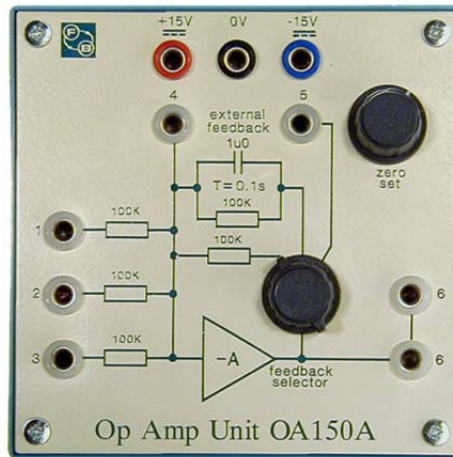
Presenta una ganancia negativa y es un medio para sumar dos o más señales, hacer su comparación así como la posibilidad de introducir circuitos compensadores. La tensión de salida viene dada por:

$$V_s = -\left(\frac{R_2}{R_1}\right) \cdot (V_{e1} + V_{e2} + V_{e3})$$

Donde R1 es el valor de cada una de las resistencias de entrada, R2 es el valor de la resistencia de realimentación del operacional, que se suele utilizar para variar la ganancia del operacional, Ve1, Ve2 y Ve3 son las tensiones de entrada y Vs es la tensión en la salida. En los montajes que se van a realizar, se utiliza el primer caso, donde R2=R1.



En la simulación se utilizan las entradas Ve1 y Ve2 y se pueden variar las señales de entrada que son cuadrada y triangular.

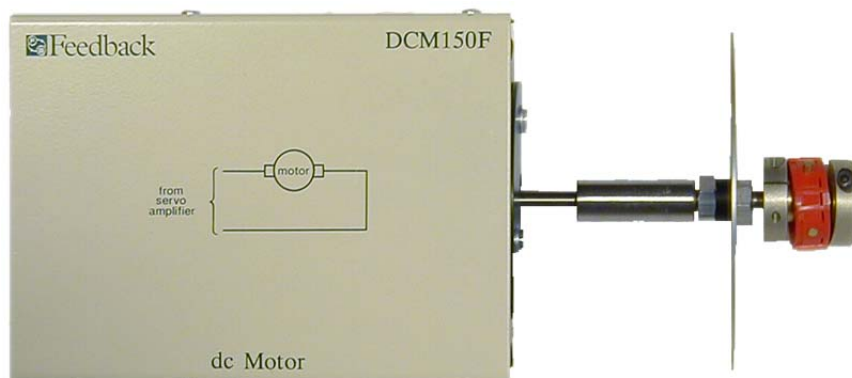


Motor de corriente continua DCM 150F.

Esta unidad es un motor de C.C. controlado por inducido que tiene extendido su eje para permitir la conexión de elementos simuladores de cambios en la carga (discos de freno o de inercia) y para acoplarlo a los captadores de posición y de velocidad. El motor se modela junto a su accionador, el servo-amplificador SA150D. La ecuación que define su comportamiento viene dada por:

$$\omega = Ke \cdot Ve \left(1 - e^{-\frac{t}{Tm}} \right)$$

Esta ecuación relaciona la tensión de entrada al motor Ve con la velocidad angular ω del eje de salida a lo largo del tiempo t por medio de la constante de tiempo Tm y la ganancia del motor Ke .





Potenciómetros de entrada IP 150H y salida OP 150K.

Los potenciómetros de entrada y de salida son transductores electromecánicos giratorios que dan una señal eléctrica proporcional al ángulo de giro. La constante de proporcionalidad es K_a

El potenciómetro de entrada IP 150H, se utiliza para fijar los valores de los ángulos de entrada de referencia en los sistemas de control de la posición. Tiene una zona de trabajo de 300° . El potenciómetro de salida OP 150K, se utiliza como captador de la posición del eje del motor. No tiene limitación en su ángulo de giro.

El modelo simulado de los potenciómetros de entrada y salida viene dado por la ecuación:

$$V_s = K_a \cdot \theta$$

La tensión de salida V_s de los potenciómetros es directamente proporcional a la posición del eje del motor θ por medio de una constante K_a . La variable de entrada y salida a estos dos módulos que facilitan la conexión con otros son la posición del eje y la tensión. Se puede observar que en el caso del IP 150H existe una zona muerta en torno a 180° .



Tacogenerador con unidad reductora GT 150X.

Esta unidad contiene una reductora con una razón de reducción de velocidad de 30/1 y un tacogenerador conectado al eje del motor que es utilizado como sensor de la velocidad del motor. Esta unidad incorpora además un *display* de cristal líquido que puede mostrar, según se desee, la velocidad de giro del eje del motor, en rpm, o la tensión de salida del tacogenerador.

El funcionamiento de este componente se resume mediante el siguiente modelo que se inserta en el EJS:



$$V_s = K_v \cdot \omega$$

La tensión de salida del tacogenerador V_s es proporcional a la velocidad del motor ω por medio de la constante K_v .

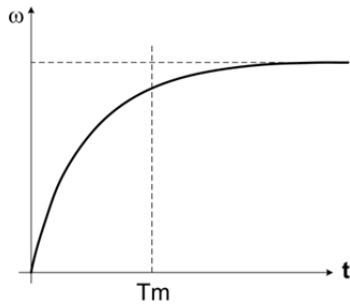


Para la realización de la práctica el alumno debe ejecutar las simulaciones disponibles (1 a 7) para cada uno de los módulos con el objetivo de comprender su funcionamiento. Puesto que la alimentación de los equipos se realiza a $\pm 15V$, utilizar para las simulaciones voltajes dentro de ese rango.

