

EVALUACION DE UNA PLATAFORMA GIRATORIA A BAJAS VELOCIDADES

G. Jodor, L. de Pablo Pardo, A. Peuriot, V. Slezak y G. Santiago*

CEILAP

Zufriategui 4380 (1603), Villa Martelli, Pcia de Buenos Aires

Facultad de Ingeniería

*Paseo Colón 850 (1063), Capital Federal

e-mail: giodor@citefa.gov.ar

Se presenta un sistema de medición de velocidades angulares aplicado a una plataforma de un eje destinada al ensayo de un interferómetro de Sagnac. La plataforma es girada con velocidad variable por medio de un motor eléctrico de c.c. con reducción. La posición angular es medida por medio de un codificador óptico realizado en el laboratorio en conjunción con un temporizador conectado a una computadora. Este método de medición es comparado contra una señal obtenida a partir de un potenciómetro de alta precisión adosado al eje de la plataforma.

We present a system for angular velocity measurements of a single axis platform built for testing a Sagnac interferometer. The platform is driven around its axis by an electric torque motor. The output that indicates the angular velocity comes from an optical encoder made in our lab together with a timer connected to a computer. We compare this method with the signal obtained from a high precision potentiometer coupled to the platform axis.

I. CONSTRUCCIÓN DE LA PLATAFORMA

Para evaluar el comportamiento de un interferómetro de Sagnac destinado a la medición de rotaciones y obtener su factor de escala, se construyó un prototipo de plataforma giratoria con velocidad ajustable entre 100 y 40.000 °/h.

La mesa de ensayos (figura 1) fue construida evitando el uso anillos rozantes que condujeran señales eléctricas entre la plataforma y el instrumental. Se tomó esta decisión debido a la posibilidad de interferencia mutua entre la señal de modulación de un cerámico piezoeléctrico (de alta potencia) y la pequeña señal registrada a la salida de un fotodiodo, así como el ruido adicionado en un contacto deslizante. Para las mediciones que se pretendían - a muy baja velocidad de rotación- bastaban pequeños giros de la mesa para recoger resultados. Se utilizaron cables flexibles para vincular la plataforma con el instrumental, con lo cual se minimizaron las interferencias eléctricas, aunque inevitablemente aparecieron esfuerzos mecánicos relacionados con la deformación de los cables. Esto degrada la uniformidad de marcha en el rango de bajas velocidades.

Debido a la sensibilidad del estado de polarización de la luz que se propaga en la fibra frente a campos magnéticos, se decidió utilizar aluminio en la construcción de la mesa.

Se optó por una estructura de perfiles robustos y placas soldadas entre sí que además aseguraban una baja deformación en la etapa de soldadura, más una buena facilidad de montaje y acceso para eventuales modificaciones.

La plataforma giratoria, cuadrada de 50cm de lado, fue diseñada con criterios de alta rigidez; no obstante ello, las primeras pruebas del interferómetro evidenciaron desplazamientos relativos por deformación que obligaron a colocar más perfiles y una placa de distribución de la carga en la zona de acometida del eje de giro. Allí se puso en evidencia lo crítico de la alineación óptica del conjunto, al punto

que además fue necesario cubrir el dispositivo con una caja de acrílico para evitar el efecto de variaciones de densidad del aire, polvo ambiente y de temperatura asociadas a las turbulencias del ambiente.

El eje de giro se apoyó en dos rodamientos cónicos, que aseguraban holguras laterales nulas por la misma carga del peso propio del conjunto. Se dispusieron guardapolvos sobre cada uno de estos rodamientos, pues las partículas que ingresaran en las pistas podían ser motivo de irregularidades y variaciones de la velocidad angular en el proceso de medición.

