

## SUPERVISIÓN Y CONTROL DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN DE RADIACIÓN VIS E IR CON AMPLIFICACIÓN LOCK-IN.

M. Clavijo O.<sup>1</sup>, N. H. Cuenca A.<sup>1</sup>, L.C. Jiménez B.<sup>1</sup> y C. Otálora S.<sup>2,♦</sup>

<sup>1</sup>*Grupo de Películas Delgadas. Departamento de Física,*

<sup>2</sup>*Departamento de Electrónica*

*Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C. Colombia.*

(Recibido 27 de Sep.2005; Aceptado 02 de Enr.2006; Publicado 28 de Abr. 2006)

### RESUMEN

Se diseñó e implementó un sistema de supervisión y control de una unidad de medición de intensidad de radiación VIS e IR pulsada basada en un amplificador Lock-In Merlin, [1], y un chopper mecánico. Se desarrolló un control con una malla basada en un compensador [2]. El control de parámetros como frecuencia de modulación por chopper, y tipo de amplificador se hizo bajo Labview, [5], que enlaza los dispositivos por comunicación serial bajo el protocolo Modbus-RTU [7]. Con la amplificación sensitiva a la fase se mejora significativamente la relación señal a ruido a la salida del amplificador [4]. Se logró comunicación de todas las interfases y su control con PC. .

**Palabras Claves:** Lock-in, chopper, modbus RTU, Merlin, LabView, motor DC, compensador.

### ABSTRACT

We designed and implemented a system of supervision and control of a unit of measurement of intensity of chopper radiation VIS and IR based on a Lock-in Merlin amplifier, [1], and a mechanical chopper. A control with a loop based on a compensator was developed [2]. The control of parameters like modulating frequency by chopper and type of amplifier was done with Labview [5], which connects the devices by serial communication under the Modbus-RTU protocol. With the sensitive amplification to the phase the relation improves significantly the signal to noise at the amplifier output [4]. Communication of all the interphases and their control with a PC was obtained.

**Keywords:** Lock-in, chopper, modbus RTU, Merlin, LabView.

## 1. INTRODUCCIÓN

En los procesos de medición experimental y análisis de ciertas señales puede obtenerse a través de la medición de pequeñas tensiones una mezcla con ruido que oscurece la señal. La amplificación sensitiva a la fase mejora significativamente la relación señal a ruido a la salida del amplificador, trasladando el espectro de frecuencia de la señal a analizar a un intervalo de frecuencias donde la figura de ruido del amplificador es mínima. El sistema consiste de cuatro operaciones: modulación, amplificación selectiva, demodulación sincrónica y un proceso de filtrado pasabajos, que lo hacen muy eficiente en la discriminación de las componentes de ruido. En este trabajo se implementó un sistema para generación de radiación pulsada, un arreglo

---

♦ e-mail: [cjimenez@javeriana.co](mailto:cjimenez@javeriana.co),

de detectores con amplificación sensitiva a la fase Lock-in y un sistema de supervisión y control de parámetros de trabajo.

