

SISTEMAS PID PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA, TENSIÓN Y CORRIENTE EN LÁSERES Q-SWITCHED PARA APLICACIONES INDUSTRIALES.

Cordero Velázquez Yael Isaac, Lira Marmolejo Rocío y González García Andrés

Ingeniería Mecatrónica, Instituto Tecnológico Superior de Guanajuato, Carretera estatal Guanajuato-Puentecillas km., 10.5, Predio el Carmen, C.P. 36262, e-mail: icordero@itesg.edu.mx, rlira@itesg.edu.mx, agonzalezg@itesg.edu.mx

Resumen

Los sistemas proporcional integral derivativos por sus siglas en inglés (PID), son sistemas muy empleados para el control de procesos de variables físicas en sensores. Se aprovechará las ventajas de este tipo de sistemas en el control de láseres pulsados tipo Q-Switched que para nuestro proyecto fue diseñado de puras fibras óptica empleando diodos láseres, como bombeo (medio de energía del sistema). Al usar los diodos laser cuyo funcionamiento se basa en el empleo de pozo cuántico su eficiencia de trabajo es muy alta pero necesita de un mayor control en la temperatura pues sufre de pérdidas de potencias al sobrepasar su temperatura de trabajo, siendo necesario el diseño de nuevos sistemas de control tipo PID. Para controlar la temperatura y otros parámetros muy importantes para las características de emisión de los diodos laser así como los de fibras ópticas, a saber, la tensión y la corriente de funcionamiento .es bien sabido que los láseres necesitan llegar a una corriente o tensión umbral para empezar a emitir como laser, pues muchas alteraciones que se reflejan en la longitud de emisión cuando no alcanza en umbral, generando a su vez calentamiento del láser y un malfuncionamiento de este, para obtener un sistema completamente autónomo, se diseña un sistema de automatización el cual sea programable y que a su vez se ajuste a los láseres comerciables.

Abstract

En este trabajo se presentan los resultados generadas en la implementación de un sistema PID, para el control de la potencia óptica se salida en un láser pulsado tipo Q-Switched, el cual fue desarrollado en pura fibra, empleando un modulador acusto-óptico, como medio generador de pulsos, fibra dopada con Er/Yb de doble revestimiento, un aislador óptico, controladores de la polarización (PC), y un sistema PID para el control de la temperatura de funcionamiento del láser de bombeo. Con este sistema PID se consiguieron achos de pulsos de tamaño de 35 ns con energías de pulso de 35 μ J, a una potencia promedio de 4-W, para tasas de repetición de 40 kHz hasta 140 kHz, y cuyo mejor resultados fue en 120 kHz. La eficiencia del sistema en forma global fue mayor al 50%, esto debido a los acoples en los empalmes.

Palabras Clave

Laser de Q-Switched Activo, Fibra de doble revestimiento, Rejilla de Bragg, Longitud de onda de Bragg, Espejos Dicroicos, Diodo laser, Interferómetro de Sagnac.

INTRODUCCIÓN

Los láseres de Q-Switched o en conmutación en Q traducido al español, son empleados para generar pulsos grandes con gran cantidad de energía, empleados en sistemas de corte en industria dependiendo el tipo de medio de ganancia empleado (Yb o Er). Para generar láseres pulsados existen varias técnicas empleadas una de ellas es por amarre de modos, los cuales pueden ser del tipo activo, el cual emplea un modulador como medio de generación de pulsos y pasivo, el cual emplea un absorbedor saturable (SA) como medio no-lineal que gana pulsos mediante los niveles de ruido con intensidades muy altas que dicho absorbedor deja pasar en la cavidad, este tipo de láseres no se pueden modificar las características propias de estos láseres (ancho de pulso, frecuencia de repetición, longitud de emisión, etc.), esta técnica se diferencia del Q-Switched, por que los pulsos son me mucho menos tamaño que estos del orden de los femtosegundos y pico segundo, mientras que los de Q-Switched son del orden de los ns, por este motivo son llamados pulsos gigantes. Estos pulsos no son empleados en comunicaciones pero para aplicaciones industriales son muy empleados tales como cortes y soldaduras. En este trabajo presentamos el diseño de un láser pulsado, mediante Q-Switched, controlando su temperatura del láser empleado como medio de proporcionación de energía.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la figura 1 se puede observar la configuración experimental, esta está formada por un sistema de lentes colimador y focalizador del medio de energía (bombeo a 976 nm), un modulador acusto-óptico de fibra, a 1550 nm, fibra dopada con Er/Yb, de doble revestimiento, como medio de ganancia, 1 m de fibra estándar (SFM-28), para atenuación del bombeo residual (976 nm) y de la emisión a 1064 nm producto de la excitación del Yb, un acoplador 3 dB para monitoreo de la señal y la cavidad formada por el espejo dicróico a 0° para HT a 1064 nm y HR a 1550 nm (DM2) y la rejilla de Bragg (longitud de Bragg a 1549 nm) como espejo al 100% y medio de sintonización del láser.

