

Modelado de sistemas mecatrónicos

Dr. Ing. Rodrigo Gonzalez

`rodrazalez@ingenieria.uncu.edu.ar`

Control y Sistemas

Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional de Cuyo



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

1 Introducción al modelado de sistemas

- ¿Qué es un sistema?
- Modelado de sistemas
- Sistemas, subsistemas y componentes
- Usos de sistemas dinámicos

2 Sistemas multipuertos y gráficos de enlace

- Sistemas multipuertos
- Variables de potencia. Esfuerzo y flujo
- Variables de energía, momento y desplazamiento
- Variables de potencia y energía en sistemas mecánicos de traslación
- Variables de potencia y energía en sistemas mecánicos rotacionales
- Variables de potencia y energía en sistemas hidráulicos
- Variables de potencia y energía en sistemas eléctricos

Introducción al modelado de sistemas

¿Qué es un sistema?

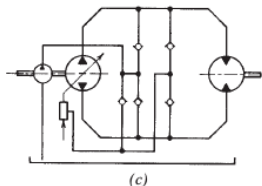
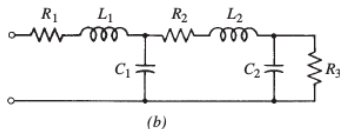
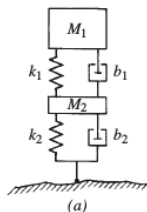
- Un sistema es una entidad separable del resto del universo, en forma física (aire acondicionado) o conceptualmente (sistema de transporte).
- Un sistema está compuesto de partes que interactúan (subsistemas) y que intercambian energía.



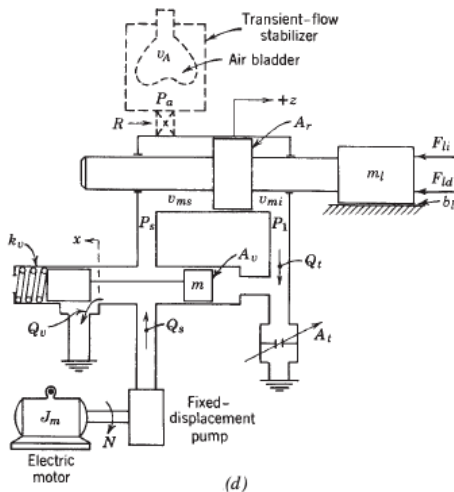
- El modelo de un sistema es una construcción simplificada y abstracta usada para *predecir* el comportamiento de un sistema real.
- El modelo puede ser un modelo físico (maqueta) o un modelo matemático.
- Ningún sistema puede ser modelado en forma exacta.
- Generalmente, un sistema dinámico está compuesto por sistemas de diferente naturaleza (hidráulico, neumático, eléctrico, etc.).

El arte y la ciencia del modelado de sistemas tiene que ver con la construcción de un modelo lo suficientemente complejo para representar los aspectos relevantes del sistema real, pero no tan complejo como para que sea inmanejable.

En Mecatrónica es indispensable poder modelar sistemas de diferente naturaleza: (a) mecánico, (b) eléctrico y (c) hidráulico.



Muchas veces, estos sistemas de diferente naturaleza deben interactuar entre sí.



- Para modelar un sistema mecatrónico, primero se lo debe dividir en *subsistema*.
- Un subsistema es un sistema en sí mismo que se descompone en *componentes*.
- Un componente es tratado como una caja negra. Se desconocen los detalles de su funcionamiento.
- En el proceso de modelado puede no ser claro qué se considera subsistema y qué componente.

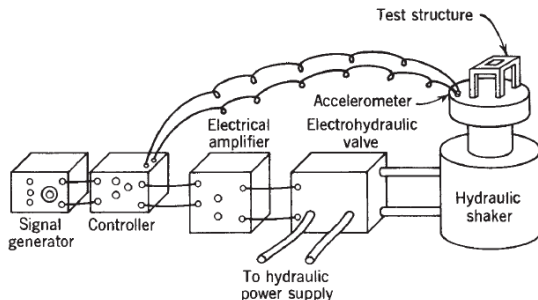


FIGURE 1.2. Vibration test system.

- 1 **Análisis:** dado un U , un X pasado y un modelo S (ecuaciones diferenciales), determinar Y .
- 2 **Identificación:** datos U e Y , encontrar S y X .
- 3 **Síntesis:** dado U y un Y deseado, encontrar S tal que U actuando sobre S produzca Y .
- 4 **Control:** dado S , crear un sistema de control que use Y y produzca un U para un comportamiento del sistema determinado.

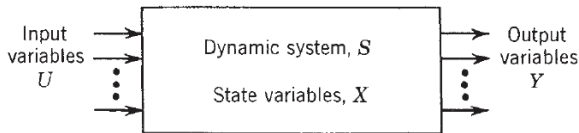
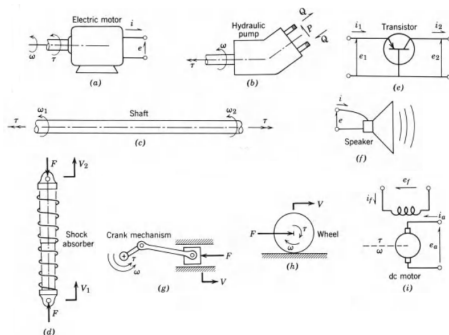


FIGURE 1.4. General dynamic system model.