## 2. DESCRIPCIÓN EXPERIMENTAL.

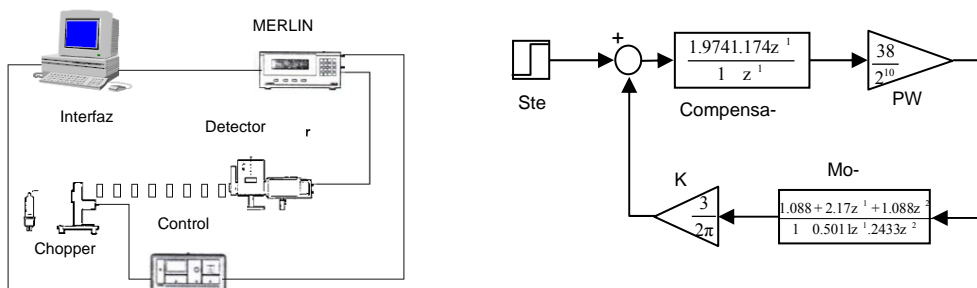


Figura 1. Sistema con amplificación Lock-in y malla de control con compensador

En la figura 1 aparecen los componentes del sistema. Una fuente de radiación VIS e IR cercano, laser He-Ne, diodo láser IR. Un chopper mecánico de disco con agujeros que modula la radiación. Detectores intercambiables, piroléctrico, PMT y fotodiodo InGaAs. Un amplificador Lock-in, Merlin y un control chopper. El chopper consta de un motor DC con encoder interno de 500 orificios y un disco con orificios para pulsar la radiación que gira sobre su eje a la frecuencia del motor. Mediante un optoacoplador el encoder entrega una señal cuadrada con una frecuencia, fenco, proporcional a la frecuencia del motor, fmot, en una relación fenco= 500fmot. El número n de orificios del disco y la frecuencia del motor determinan la frecuencia de modulación fmod. Se construyó un juego de discos de diferente n obtener un rango amplio de fmod, en el amplificador Merlin.

## 3. DESARROLLOS Y RESULTADOS.

Para el control de frecuencia se halló las relaciones de transferencia entre la forma y frecuencia de la señal del encoder respecto a la tensión y corriente de alimentación y se halló las relaciones características para  $f_{mot}$  y la tensión inducida y el torque de motor. Para el circuito equivalente del motor se obtuvo  $B = 1.4 \mu\text{Nm/rads}^{-1}$ ,  $L_a = 7.97 \text{ mH}$ ,  $R_a = 9.93 \Omega$ ,  $J = 4.788 \mu\text{Kg m}^2$ ,  $K_t = K_b = 0.0587 \text{ V/rads}^{-1}$ , que da la función de transferencia:

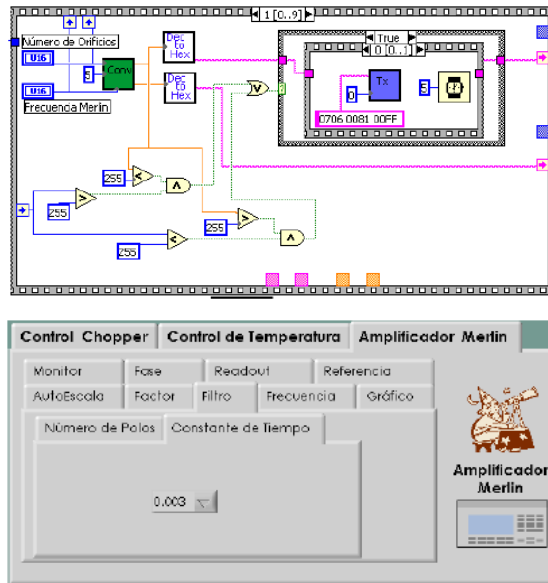
$$\frac{\omega(s)}{V_a(s)} = \frac{K_t}{s^2 J L_a + s(J R_a + L_a B) + (B R_a + K_b K_t)} = \frac{17.03}{(12.887 \text{ ms} +)(856.64 \mu\text{s} + 1)}$$

La técnica de control se implementó con una malla basada en un compensador como la figura 1. Se realizó una simulación de todo el sistema con MATLAB. Se halló la función de transferencia para compensar el sistema, dar estabilidad adecuada y respuesta rápida. Se estableció  $f_{mot}$ , a partir del número de pulsos  $\#_{puls}$  en 3 ms. Duplicando  $f_{enco}$ , con una compuerta OR Exclusiva

(XOR) entre el canal A y B, y debido a que la función de transferencia del motor existe una ganancia  $K_z$ , tal que  $f_{enc}=1000f_{mot}$  y  $\#puls=3 \times 10^{-3} \cdot f_{mot}$ . Por tanto:

$$K_z = \frac{\#puls}{\omega_{mot}} = \frac{3 \times 10^{-3} \times 1000}{2\pi} = \frac{3}{2\pi}$$