La impulsión de giro del conjunto fue resuelta adoptando un motorreductor de corriente continua con desmultiplicación de 20000:1 en varias etapas de engranajes rectos en disposición planetaria. La evidencia de fluctuaciones en la cupla del motor y la necesidad de desacoplar vibraciones originadas en éste impusieron la utilización de un vínculo elástico de transmisión con propiedades de amortiguación. Para ello se montó el motor separado de la plataforma y se los vinculó por medio de una correa y sendos juegos de poleas de diferentes diámetros que permiten extender el rango de velocidades accesibles.

II. MÉTODOS PARA LA MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR

Para la medición de la velocidad se utilizaron dos sistemas independientes (figura 1). En el primero, se recurrió al disco ranurado del mecanismo de un mouse standard de PC, acoplado al movimiento del eje de rotación con una multiplicación de 60:1.

A través de las ranuras del disco se transmite la radiación de un led (D1), que es detectada del otro lado por dos fototransistores. Los detectores (T1 y T2) están montados de forma que la radiación no incide simultáneamente en ambos; con esto se consiguen dos señales similares desfasadas 90° entre sí.

Estas señales se introducen en un comparador (IC1) el cual genera una señal cuadrada, de acuerdo a los puntos de corte entre las señales (figura 2).

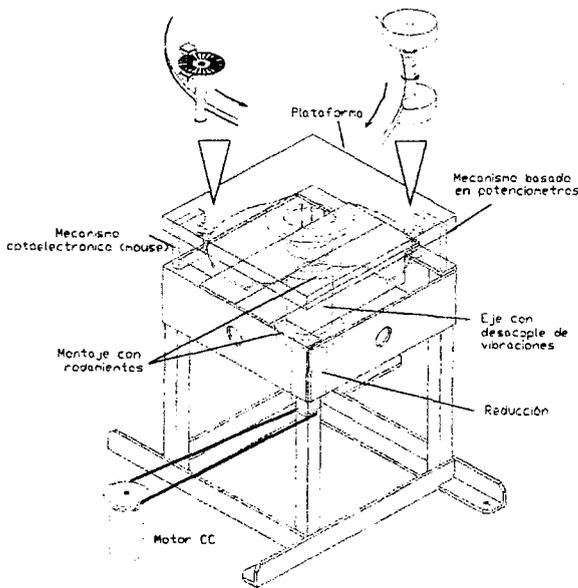


Figura 1

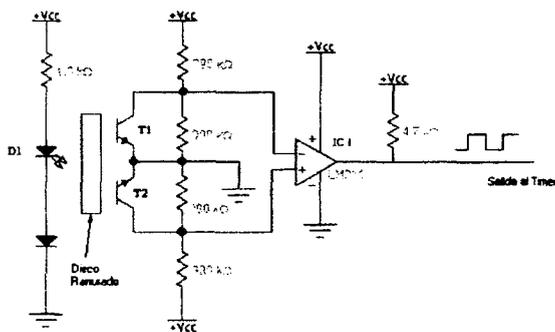


Figura 2

La cantidad de pulsos por revolución de la mesa medida con un osciloscopio digital resultó ser de 5620, con lo que se determinó que cada pulso corresponde a un giro de $0.0614^\circ \pm 0.035\%$.

Utilizando los contadores de 16 bits de una placa de adquisición ADQ12, se midió el ancho temporal de cada pulso a la salida del comparador. Sobre la base de estas medidas, la velocidad angular se obtuvo como la razón del paso angular a la duración temporal del pulso. La frecuencia de conteo era de 62500 Hz lo que permitió obtener una resolución temporal de $16\ \mu\text{s}$ ($1/62500\ \text{Hz}$). Por lo tanto el error relativo teórico calculado varía desde 0.04% a $100^\circ/\text{h}$ hasta 0.8% a $40.000^\circ/\text{h}$, pero debido a problemas de ruido eléctrico y de la uniformidad del disco ranurado, el error real es aproximadamente 50 veces superior a este límite teórico.

Sincrónicamente con la adquisición de cada pulso, se registró la fase de Sagnac del interferómetro, medida a través de una detección pseudo heterodina por medio de un amplificador lock-in.^[1] Los datos fueron transferidos a una PC con una interfaz GPIB 488 y un programa desarrollado a este fin.