Sistemas multipuertos y gráficos de enlace

Sistemas multipuertos

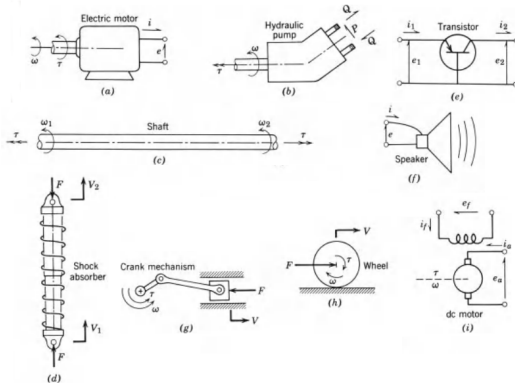
- Las variables de un subsistema ocurren de a pares, donde el subsistema puede ser conectado.
- Cuando 2 subsistemas o componentes se conectan entre sí, las 2 variables de ambos puertos se hacen iguales.
- Un *puerto* es un punto de conexión de un subsistema, donde la potencia puede fluir entre subsistemas.
- Un sistema *multipuerto* posee más de un puerto.



Sistemas multipuertos y gráficos de enlace

Variables de potencia. Esfuerzo y flujo

- Las variables en un puerto que son forzadas a ser iguales se llaman *variables de potencia*.
- Como la potencia puede fluir en cualquier sentido, es necesario fijar un signo de flujo por convención.



Se definen las variables esfuerzo $e(t)$ y flujo $f(t)$ donde,

$$P(t) = e(t) \cdot f(t). \quad (1)$$

TABLE 2.1. Some Effort and Flow Quantities

Domain	Effort, $e(t)$	Flow, $f(t)$
Mechanical translation	Force component, $F(t)$	Velocity component, $V(t)$
Mechanical rotation	Torque component, $\tau(t)$	Angular velocity component, $\omega(t)$
Hydraulic	Pressure, $P(t)$	Volume flow rate, $Q(t)$
Electric	Voltage, $e(t)$	Current, $i(t)$

- En un sistema mecatrónico, puede haber problemas al definir los nombres de las variables.
- En un sistema dinámico, el esfuerzo y el flujo pueden variar, por tanto variará la potencia.
- Se definen las *variables de energía*, momento $p(t)$ y desplazamiento $q(t)$

$$p(t) = \int^t e(t) dt = p_0 + \int_{t_0}^t e(t) dt, \quad (2)$$

$$q(t) = \int^t f(t) dt = q_0 + \int_{t_0}^t f(t) dt, \quad (3)$$

$$\frac{dp(t)}{dt} = e(t), \quad (4)$$

$$\frac{dq(t)}{dt} = f(t). \quad (5)$$

- La energía que pasa de un puerto a otro es la integral del tiempo de la potencia,

$$E(t) = \int^t P(t) dt = \int^t e(t) f(t) dt. \quad (6)$$

- En el sistema SI la potencia se mide en vatios (W, N-m/s) y la energía en julios (J, N-m), sin importar el tipo de sistema.

TABLE 2.2. Power and Energy Variables for Mechanical Translational Systems

Generalized Variables	Mechanical Translation	SI Units
Effort, e	Force, F	newtons (N)
Flow, f	Velocity, V	meters per second (m/s)
Momentum, p	Momentum, P	N-s
Displacement, q	Displacement, X	m
Power, P	$F(t)V(t)$	watts (N-m/s = W)
Energy, E	$\int^x F dx, \int^p V dP$	joules (N-m = J)

TABLE 2.3. Power and Energy Variables for Mechanical Rotational Ports

Generalized Variables	Mechanical Rotation	SI Units
Effort, e	Torque, τ	newton-meters (N-m)
Flow, f	Angular velocity, ω	radians per second (rad/s) ^a
Momentum, p	Angular momentum, p_τ	N-m-s
Displacement, q	Angle, θ	rad ^a
Power, P	$\tau(t)\omega(t)$	N-m/s = W
Energy, E	$\int^\theta \tau d\theta, \int^{p_\tau} \omega dp_\tau$	N-m = J

TABLE 2.4. Power and Energy Variables for Hydraulic Ports

Generalized Variables	Hydraulic Variables	SI Units
Effort, e	Pressure, P	newtons per square meter $\text{Pa} = (\text{N}/\text{m}^2)^a$
Flow, f	Volume flow rate, Q	cubic meters per second (m^3/s)
Momentum, p	Pressure momentum, p_p	$\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$
Displacement, q	Volume, V	m^3
Power, P	$P(t)Q(t)$	$\text{N}\cdot\text{m}/\text{s} = \text{W}$
Energy, E	$\int^v P dV, \int^{p_p} Q dp_p$	$\text{N}\cdot\text{m} = \text{J}$

TABLE 2.5. Power and Energy Variables for Electrical Ports

Generalized Variable	Electrical Variable	Units
Effort, e	Voltage, e	volt (V) = newton-meter per coulomb (N-m/C)
Flow, f	Current, i	ampere (A) = coulomb per second (C/s)
Momentum, p	Flux linkage variable, λ	V-s
Displacement, q	Charge, q	C = A - s
Power, P	$e(t)i(t)$	V-A = W = N-m/s
Energy, E	$\int^q e dq, \int^\lambda i d\lambda$	V-A-s = W-s = N-m = J

- Karmopp, Dean et al. *Systems Dynamics: Modeling, Simulation, and Control of Mechatronic Systems*. Fifth Edition. John Wiley & Sons, Inc. 2012. Capítulos 1 y 2.1.