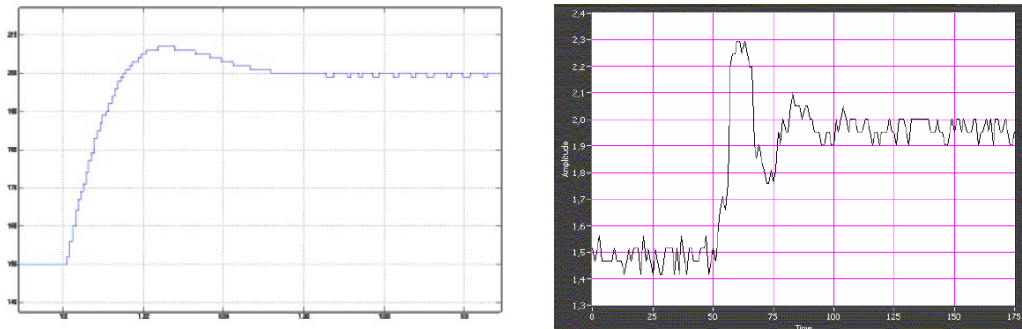
El compensador está implementado en un microcontrolador, la entrada de éste es la XOR del canal A y B, la salida de éste control maneja el motor por medio de un modulador por ancho de pulso (PWM). El PIC 18f452 tiene un módulo de PWM, que trabaja a 10 bits. Éste módulo trabaja a una frecuencia de 39 KHz para obtener máxima resolución. Ya que la tensión del motor es de 38 V, hay una ganancia:  $K_{PWM}=38/2^{10}$ . El control chopper se implementó a nivel local con un teclado y una pantalla LCD y desde un pc por comunicación RS232, y a más alto nivel el protocolo Modbus RTU.



**Figura 2.** Conversión de datos control chopper y menú para configuración de Merlín.

Para la supervisión de los dispositivos del sistema se desarrolló una interfaz de usuario en LABVIEW que permite cálculos y el uso de puertos seriales para comunicación externa y control. Aparecen 2 opciones de trabajo. La primera dedicada a la configuración de parámetros de trabajo en un menú que permite determinar en el Merlín clase filtro, fase sencilla o doble, frecuencia de sincronismo interno, tipo de lectura, referencia, autoescala, constantes de tiempo, y las demás, en el control chopper para la frecuencia actual y deseada, número de orificios del disco. La segunda dedicada a la visualización de parámetros como la frecuencia y variables en el Merlín como en la figura 2. La comunicación utiliza el protocolo MODBUS, el computador es maestro y los otros dispositivos son los esclavos, ellos sólo hablan cuando se les solicita o se requiere alguna acción. En este módulo de comunicación el programa calcula el CRC (Chequeo

de Redundancia Cíclica), tanto de los mensaje enviados como el de los mensajes recibidos y verifica que sea el mismo que el dispositivo transmisor envió para corroborar que no hubo errores durante la transmisión.



**Figura 3.** Respuesta simulada y respuesta experimental con la malla de compensador.

#### 4. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES.

Se probó el sistema midiendo la estabilidad de frecuencia con el amplificador Merlin, a través del indicador de frecuencia al cual está sintonizado. El compensador presenta una desviación menor al 0.2% entre la frecuencia deseada y real en todo el rango de frecuencias. La figura 3 se muestra un tiempo de establecimiento de 72 ms para una simulación y de 75 ms experimentalmente con una tarjeta de adquisición de datos y un convertor de frecuencia a voltaje. Los agujeros del disco cortados con láser que presentan una leve diferencia producen ruido en la señal modulada que aumenta con el número. Se logró una supervisión y control remoto con el Merlin a través de los módulos de conversión, visualización y configuración con LABVIEW. Los costos obtenidos por el hardware y software periférico del sistema Merlin son significativamente mas bajos que los comerciales.

#### REFERENCIAS

- [1] ORIEL CORPORATION. Merlin<sup>TM</sup> Radiometer System. 1993. 84 p.
- [2] BEST, Roland. Phase Locked Loop, Theory, Design and Applications. Mc Graw Hill. Cuarta Edición. 1999. 408 p.
- [3] FAIRCHILD Semiconductor. Micropower Phase Locked Loop. 2002. 14 p..
- [4] <http://www.lockin.de>
- [5] <http://www.ni.com>
- [6] <http://www.oriel.com>
- [7] <http://www.modbus.org>
- [8] <http://modicon.com/techpubs/toc7.html>