RESPUESTA DEL MOTOR.

En las siguientes figuras se puede observar el montaje modular que hay que realizar para observar la respuesta del motor ante cambios de consigna de tipo escalón unitario.

Por lo general, muchos sistemas de control se encuentran trabajando bajo condiciones en las que la señal de entrada al motor puede cambiar bruscamente, e idealmente el motor debería responder inmediatamente. Realmente esto no es así y transcurre un cierto tiempo desde que se produce un cambio brusco en la entrada hasta que el motor alcanza la velocidad correspondiente. Para un motor ideal en el que las fricciones sean despreciables comparadas con el par generado por el motor, la variación de la velocidad ante una entrada en escalón sigue una ley exponencial como la de la figura:



$$\omega = K_e \cdot V_e \left(1 - e^{-t/T_m} \right) \rightarrow G(s) = \frac{\omega(s)}{V_e(s)} = \frac{K_e}{1 + T_m s}$$

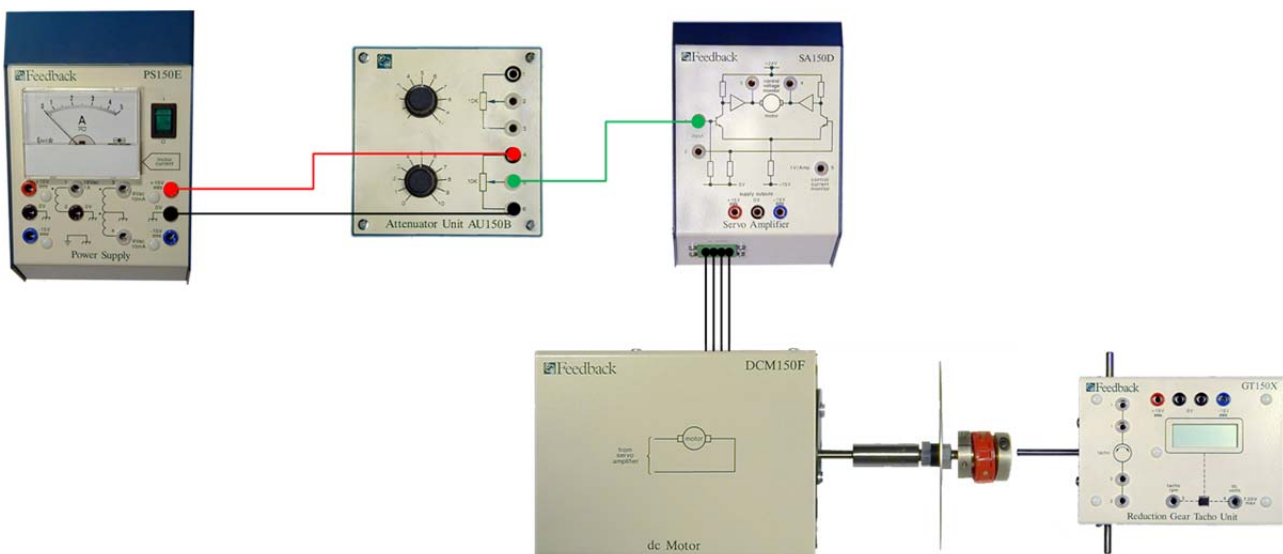
$\omega = \text{velocidad}$

$K_e = \text{velocidad} / \text{voltios entrada}$

Esta ecuación se caracteriza por la constante de tiempo T_m cuya expresión, obtenida en el análisis matemático del motor, depende de la inercia, el rozamiento viscoso, la resistencia de la armadura y la constante de proporcionalidad de la fuerza contraelectromotriz. Según el valor que tome dicha constante el motor responderá más rápidamente o más lentamente. Así, por ejemplo, si se aumenta la inercia mediante la colocación en el eje principal del motor de un disco de inercia, responderá más lentamente a las variaciones de la entrada.

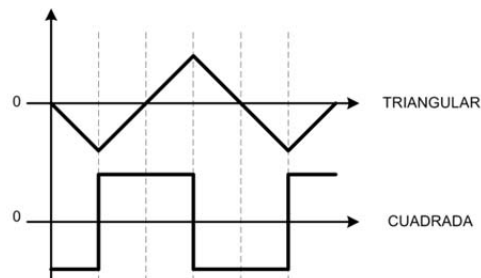
Para la realización de la práctica el alumno debe ejecutar las simulaciones 8 y 9, comprendiendo el enlace que debe realizarse entre los diferentes módulos del equipo Feedback, ya que este montaje tendrá que realizarse en prácticas posteriores en el laboratorio B4.

En la simulación 8 la consigna se aplica a la entrada del motor modificando el potenciómetro de la unidad atenuadora AU150B (entrada tipo escalón). El alumno debería de ser capaz de obtener los parámetros de la función de transferencia del sistema a partir de la respuesta temporal





En la simulación 9 la consigna es una señal cuadrada generada por el equipo "Generador de Función" Una trazadora registrará la respuesta del motor recibiendo, en la entrada correspondiente al eje de las ordenadas, la señal procedente del tacogenerador que mide la velocidad de giro del motor y, en la entrada correspondiente al eje de las abscisas, una señal triangular sincronizada con la señal cuadrada de consigna.



Las simulaciones correspondientes a la práctica están disponibles en:
<http://lra.unileon.es/es/introducci%C3%B3nlosequiposfeedbackms150>