

Resumen

Esta tesis se enmarca dentro del campo de Instrumentación Electrónica para Aceleradores de Partículas, también denominado Diagnóstico de Haz —*Beam Diagnostics*—. En este trabajo se presenta el desarrollo de unos dispositivos electro-mecánicos para monitorizar la posición del haz de partículas —*Beam Position Monitor*, BPM—, concretamente del tipo inductivo —*Inductive Pick-Up*, IPU—. Una serie de 17 unidades (16 + 1 de repuesto) de estos monitores de posición de haz o BPMs, bautizados como BPS, fueron construidos e posteriormente instalados en la línea de deceleración de electrones TBL —*Test Beam Line*—, perteneciente al complejo de aceleradores CTF3 —*CLIC Test Facility 3rd phase*— en el CERN —*European Organization for the Nuclear Research*—. La finalidad de CTF3 es la demostración de la viabilidad de la nueva tecnología de aceleración de doble-haz en la que se basaría el futuro colisionador lineal de leptones CLIC —*Compact Linear Collider*— para alcanzar la frontera de energía en la escala de varios Tera-electron-Voltios o Multi-TeV. Las nuevas generaciones de aceleradores de partículas, y en particular CLIC, requieren de BPMs de precisión y alta resolución debido a la necesidad de realizar procedimientos de alineación de sus múltiples elementos cada vez más exigentes para mejorar la calidad del haz, y en los que los monitores de posición como el BPS-IPU juegan un importante papel. Sobretodo en la técnicas de alineamiento basadas en el propio haz de partículas proporcionando la monitorización de la posición, además de la corriente del haz en el caso del BPS, en diferentes puntos a lo largo del acelerador.

El proyecto BPS, llevado a cabo en el IFIC, se realizó fundamentalmente en dos fases: la de prototipado y la de producción y test de la serie para TBL.

En la primera fase se construyeron dos prototipos totalmente funcionales, de la que esta tesis se centra en los aspectos de diseño electrónico de las tarjetas de circuito impreso PCB embarcadas en los monitores BPS, que están basadas en transformadores y son responsables del sensado de la corriente y posición del haz. Asimismo, se describe el diseño mecánico del monitor con énfasis en las partes involucradas directamente en su funcionamiento electromagnético, gracias al acoplamiento de los campos generados por el haz con dichas partes. Para ello se estudiaron sus parámetros operacionales, acorde a las especificaciones de la línea TBL, y también se realizaron simulaciones con un nuevo modelo circuital válido para frecuencias en su ancho de banda de operación (1kHz-100MHz). Dichos prototipos fueron testeados inicialmente en los laboratorios de la sección BI-PI —*Beam Instrumentation - Position and Intensity*— del CERN.

En la segunda fase de producción de la serie de monitores BPS, construidos según los estudios y la experiencia de los prototipos, el trabajo se focalizó en la realización de los tests de caracterización de los parámetros principales de la serie de monitores, para lo que se diseñaron y construyeron dos bancos de pruebas con diferente propósitos y regiones de frecuencia. El primero está destinado a trabajar en la región de baja frecuencia, entre 1kHz-100MHz, en la escala temporal del pulso de haz de electrones con periodo

de repetición de 1s y duración aproximada de 140ns. Este es un sistema de test denominado *Wire Test-bench* que habitualmente se usa en instrumentación de aceleradores para obtener los parámetros característicos de cada monitor de medida de la posición y corriente del haz, como son la linealidad, precisión y respuesta en frecuencia (ancho de banda). Gracias a que permite la emulación de un haz de partículas de baja intensidad con un cable de corriente tensado y posicionado con precisión respecto al dispositivo bajo ensayo. Este sistema se construyó específicamente adaptado para el monitor BPS y pensado para realizar una adquisición de datos de la forma más automatizada posible, con el equipamiento de medida y control de motores de posicionamiento del monitor respecto al cable, todo gestionado desde un PC. Con este sistema se caracterizaron todos los monitores BPS en los laboratorios del IFIC y cuyos análisis de resultados se presentan en este trabajo.

Por otro lado, los tests de alta frecuencia, por encima de la banda X de microondas y en la escala temporal correspondiente a los micro-pulsos de cada pulso de haz con periodo de 83ps (12GHz), se realizaron para determinar la impedancia longitudinal del monitor BPS. La cuál debe ser lo suficientemente pequeña para minimizar las perturbaciones del haz al atravesar cada monitor, y que afectan a su estabilidad durante la propagación a lo largo de la línea. Para ello, se construyó el banco de pruebas de alta frecuencia que consiste en una estructura de guía de ondas coaxial de 24mm de diámetro adaptada a 50Ω y con ancho de banda de 18MHz a 30GHz, previamente simulada, con espacio para la inserción del BPS como dispositivo bajo ensayo. De este modo, esta estructura es capaz de reproducir los modos propagativos TEM (Transversales Electro-Magnéticos) del haz de electrones ultra-relativista con 12GHz de frecuencia de micro-pulsos, y así poder medir los parámetros de *Scattering* de los que se obtuvo la impedancia longitudinal del BPS en el rango de frecuencias de interés.

Finalmente, también se presentan los resultados de los tests con haz realizados en la línea TBL, con corrientes de haz de 3.5A hasta 13A (máx. disponible en el momento del test). Para la determinación de la mínima resolución alcanzada por los monitores BPS en la medida de la posición del haz, siendo la figura de mérito del dispositivo, con un objetivo de resolución de $5\mu\text{m}$ a máxima corriente de haz de 28A según las especificaciones de TBL.