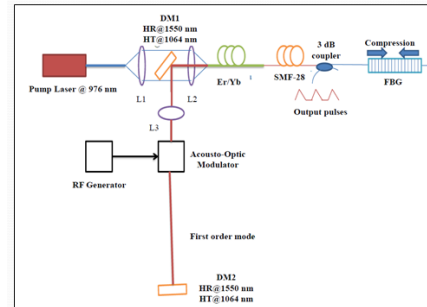


Figura. 1. Configuración del sistema.

Para desarrollar pulsos de corta duración con gran energía, se incorpora en el sistema un modulador cuya funcionalidad es de interrumpir la ganancia en el sistema y generar los pulsos ópticos, este funciona con un material de TeO₂, que se excita a 1550 nm, y cuya activación mediante el uso de un generador de Funciones (FG), que a una frecuencia determinada se obtiene la máxima eficiencia del láser (120 kHz, para nuestro caso). Potencia (conmutación-Q), la duración del pulso y la potencia están definidos por la longitud de la fibra dopada, la frecuencia de repetición, la transmisión en el acoplador de salida y la potencia de bombeo. En la figura 2 se muestra la configuración empleada para que este láser funcione como sensor de armónico en motores de inducción monofásicas y trifásicas, mediante la variación de la temperatura, otra aplicación propuesta para este modelo. La temperatura es proporcional a la amplitud de los pulsos obtenidos (a mayor armónicos menor es la intensidad de los pulsos).

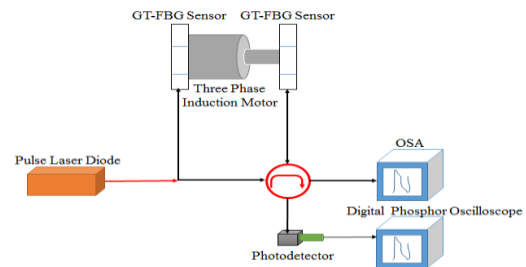


Imagen 2: Sistema de medición de temperatura mediante láser.

Se empleó la configuración de la Figura 1, además de rejillas de Bragg (funcionando como interferómetro de Gires-Tournois de fibra) [1-5], un foto-detector de 10GHz, para la detección de los pulsos, un osciloscopio digital de 100 GB/s. y un analizador de espectros ópticos (de sus siglas en inglés, OSA)

Control PID

La Figura 3, muestra el control proporcional integral derivativo que se propone. El valor Proporcional depende del error actual. El Integral depende de los errores pasados y el Derivativo es una predicción de los errores futuros. Con todas estas bases se pretende diseñar un control PID por medio del láser Q-Switched para tomar las temperaturas y saber si un motor eléctrico se encuentra entre los parámetros normales o encontrar si empieza a tener fallas.

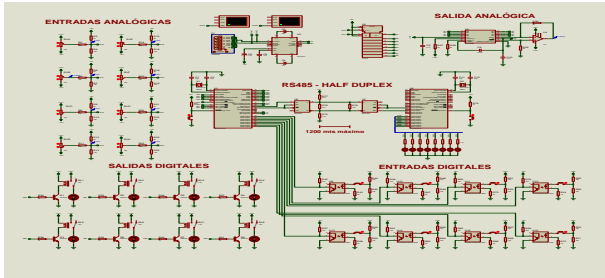


Figura 3. Configuración del sistema PID, propuesto.

