

1 INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.1 INTRODUCCIÓN. OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO REALIZADO

El proyecto realizado consiste en la implementación de un sistema levitador neumático, incluyendo una aplicación informática para su control desde un ordenador, en la identificación de un modelo adecuado del comportamiento del sistema, y en la realización y prueba de algoritmos de control de dicho sistema.

Por sistema levitador neumático se entiende un aparato en el que existe una plataforma móvil que puede ascender o descender sin estar sujeto a nada (levitador, puesto que flota en el aire) en función de una corriente de aire (neumático puesto que está impulsado por aire).

Realizar la implementación de un sistema levitador neumático es construir físicamente un aparato en el que se produzca el fenómeno anterior de levitación de uno de sus componentes (la plataforma móvil) incluyendo también el acoplamiento al sistema de los elementos necesarios para poder realizar posteriormente la identificación y el control, que pueden ser desde un sensor de altura, a un regulador de la corriente de aire impulsora, a la realización de los programas que generan la presentación en la pantalla de un ordenador de los resultados de un experimento sobre el sistema o que permiten la aplicación de métodos de control por computador sobre el sistema.

Es decir, la implementación comprende el diseño del sistema físico, el montaje y conexionado de todos los elementos (ventilador, PWM, sensor, tarjeta entrada / salida, tarjetas convertidores, sensor de altura, fuentes de alimentación y ordenador), la realización en un lenguaje de programación del programa de gestión del sistema,

incluyendo, control en tiempo real del sistema, almacenamiento de los resultados en fichero, y presentación en pantalla de dichos resultados en tiempo real.

Por tanto, la implementación del sistema se inicia en el proceso de búsqueda de los elementos adecuados para realizar físicamente el sistema, hasta que el sistema se encuentre totalmente operativo y se presente al usuario una aplicación para el estudio y control del sistema a través de un ordenador.

Dentro de esta memoria del proyecto se dedica un capítulo al proceso de implementación del sistema levitador neumático, y otro capítulo posterior trata en exclusiva de la aplicación informática de control del sistema levitador.

El proceso de identificación del sistema es posterior a la implementación. Por identificación del sistema se entiende el proceso por el cual se obtiene un modelo matemático del sistema. Dicho modelo será utilizado en el diseño y valoración de los métodos de control que se pretenden aplicar al sistema.

Este modelo es, naturalmente, una aproximación del comportamiento del sistema. Se trata de un modelo en tiempo discreto, con vistas a su utilización en algoritmos de control por computador y dado que los ordenadores trabajan señales discretas.

El proceso de identificación abarca desde el diseño y la realización de experimentos sobre el sistema hasta el procesado matemático de la información obtenida en los experimentos y el uso de algoritmos de regresión para identificar valores adecuados para los parámetros del modelo supuesto y la simulación del comportamiento del sistema según el modelo. La identificación es un proceso iterativo, puesto que el modelo supuesto para el sistema ha de ir modificándose en función de los datos hasta que se obtenga una aproximación satisfactoria de la realidad a través de las simulaciones por ordenador.

No obstante, el sistema levitador neumático posee un comportamiento complejo, de manera que existe gran dificultad en obtener un modelo que simule satisfactoriamente el comportamiento del sistema para todas las situaciones.

Por ello, este proyecto sirve como primer paso en el estudio del sistema y es de desear que en posteriores proyectos basados en el sistema levitador neumático se pueda seguir avanzando en la búsqueda de un modelo que represente más exactamente la dinámica del sistema, pues este proyecto se ha centrado sobre todo en la resolución de los problemas técnicos que conlleva la implementación del sistema levitador, en estudiar las características del sistema partiendo de un desconocimiento de su comportamiento dinámico y en programar una aplicación que facilitará la realización de experimentos sobre el sistema y la programación de algoritmos de control del mismo.

Por último, por control se entiende la realización un programa de ordenador de algoritmos de control consigan que el sistema, dentro de sus limitaciones físicas, se comporte de la manera que se fije a través de una señal de referencia, y la comparación entre los resultados obtenidos con los distintos métodos de control que se usen. El control sólo se puede comenzar a realizar cuando el sistema está implementado e identificado, y, por tanto, es la última parte del proyecto que se realiza.

Los métodos de control utilizados en el proyecto son: una serie de controladores PID y un control predictivo realizado a partir del modelo obtenido durante la identificación.

Debido a que la parte de implementación del sistema ha sido extremadamente laboriosa puesto que se ha tenido que solventar una gran cantidad de problemas técnicos y prácticos a la hora de implementar el sistema, el bloque de implementación es el más extenso del proyecto, y el bloque referido al control es más reducido.

Al igual que la parte relativa a la identificación, se dedica un apartado en exclusiva dentro de la memoria a los algoritmos de control probados y los resultados obtenidos.

Además de los algoritmos de control utilizados y probados en este proyecto, existen gran cantidad de algoritmos cuya implementación y prueba sería también muy interesante desde el punto de vista del control automático. De hecho, una de las motivaciones para realizar este proyecto ha sido, aparte del valor intrínseco del proyecto en sí, proveer al departamento de un nuevo sistema cuyo estudio sea interesante y útil en el diseño de nuevos métodos de control.

Por ello, en este proyecto se ha hecho mayor hincapié en la implementación del sistema y en la realización del software de control del sistema que facilite la programación de los algoritmos en el ordenador.

