

ROBOT POSICIONADOR DE INSTRUMENTOS PARA EL TUNEL DE VIENTO

Técnicas de laboratorio

[Ing. Rafael Canetti \(* \)](#)

[Ing. Carlos López \(** \)](#)

Br. Raúl Lamas (*)

[\(* \) Instituto de Ingeniería Eléctrica \(IIE \)](#)

[\(** \) Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental \(IMFIA \)](#)

Facultad de Ingeniería . Universidad de la República.

Montevideo, Uruguay.

Resumen

Se presentan aquí los criterios aplicados en el diseño de un posicionador tridimensional para el uso en el túnel de viento del IMFIA. El mismo es controlado en forma remota por una computadora y su operación es automática. Las posiciones requeridas son contrastadas con las obtenidas.

Abstract

The criteria used to design a tridimensional positioner to be used in the wind tunnel of the IMFIA are presented in this work. The positioner is controlled by a computer in a remote way and its operation is automatic. The required precision is compared against the one obtained.

1. INTRODUCCION

En 1987 la U.T.E (Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas), planteo a la Facultad de Ingeniería la necesidad de la evaluación del recurso energético de origen eólico. Como parte de este trabajo se estudio el campo de velocidades del viento sobre terreno complejo. La metodología empleada en dicho estudio fue una combinación de modelación física y numérica. En particular la modelación física consistió en la utilización de un túnel de viento especialmente acondicionado para simular viento atmosférico. En el, se colocaron modelos topográficos a escala muy reducida (1/6000), de goma circular, que montados en una mesa giratoria permitiría el análisis del campo de velocidades en por lo menos 60 puntos, para varios ángulos de incidencia del viento. Las medidas se realizaron con un anemómetro de hilo caliente. La dificultad practica de sostener, trasladar y reorientar el sensor de velocidad dentro del túnel en forma precisa y frecuente para largas series de medidas, condujo a la necesidad de construir un posicionador programable que facilitara dicha operación.

2. REQUISITOS DE DISEÑO

Los objetivos buscados fueron:

a) Alta repetibilidad en el posicionamiento.

Posicionar un sensor de no mas de 100 gr. de peso en cualquier punto de un volumen cilíndrico de 1m de diámetro y 0,5m de alto con una precisión de 0,1 mm en la dirección vertical, 1mm en el

plano horizontal y 0,5 en la orientación del sensor. Las tolerancias se eligieron siguiendo a Neal, 1979.

b) Mínima obstrucción de la sección de trabajo

Interferir mínimamente el paso del aire, obstruyendo no más del 5% de la sección de trabajo, en cualquier posición

c) Facilitar el procedimiento de medida.

Incluir las funciones necesarias para automatizar el posicionamiento y reducir el tiempo necesario para la ejecución de las medidas

d) Proteger el instrumento de medida de posibles colisiones con el modelo ya que se trata de un dispositivo extremadamente frágil.

e) Bajo costo de operaciones y mantenimiento.

f) Ser posible de construir localmente, en corto plazo.

3. SOLUCION ADOPTADA

3.1- Parte mecánica

En primera instancia se pensó en un dispositivo que funcionara en coordenadas cartesianas, pero fue descartado por la dificultad de construir y alinear guías rectilíneas.

Se optó por una solución que funciona en coordenadas cilíndricas.

Para disminuir el área obstruida se decidió mantener en el exterior del túnel los mecanismos de desplazamiento vertical.

El robot posee cuatro grados de libertad: ρ , φ , z , w . Los tres primeros son los usuales de las coordenadas cilíndricas y el último corresponde a la orientación del sensor. Cada grado de libertad es comandado en forma independiente.

Este compuesto (ver fig. 1) por un cuerpo central con movimiento vertical (z), un brazo con movimiento angular (φ), un carro con movimiento longitudinal sobre el brazo (ρ), y un soporte del instrumento con movimiento angular (w).

Los dos desplazamientos rectilíneos se logran mediante tornillos sinfín, de 5mm de paso en la dirección vertical z , y 3mm de paso en la dirección radial ρ .

El giro φ se efectúa vía una combinación sinfín-corona con reducción, y el giro w con un mecanismo de relojería también con reducción.

A los efectos de eliminar la histeréisis mecánica se utilizó: en los desplazamientos rectilíneos, un sistema de doble tuerca con resorte, y en los giros un resorte espiral opuesto al movimiento.

Todo el conjunto fue aislado mecánicamente del túnel. El sellado del punto de ingreso se realiza mediante una junta flexible de goma (ver fig. 2), siendo esta el único contacto entre el túnel y el posicionador

3.2- Control.

Cada grado de libertad es comandado en forma independiente por un motor de corriente directa. El control de cada movimiento es en lazo cerrado, energizando los motores y midiendo los desplazamientos con un sistema de interruptores ópticos con discos dentados.

Los extremos de carrera de cada grado de libertad se detectan mediante microinterruptores.

El control consta de tres unidades (ver fig. 3):

Unidad de control.- Se encarga del control en tiempo real del robot.

