

Estudio de clinómetros para el sistema de Alineamiento de CMS.

A.L. Virto,¹ I. Vila,¹ T. Rodrigo,¹ C.F. Figueroa,¹ A. Calderón,¹ E. Calvo,¹ P. Arce,¹ J.C. Oller,² A. Molinero,² M.I. Josa,² A. Ferrando² y M.G. Fernández²

¹ Instituto de Física de Cantabria, CSIC - Universidad de Cantabria, Santander

² CIEMAT, Madrid.

En CMS¹ se pretenden obtener resoluciones en la reconstrucción de la impulsión del orden del 5 al 20% para muones de 1 TeV y regiones de pseudorapidez de hasta 2.4. Para lograrlo se requiere conocer la posición de los espectrometros de muones con respecto al detector central de trazas con una precisión comparable a la resolución de las propias cámaras de muones (unos 100 micrones). Pero con los 4 T que proporcionara el solenoide de CMS es imposible garantizar la estabilidad de las cámaras de muones en el nivel de los 100 micrones. Por ello, la posición relativa de las cámaras y detector central ha de ser sometida en todo momento a un seguimiento, del que se encargara el Sistema de Alineamiento de Link².

En el sistema LINK, las posiciones se monitorizaran mediante sensores de posición 2D³, mientras que la coordenada PHI lo será mediante niveles láser⁴. Un nivel láser es la conjunción de una fuente láser y de un clinómetro. Los movimientos angulares, en el sistema LINK, pretenden ser medidos con una resolución inferior a 20 microrradianes.

Los clinómetros que hemos investigado pertenecen a las firmas AGI⁵ y AOSI⁶. Hemos utilizado 4 unidades de AGI (que llamaremos AGI1 y AGI2, para el modelo 756, y P1 y P2, para el modelo 755). La diferencia entre los dos modelos es el rango: ± 10 grados en el modelo 756 y ± 1 grado en el modelo 755. Los de AOSI serán llamados EZ1 y EZ2, con un rango de ± 10 grados.

Los clinómetros miden inclinaciones con respecto a la referencia mas estable: el vector gravedad. Miden la posición angular y los movimientos rotacionales de los elementos a los que hayan sido unidos.

La operación de estos sensores esta basada en el principio de que una burbuja suspendida en un liquido se orienta siempre en una posición perpendicular a la gravedad. La burbuja se encuentra en una cápsula, llena de un fluido conductor, dotada de tres electrodos. Dos de los electrodos están situados en los extremos de la cápsula y uno en el centro. Cuando se aplica un voltaje AC a los electrodos de excitación (los de los extremos), la salida medida en el electrodo central es una función del ángulo de inclinación.

Es deseable que los sensores sean lineales, esto es, que el voltaje de salida pueda escribirse como:

$$V(\text{mV}) = k(\text{mV/mrad}) \times \alpha(\text{mrad})$$

donde k es la constante de calibración y α el ángulo de inclinación.

Para calibrar, determinar el rango de linealidad y extraer la resolución de los varios sensores probados, se instala un clinómetro sobre una plataforma que puede ser inclinada

mediante operación sobre un micrómetro. En la misma plataforma se coloca una fuente láser que ilumina dos sensores transparentes de silicio amorfo³ situados a 10 mm y 1150 mm de la cabeza del láser, respectivamente. Reconstruyendo la posición de la mancha luminosa sobre los sensores de posición podemos calcular el ángulo α de inclinación de la plataforma y por tanto del clinómetro. Se procede entonces a tomar datos del voltaje de salida y del ángulo correspondiente. Al conjunto de puntos Voltaje-Angulo se le ajusta una recta, cuya pendiente es la constante de calibración y cuya dispersión de residuos da una idea de la resolución del clinómetro en cuestión. Se realizaron hasta 8 calibraciones independientes para cada clinómetro, tomando un punto aproximadamente cada 300 microrad.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Sensor	Rango (mrad)	k(mV/mrad)	Resolución (microrad)
P1	-6,+6	1020 ± 2	50 ± 3
P2	-6,+6	997 ± 1	28 ± 2
AGI1	-7,+7	460 ± 1	11 ± 1
AGI2	-7,+7	458 ± 1	18 ± 2
EZ1	-7,+7	112 ± 1	93 ± 9
EZ2	-7,+7	93 ± 1	338 ± 13

De los resultados se desprende que de las seis unidades probadas, correspondientes a tres modelos distintos de dos firmas diferentes, solo el modelo 756 de la firma AGI es lineal en un rango suficiente de ángulo, con una resolución absolutamente aceptable.

Referencias

- ¹ "The Compact Muon Solenoid Technical Proposal", G.L. Bayatian et al. CERN/LHCC 94-38. Referencia de ejemplo citada dos veces.
- ² "The CMS Muon Project Technical Design Report". CERN/LHCC 97-32.
- ³ "Semitransparent amorphous silicon sensors for the CMS alignment: an in-depth study", M.G. Fernandez et al., Nucl. Instr. and Meth. A 440(2000)372.
- ⁴ "Testing tiltmeters for the alignment system of the CMS experiment", A.L. Virto et al, CIEMAT 2000-930.
- ⁵ Applied Geomechanics Incorporated, CA 95062-USA. The models in this study belong to the Mid-range Miniature Tilt Sensors.
- ⁶ Advanced Orientation Systems, NJ 07036-USA. The model in this study belongs to the EZ-TILT-3000 Series.