

# Diseño del sistema deformable

Dr. Luis Gerardo de la Fraga  
Cinvestav, Departamento de Computación

8 de noviembre de 2016

El sistema masa, resorte y amortiguador (MRA) que se encaja en cada vértice de los objetos se representa por la ecuación diferencial:

$$m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = f \quad (1)$$

En el libro<sup>1</sup>, esta ecuación está representada como:

$$\ddot{x} + 2\zeta\omega\dot{x} + \omega^2x = f \quad (2)$$

que tiene una respuesta subamortiguada cuando  $\zeta < 1$ .

Queremos que se vea el comportamiento elástico, entonces escogemos una respuesta subamortiguada notoria con  $\zeta < 0.4$

También se tiene la *constante de tiempo* que es igual a  $\zeta\omega$ . El tiempo que el sistema MRA tiene el 2% de la respuesta final, que se conoce como *el tiempo de restitución*, es a cuatro constantes de tiempo, esto lo podemos representar como

$$T = \frac{4}{\zeta\omega} \quad (3)$$

Por ejemplo, para  $m = 0.1$ , un tiempo de restitución de 2.5 segundos y  $\zeta = 0.3$ , tenemos:

$$\omega = \frac{4}{T\zeta} = \frac{4}{(2.5)(0.3)} = 5.3333$$

De la ecuación (1) tenemos que el valor de  $\omega^2 = k/m$ , entonces el valor de  $k$  será igual a:

$$k = \omega^2m = (5.3333^2)(0.1) = 2.8444$$

Finalmente, el valor para el coeficiente de amortiguamiento,  $b$  en la ecuación (1) se calcula de la relación  $b/m = 2\zeta\omega$ , por lo tanto:

$$\begin{aligned} b &= 2m\zeta\omega \\ &= 2(0.1)(0.3)(5.3333) = 0.06(5.3333) = 0.3200 \end{aligned}$$

Entonces los valores que se usarán para el sistema MRA son  $m = 0.1$ ,  $b = 0.32$ ,  $k = 2.8444$  y  $\Delta t = \frac{1}{60}$  seg.

---

<sup>1</sup>J.J. D'Azzo, C.H. Houpis, Linear Control System Analysis and Design, conventional and modern, 4th edition, (1995) McGraw-Hill