Esta basada en un microprocesador INTEL-8085. Observa el estado de los sensores del posicionador (interruptores ópticos y microinterruptores) determina el estado y posición actual y comanda la acción sobre los motores enviando señales a la unidad de potencia .

Recibe comandos de la unidad PC y la envía a esta el estado general del sistema serie EIA-RS-232-C.

Unidad de potencia- Recibe la señales de la unidad de control, en función de las cuales energiza los motores que comandan cada uno de los grados de libertad.

Unidad PC-Computadora Personal – Ejecuta un programa en lenguaje de alto nivel encargado de la comunicación interactiva con el usuario, el calculo de las trayectorias, y la comunicación con la unidad de control.

4. FUNCIONES

Para facilitar el procedimiento de mediciones el robot posee algunas funciones.

Se lo comanda desde una mesa de mando (ver fig 4) donde se encuentra la unidad PC. En ella se despliega una pantalla de comunicación con el operador (ver fig 5) que permite visualizar el estado del posicionador y las opciones ofrecidas por menú.

Se lo puede posicionar indicándole numéricamente las coordenadas de los puntos a recorrer o manualmente accionando las teclas usuales para el desplazamiento del cursor

Se lo puede entrenar, haciéndole recorrer una sucesión de puntos, almacenando sus coordenadas de modo que posteriormente pueda repetir la misma trayectoria.

Estas trayectorias pueden estar referidas a la posición del robot (coordenadas absolutas), o a la posición del modelo (coordenadas relativas), de modo que al cambiar la ubicación del modelo dentro del túnel, el robot vuelve a posicionarse en los mismos puntos seleccionados anteriormente. Determina además el desplazamiento del modelo.

Se puso énfasis en los mecanismos de protección. Cada grado de tiene en cada extremo un doble mecanismo de protección contra excesos en los limites de desplazamiento, el primero opera vigilado por programa y el segundo interrumpe la energía previendo fallas de la unidad de control.

Hay un sistema de protección del instrumento que actúa cuando este toca cualquier objeto dentro de alguna acción por parte del operador.

5. ENSAYOS DE RECEPCION

Se realizan medidas para verificar las precisiones obtenidas.

Estas medidas se llevaron a cabo con un extensómetro marca Helios con apreciación de 0.01mm.

a) ensayo sobre el movimiento vertical.

Se llevaron a cabo dos clases de mediciones sobre todo el rango de desplazamiento, para comprobar la uniformidad del desplazamiento, la otra verificando repetibilidad de las medidas.

Para la primer clase se midió el desplazamiento vertical cada 0.031mm aproximadamente, Como resultado se obtuvo un desplazamiento medio que difiere del previsto en menos de 0.07mm en todos los casos. Se presenta la curva de errores para un tramo del recorrido, que representa unos 3cm de recorrido (fig 6)

Para verificar la repetibilidad se llevaron a cabo ensayos donde se llevo el robot a posicionarse siempre en un mismo pnto. Luego se lo hizo recorrer una sucesión de puntos alejados, y finalmente se lo hizo volver al mismo punto . Con el extensómetro se midió la posición vertical (z) del robot en este punto final. Se llevaron a cabo 5 ensayos idénticos , la figura 7 muestra uno de los ensayos, con 20 vueltas al mismo punto de partida . El intervalo grueso muestra la precisión de 0.1mm requerida. Entre las posiciones mas alejadas hay 0.007mm, cantidad menor que la apreciación del instrumento empleado. La ultima cifra de la lectura del instrumento fue estimada, por lo que solo se puede afirmar que la repetibilidad observada es menor o igual que la apreciación del instrumento de medida. Es bastante mejor que la requerida.

En los 5 ensayos se obtuvieron resultados similares.

b) ensayos sobre el movimiento radial río

Como en el caso anterior, se midió todo el rango de desplazamiento.

Se observo un error menor que 0.16mm en todo el recorrido.

c) ensayos en el movimiento río.

Se hicieron 5 ensayos de regreso al mismo punto como el que e describe en a), pero esta vez se midió la distancia horizontal entre el robot y un punto fijo. Esta distancia se debe principalmente al error en el movimiento río. (La contribución de río es despreciable). Se muestran los resultados de uno de estos en la figura 8. En línea gruesa se observa la precisión deseada de 1mm en el plano horizontal.

6. CONCLUSIONES

El posicionador descrito fue realizado durante el año 1988, participaron también en su diseño y construcción Jorge Estrada y Alejandro Bevc. Fue puesto en operación en diciembre de 1988, desde entonces ha sido utilizado ampliamente con muy buenos resultados (ver p.ej. [2] y [3]).

Las medidas realizadas confirman que se obtuvieron precisiones en el posicionamiento mejores que las requeridas

7. AGRADECIMIENTOS

El dispositivo que se reporta en este trabajo fue construido como parte del Proyecto de Evaluación del Potencial Eólico Nacional financiado por UTE. Queremos agradecer al Directorio de este organismo la autorización para publicar los resultados.

Agradecemos la colaboración de André Fonseca de Oliveira y Jorge A. Tierno en las medidas de la precisión del robot, y de Laura Ladin en su disipación