Sistema de control de la fuente de iones ISHP

Artículo cedido por National Instruments

NATIONAL INSTRUMENTS
www.ni.com

Autores:
I. Arredondo,
M. Eguiraun,
D. Piso,
M. del Campo,
J. Feuchtwanger,
G. Harper,
J. Bilbao,
X. González,
L. Muguira,
N. Garmendi,
P. González,
J. Corres,
R. Miracoli,
S. Varnasseri,
(Consorcio ESS-Bilbao)

J. Jugo,
J. Portilla,
V. Etxebarria
(Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea, España)

"El uso de hardware de NI y LabVIEW ha sido decisivo para facilitar la construcción de una fuente de iones ECR, que implica el empleo de varias tecnologías, protocolos, etc,... También ha sido muy útil para integrar diferentes componentes, ayudando en la modularidad y en la integración en una red EPICS."

El Reto

El control y monitorización de una fuente de iones de tipo ECR, con estrictos requisitos de sincronización y adquisición de datos incluyendo interfaz de alto voltaje, un sistema de radiofrecuencia, comunicación con otros subsistemas basados en PLCs, integración en una red EPICS y plazos muy limitados de implementación y puesta en marcha.

La Solución

Usar LabVIEW para facilitar el diseño dada la gran diversidad de tecnologías de que se compone el proyecto, permitiendo a su vez la integración con la red de control EPICS. Utilizar FPGAs y sistemas en Tiempo Real para cumplir con los estrictos requerimientos de procesado, adquisición de datos y sincronización, manteniendo una gran flexibilidad y ahorro de costes para futuras modificaciones. Incorporar dos chasis PXI y un CompactRIO que permiten trabajo en paralelo y controlar sistemas críticos de forma independiente a la vez que pueden diseñarse con una única plataforma: LabVIEW.

Introducción

El proyecto ISHP consiste en una fuente de iones ECR capaz de generar un haz pulsado (20Hz-50Hz) de H+. Las fuentes de iones ECR crean plasma inyectando microondas en una cámara de vacío provista de un campo magnético determinado y un gas. Una vez creado el plasma, los iones se extraen aplicando una diferencia de potencial.

Todo el equipamiento necesario para generar el haz debe estar a alto voltaje (70kV) para proveer a las partículas del potencial de aceleración inicial.

La filosofía de control de ESSB implica modularidad y cuatro redes cuasi independientes cada una con su propia tecnología asociada. Estas redes son: Red de Control (CN), Red de Interlock (IN), Red de Temporización y Sincronización (TS) y Red de Seguridad de Personas (HS). Sus tecnologías asociadas son PXI y CompactRIO, PLCs, tarjetas PXI y PLCs de Seguridad, respectivamente.

Estas redes se relacionan mediante EPICS y LabVIEW, de manera que se pueden supervisar desde un único centro de control.

A otro nivel, pero relacionado con el Control se encuentran los diagnósticos, los sistemas auxiliares (vacío, refrigeración,...) y el almacenamiento de datos.

Figura 1. Fotografía de la instalación y detalle de la cadena de generación de plasma (A)

Descripción del sistema

El sistema (Figura 2) se puede dividir en cuatro subsistemas (se incluye el almacenamiento de datos dentro del sistema de Control).

Sobre la plataforma se encuentran la Cámara de Plasma, el sistema de RF, los controladores de CN e IN y algunas señales auxiliares. Por otro lado, en tierra están la Columna de Extracción, los controles máster de CN e IN, el sistema de HS y los diagnósticos. Además, hay diversos equipos relacionados con ambos potenciales, como son, la fuente de alto voltaje (70kV), el transformador que alimenta los aparatos de plataforma y el seccionador de puesta a tierra (MGA).

Fuente de iones

Se compone de la cámara de plasma, el inyector de H2, la cadena de RF y la columna de extracción.

En la cámara de plasma se genera un campo magnético mediante electroimanes móviles, el suministro de H2 se gestiona mediante un controlador de flujo y se inyectan las ondas de RF adecuadas empleando un Generador de RF, un Klystron y una Unidad Automática de Ajuste (ATU).

Por último, la columna de extracción está provista de un triodo ajustable cuya finalidad es focalizar y extraer el haz.

Sistema de control

Tal y como se detalló anteriormente, el sistema de control puede separarse en cuatro redes.

Control

Se basa en productos de National Instruments (en azul en la Figura 2). Se emplean tres chasis, dos PXI (PXI-1042Q y PXIe-1065) uno en tierra y otro en plataforma y un CompactRIO (cRIO-9112) en plataforma. Para evitar los problemas de salto de potencial entre los dos chasis PXI se unen mediante un sistema MXI por fibra óptica (PXI-8336).

El chasis de tierra tiene embebido un Controlador en Tiempo Real (PXIe-8108). Este maneja una tarjeta RS485 PXI (PXI-8433/4) para controlar los motores de la columna de extracción, los motores de los electroimanes de la cámara de plasma (TCP/IP serie) y una FPGA (PXI-7852R) para: controlar la fuente de alimentación de la columna de extracción, adquirir la señal del ACCT y leer los sensores de presión. Además, este controlador se comunica con el PC de control mediante el uso de variables compartidas y un servidor EPICS (Módulo LabVIEW Datalogging and Supervisory Control).