Debido a la gran duración de cada pulso proveniente del disco ranurado cuando se opera a bajas velocidades (un dato cada 2 segundos aproximadamente), las medidas no muestran fluctuaciones de la velocidad para intervalos de tiempo menores al tiempo de adquisición. Esto trae aparejado que, a bajas velocidades, las muestras presenten baja dispersión aún en presencia de inevitables fluctuaciones en la velocidad de rotación (Ω). Por el contrario, al operar a altas velocidades, el menor período de los pulsos permite adquirir datos a una mayor velocidad y por lo tanto se pueden detectar las no uniformidades en el giro.

Para el segundo sistema se montaron dos servo potenciómetros de rotación continua y bajo nivel ruido (RS/Spectrol). Cada uno de ellos se utiliza como divisor resistivo, de forma que al girar la mesa estos producen una señal diente de sierra en el terminal del cursor. Fueron acoplados al eje de giro mediante una multiplicación de 94,75:1 y cuidando que las zonas muertas de ambos no se superpusieran en la misma posición, para obtener al menos una señal válida durante todo el tiempo (figura 3).

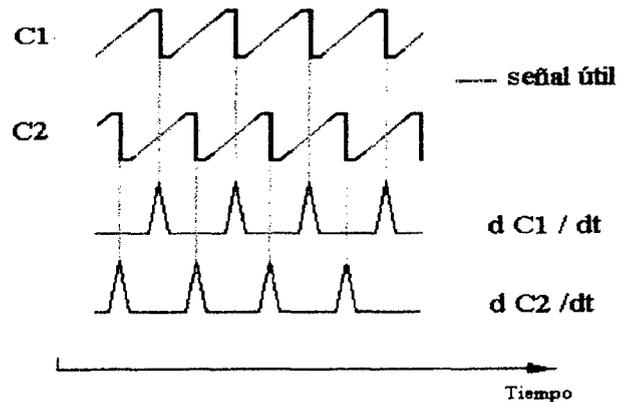


Figura 3

Las señales de los dos potenciómetros se registraron simultáneamente con la señal del giróscopo con una velocidad de muestreo de 8 a 128 Hz dependiendo de Ω .

Una vez adquiridos los datos se procesaron numéricamente para obtener la velocidad como la pendiente de la señal diente de sierra de cada divisor resistivo y se seleccionó entre las dos señales para evitar la zona muerta de los potenciómetros.

Con la relación de multiplicación y tensión aplicada entre bornes, se calculó que por cada grado girado por la plataforma la tensión medida en el cursor del potenciómetro varía en media 2,7 Volts. En base a este dato y al intervalo de tiempo entre muestras se puede calcular la velocidad de rotación.

Teniendo en cuenta que se digitaliza con una placa de adquisición (ADQ12) de 12 bits y una excursión de 10 Volt, el límite teórico de resolución en la posición angular es de 0.0008° . En la práctica factores incontrolables como el ruido eléctrico, ruido en los contactos rozantes de los potenciómetros, errores del

conversor (+/- 2 escalones) y deriva de las referencias de tensión, hacen imposible alcanzar estos valores de resolución, obteniéndose un ruido mínimo equivalente a 100 °/h independientemente de Ω .

La ventaja de este método reside en que puede detectar fluctuaciones rápidas debido al corto tiempo de adquisición entre muestras independientemente del valor de Ω .

En contraste con el optoelectrónico, este método es una buena alternativa para obtener la medida de la velocidad angular en un amplio rango dinámico y con un tiempo de integración constante.

En la figura 4 se presenta una comparación de los dos métodos para Ω entre 300 y 14.000 °/h, donde se ve claramente el efecto del tiempo de integración variable para el sistema optoelectrónico a bajas velocidades de rotación.