También se ha realizado un estudio muy pormenorizado del comportamiento del sistema, analizando por separado todos los fenómenos presentes en él, como son la no linealidad, la variación de sus parámetros en el tiempo, o las características del sensor y la manera en que afectan a los datos obtenidos mediante él.

De esta forma, se pretende facilitar a posteriores usuarios del sistema su trabajo, que se verán libres de problemas relacionados con la implementación del sistema, ya sea desde problemas de ruido introducido por el cableado a errores en el almacenamiento en ficheros de los resultados.

Siguiendo esta idea de servir de referencia para futuros proyectos, la aplicación de control del sistema se ha realizado con ciertas características que faciliten la realización de experimentos y el aprovechamiento de los resultados obtenidos.

Por ejemplo, la salida de resultados se almacena en un fichero en formato compatible con MATLAB, pudiéndose utilizar la gran cantidad de funciones y utilidades que incorpora MATLAB para procesar y estudiar los datos obtenidos del sistema.

Igualmente se ha elegido como lenguaje de programación C++, debido a que es un lenguaje que proporciona mayor velocidad de ejecución de los programas que otros lenguajes como Visual Basic o Delphi, que son en cambio más sencillos de utilizar.

1.2 MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

El proyecto se ha realizado para construir un sistema de dinámica compleja que permita el estudio y la comparación de diferentes métodos de control.

El sistema levitador neumático presenta ciertas analogías con el sistema levitador magnético ya existente en el Departamento de Automática de la Escuela de Ingenieros de Sevilla. Sin embargo, el levitador neumático presenta una serie de ventajas como, por ejemplo, tener una dinámica más lenta (lo que permite tener más tiempo para cálculo entre dos instantes de muestreo), o ser menos probable que se averíe, y más fácil de sustituir sus componentes en caso de fallo de alguno de ellos.

Las características que hacen interesante el sistema levitador neumático son las siguientes:

- **Alto grado de no linealidad** : a medida que la plataforma se eleva, la fuerza que ejerce la corriente de aire disminuye de manera claramente no lineal. Por tanto, el sistema presenta una dinámica compleja.
- **Existencia de una zona lineal** : a pesar de ser un sistema no lineal, en una zona relativamente grande de la parte inferior, que abarca más de un tercio del rango de la variable a controlar, puede aproximarse por un sistema lineal. De esta manera, puede compararse el funcionamiento de un algoritmo de control en la zona lineal y en la zona no lineal.
- **Variación del comportamiento en el tiempo** : como se demostrará en la memoria del proyecto, el sistema varía ligeramente su comportamiento a lo largo del tiempo de duración de un experimento. Es un sistema adecuado para practicar un control robusto. Como además la variación es pequeña y dilatada

en el tiempo, son también válidos algoritmos donde exista identificación periódica del modelo, incluso en los que se supone un modelo fijo.

- **Dinámica lenta del sistema** : al ser un sistema relativamente lento, se dispone de más tiempo para realizar cálculos entre dos instantes de muestreo. Así se pueden estudiar algoritmos de control más complejos a pesar de que tengan una gran carga computacional, y que no serían viables en un sistema de dinámica rápida. Hay que señalar que existen en el laboratorio del departamento sistemas que son aún más lentos, y que el levitador neumático puede considerarse como un sistema intermedio entre estos sistemas muy lentos, y los que son mucho más rápidos que el levitador.

Por lo tanto este sistema es apropiado para estudiar gran cantidad de métodos de control, desde control robusto a control predictivo o control borroso, o redes neuronales, y este proyecto pretende proporcionar la base para la realización de futuros proyectos encaminados al control del levitador neumático.

Otra razón para realizar este proyecto ha sido la obtención de un conocimiento directo de los problemas que conlleva montar un sistema físico, y que abarcan desde localizar en catálogos los elementos, hasta fabricar pequeños circuitos que son necesarios, pasando por detectar y resolver todos los fallos existentes en el sistema hasta que éste esté totalmente operativo.

Precisamente, ha sido esta parte del proyecto la más extensa y problemática, pero también la que ha proporcionado mayor satisfacción por obligar a pensar de manera abierta en cómo solucionar los problemas a medida que surgen, que es al fin y al cabo uno de las características de un ingeniero.

También ha sido útil realizar este proyecto para conocer los métodos de identificación de sistemas no lineales y las dificultades que presentan.

Otra razón ha sido la posibilidad de aprender el manejo de programas de ingeniería como MATLAB y de lenguajes de programación avanzados como Visual C++, y conocer a fondo el funcionamiento, el manejo y la programación de una tarjeta de entrada / salida.

También ha sido una razón para escoger este proyecto la familiarización con los métodos de control actuales. Aunque no se han aplicado directamente en este proyecto, el enfoque que se le ha dado y, por ejemplo, la programación de la aplicación de control, se han hecho teniendo como objetivo final la posibilidad de implementar algoritmos modernos de control. De hecho, para garantizar rapidez y potencia a los programas que se hagan se ha elegido Visual C++ como lenguaje de programación frente otros lenguajes más sencillos pero menos potentes como Visual Basic, a pesar de ser más compleja la programación de la aplicación en Visual C++.

De igual manera, ha sido una razón importante para escoger y realizar este proyecto el hecho de que fuera bastante completo y equilibrado, puesto que aúna una parte práctica y otra teórica y otra de investigación y también aúna partes de control, de electrónica o de programación.