El chasis de plataforma incluye una FPGA (PXI-7852R), que genera pulsos (20us-2ms a 20Hz-50Hz) para el generador de RF, implementa lógica digital para la seguridad de los motores de los electroimanes de la cámara de plasma, controla el flujo de H2 y se encarga de ciertos parámetros de la temporización.

El CompactRIO maneja todas las señales control del sistema de RF con excepción del Klystron y los pulsos para el generador de RF. En concreto, adquiere las señales rápidas con la tarjeta NI-9223, las señales lentas con una NI-9205 y maneja los motores de la ATU con la NI-9403. Además incluye un servidor EPICS para publicar las señales del sistema.

Por otro lado, el PC de Control con Scientific Linux como SO y LabVIEW se encarga de controlar las fuentes de alimentación de los solenoides de la cámara de plasma (Modbus TCP/IP), el Klystron (BCIP por TCP/IP) y monitoriza todas las variables EPICS (librería CA Lab) que publican el controlador RT del PXI de tierra y el CompactRIO. Además, todo queda integrado en una OPI.

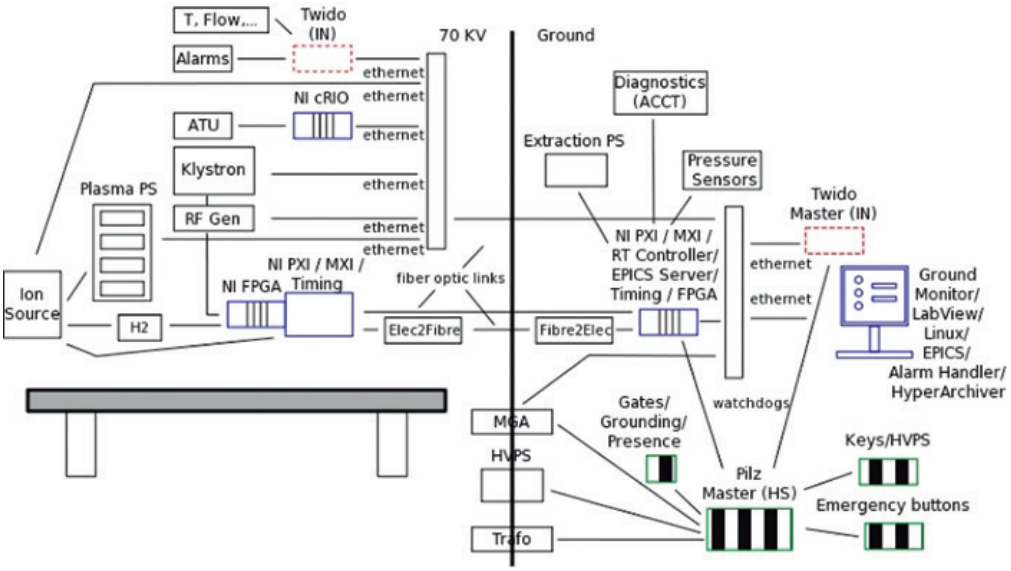

Figura 2. Esquema del sistema

Por último, el PC de Control implementa un sistema de Alarmas basada en CSS, para informar al operador. Este PC también se encarga del guardado de datos mediante una nueva versión de HyperArchiver desarrollada en ESS Bilbao en colaboración con el INFN/LNL.

Temporización y Sincronía

Para generar la señal de temporización requerida para operar, se emplea hardware específico. La implementación actual es:

- GFT-9404 y PXI-6651: para enviar el pulso de temporización a los triggers de los chasis PXI de tierra y plataforma, respectivamente.
- PXI-7852R FPGA: sincronizada por la línea de trigger PXI_Trig0 y que genera los pulsos para el Generador de RF.

Interlocks

Es el sistema de protección de la máquina. Se basa en PLCs y la comunicación con EPICS y LabVIEW se realiza mediante Modbus TCP/IP (en rojo en la Figura 2).

Seguridad de Personas

En primer lugar existe una valla de protección que confina la fuente. Esta valla y los elementos necesarios para generar el alto voltaje se habilitan/inhabilitan mediante un sistema mecánico de llaves y un sistema de seguridad compuesto por un set de sensores/actuadores y un PLC todo ello cumpliendo con SIL3 y PLe (en verde y rayado en la figura 2).

Sistemas Auxiliares

Engloban la instalación eléctrica, el vacío, la refrigeración con agua desioinizada y el sistema de aire comprimido. Todos estos sistemas tienen integrado su propio control y únicamente se monitorizan para producir alarmas o una respuesta del sistema de interlocks.

Conclusiones

El uso de hardware de NI y LabVIEW ha sido decisivo para facilitar la construcción de una fuente de iones ECR, que implica el empleo de varias tecnologías, protocolos, etc,...

También ha sido muy útil para integrar diferentes componentes, ayudando en la modularidad y en la integración en una red EPICS.

En el futuro, la modularidad del sistema permitirá un mantenimiento sencillo y llevar a cabo modificaciones y mejoras.

Una de ellas es la implementación de White Rabbit, que es un sistema de sincronización con precisión de subnanosegundo basada en PTP y Synchronous Ethernet. Ω