En la figura 5 se presenta la respuesta del interferómetro de Sagnac medida con un amplificador lock-in digital (tiempo de integración=100 ms) comparada con la medida por el sistema de divisor resistivo anteriormente descrito. Se registraron cinco mil datos durante un lapso aproximado de 50 seg. durante el cual Ω varió entre 0 y 10^5 °/h, donde se tomó arbitrariamente el cero para la plataforma en reposo en ambos métodos. Se aprecia claramente que ambas señales coinciden.

El método utilizado es lo suficientemente sensible como para resolver las fluctuaciones del giro dentro del rango útil.

Como se observa, la rotación de la plataforma presenta inhomogeneidades debido a que el motor y los reductores utilizados no son de precisión. Con el fin de conseguir una marcha más uniforme se experimentó con un sistema de arrastre basado en una pesa que cae en un aceite viscoso. Se observó una velocidad de rotación más uniforme y reproducible, pero las cuplas de rozamiento estático en los rodamientos eran lo suficientemente elevadas como para impedir el giro a velocidades inferiores a 1000 °/h.

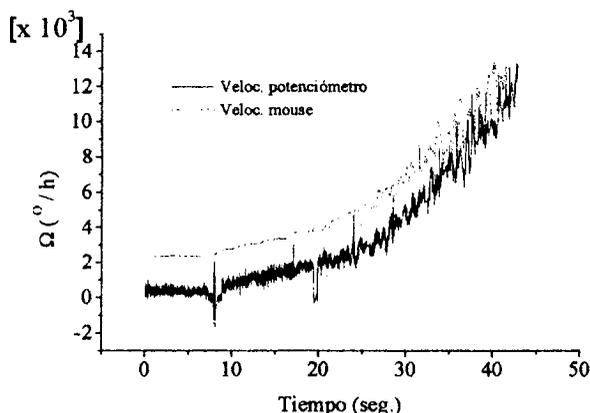


Figura 4

Las curvas se presentan corridas para una mejor observación.

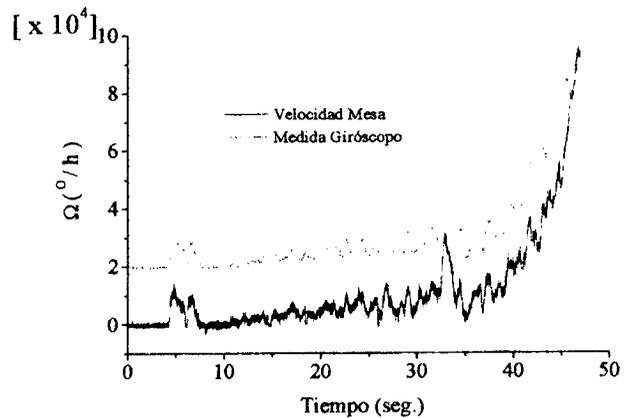


Figura 5

Las curvas se presentan corridas para una mejor observación.

III. CONCLUSIONES

Concluimos que los métodos de medición de velocidad angular llevados a cabo son adecuados para las características de la plataforma giratoria construida en el CEILAP, además de ser baratos y de simple implementación.

La mayor dificultad fue conseguir una velocidad estable, con bajas fluctuaciones. Mejoras en el desempeño requieren de un motor de cupla uniforme, reductores de tipo tornillo sinfin y corona, así como un sistema de transmisión amortiguado que absorba las fluctuaciones.

Agradecimientos

Agradecemos los trabajos de tornería realizados por los Sres. José Luque del CEILAP y Joaquín Miranda del Taller de Prototipos y al Sr. C. Morales por los planos y dibujos.

Referencias

- [1] G. Santiago, G. Jodor, V.B. Slezak, A.L. Peuriot y L. de Pablo Pardo, enviado a Anales AFA 11.

CEILAP
CITEFA CONICET
ZUFRIATEGUI Y VARELA
1603 VILLA MARTELLI
REPUBLICA ARGENTINA