

Anteproyecto: Vibrador electrodinámico para pruebas de vibraciones en CubeSATs

Francisco Dalessandro
Control y Sistemas

4 de junio de 2025

1. Motivación

Los CubeSATs son satélites pequeños, modulares y relativamente baratos utilizados, en general, por universidades e instituciones de investigación con fines educativos y/o para la adquisición de datos desde el espacio. Para que un CubeSAT pueda ser aprobado para su lanzamiento, es necesario que cumpla con una serie de requisitos [1]. Uno de ellos tiene que ver con la resistencia del satélite frente a las vibraciones mecánicas, especialmente durante el lanzamiento. Para poder ensayar dichas vibraciones en un laboratorio, se utiliza un vibrador electrodinámico, comúnmente conocido en inglés como "shaker" (Figura 1). Debido a problemas de licencias con el shaker que posee la Facultad de Ingeniería, no es posible realizar ahí todas las pruebas pertinentes, por lo que este trabajo apunta al modelado y control de un shaker propio, orientado específicamente a lo que piden las normas que el CubeSAT debe respetar.



Figura 1: Shaker

2. Objetivos

Objetivo general

Diseñar y simular el modelado y control de un prototipo funcional de shaker controlado por realimentación de aceleración, utilizando un motor de bobina móvil y un sensor acelerómetro piezoeléctrico.

Objetivos específicos

- Modelar la planta considerando parámetros que reflejen adecuadamente la realidad física, a fin de lograr una representación dinámica lo más fiel posible. Esto incluye también un modelado del acelerómetro, extrayendo datos como respuesta en frecuencia y ruido de hojas de datos reales.
- Filtrar adecuadamente las lecturas del sensor.
- Desarrollar el sistema de control de vibración, utilizando métodos como PID o control en espacio de estados.
- Evaluar el desempeño del sistema ante señales de referencia como senoidales o barridos.
- Encontrar rangos de parámetros para los cuales el sistema de control no produce desviaciones importantes en su comportamiento.
- Implementar la técnica *Hardware in the loop* con un microcontrolador real a los efectos de encontrar comportamientos que no estén considerados en el diseño del controlador o en el modelo del sistema en general.

3. Descripción de la planta y consideraciones

El motor de bobina móvil tiene acoplado un plato al cual se asienta el satélite. El controlador podría sintonizarse de acuerdo a la suma de las masas del plato y del CubeSAT, siendo la de este último 1kg por estándar, pero será necesario probar con valores más grandes. Es necesario determinar el rango de valores de masa que puede ser capaz de mover.

Es importante que el shaker cumpla con consignas sinusoidales de aceleración de la mejor forma. Sin embargo, las consignas que se introducirán al sistema no serán dadas en el dominio del tiempo, sino en el dominio de la frecuencia. El modelo de la planta tendrá un generador sinusoidal que actúa de acuerdo al perfil dado en la referencia, que muestra la amplitud máxima de cada frecuencia.

La salida del sistema sería la aceleración del plato y satélite, aunque monitorear su posición, y la corriente y voltaje en el motor también es importante, pues hay que tener en cuenta las limitaciones físicas del propio shaker, como lo son la carrera del elemento móvil o la corriente y el voltaje máximos. La temperatura del bobinado también podría ser una variable importante a analizar.

Por último, la Figura 2 muestra un diagrama de bloques tentativo del sistema..

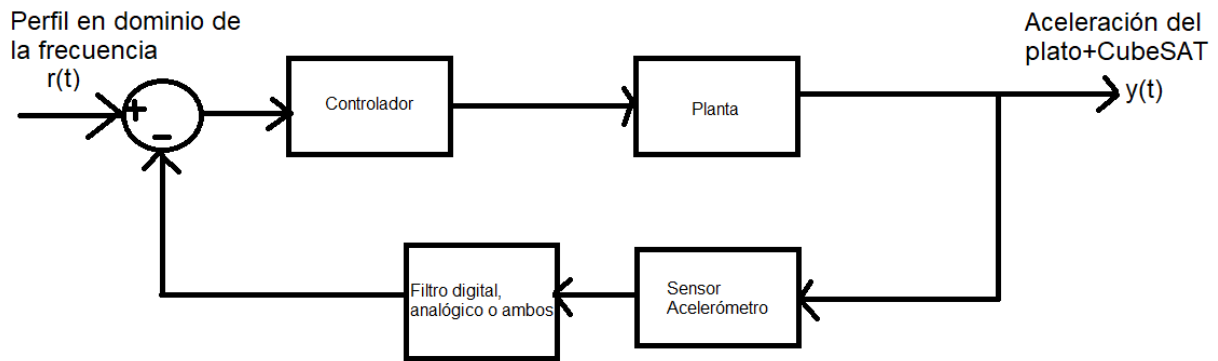


Figura 2: Diagrama de bloques tentativo del sistema

Referencias

- [1] Von Karman Institute for Fluid Dynamics. (2015). QB50 systems requirements (Issue 7). QB50 Consortium. https://qb50.vki.ac.be/index.php/tech-docs/category/QB50_Systems_Requirements_issue_76e8e.pdf?download=89:qb50-docs