Los láseres de Q-Switched son una forma barata y robusta de fuentes pulsadas que combinan entre altas potencias pico y la corta duración en los pulsos tienen varias aplicaciones como: la medicina, sensores de fibras y sensores remotos [5]. La idea principal de este control PID, es la de tener un control de la temperatura y humedad para láseres de bombeo (en este caso 976 nm) para un eficiente proceso en la generación de pulsos de una forma estable por grandes periodos de uso del sistema. Utilizando la configuración del láser antes mencionado se creará una nueva aplicación de este láser para generar un sistema de medición en el cual se tratará de encontrar fallas en motores eléctricos monofásicos y trifásicos generados por desbalance de cargas por efectos de armónicos de alto orden, todo esto con el apoyo de un controlador PID.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inicialmente se consiguió en espectro de emisión para el Er, de la fibra dopada, como se muestra en la Figura 4, en ella se observa un espectro de emisión de casi 50 nm (1520 nm a 1570 nm, Fig. 4 izquierda), con un pico central en 1535 nm, como se observa en las especificaciones técnicas del fabricante. Para el diseño del láser se empleó inicialmente una longitud de fibra dopada de 10 m, esta se cortó en secciones de 6, 4, 3 y 1 metro (Fig. 4 derecha), consiguiéndose una longitud

efectiva de 3 m con 4 W de potencia promedio de salida (Fig. 4 derecha).

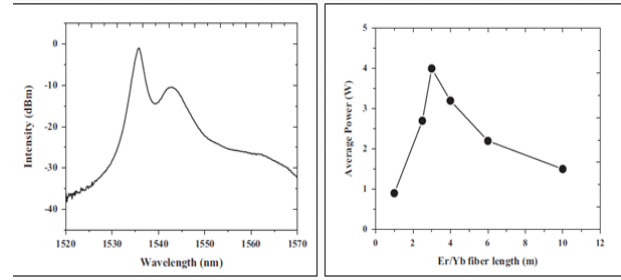


Figura 4. Izquierda emisión del Er. Derecha, longitud efectiva de la fibra dopada 3 m.

La Figura 5, muestra los resultados obtenidos del sistema láser de Q-Switched, terne de pulsos a 120 kHz, con 4 W de potencia promedio de salida a 1549 nm.

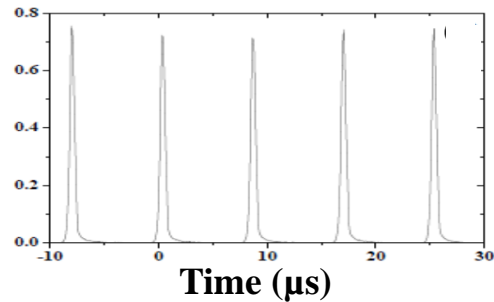


Figura 5. Tren de pulsos a 120 kHz, a 1549 nm, y 4 W de salida.

Para la detección del efecto de los armónicos se propuso una configuración donde la rejilla se somete a la variación de la temperatura y este fenómeno hace que la longitud de Bragg (1549 nm) se corran como se observa en la figura 6

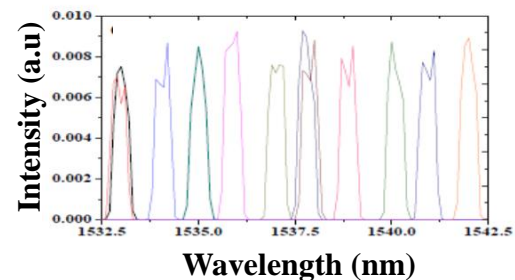


Fig. 6. Corrimiento de la longitud de onda de Bragg, por efecto de la temperatura en motor de inducción monofásico.

Para el motor empleado se utilizó un motor monofásico con arranque capacitivo e inversión de giro, este motor tiene un nivel de temperatura de

operación de 50 °C, la temperatura a la cual se llegó para una baja eficiencia del motor fue de 150 °C, donde se observó una eficiencia por debajo del 60%, de las condiciones nominales del motor.

CONCLUSIONES

Como conclusiones tenemos, el desarrollo de un sistema sensor de detección de niveles de armónicos en motor de inducción monofásico o trifásicos, por temperatura producido por los armónicos bajo estudio, se pretende desarrollar el mismo análisis para una deformación de la rejilla de Bragg, por vibración del motor producido por dichos armónicos. Para el láser pulsado se obtuvieron valores de sintonización en ancho de los pulsos de 35 ns hasta 530 ns, y frecuencias de repetición de 40 kHz a 140 kHz, (óptima a 120 kHz), la energía de los pulsos fue de 35 ns, lo que lo hace útil para pequeños grabados.

AGRADECIMIENTOS

Andrés González García, agradece al CONCyTEG por el apoyo en el desarrollo de este trabajo, con el proyecto de Investigadores Jóvenes 2014, No. 27. Yael I. Cordero y Rocío Lira, agradecen al ITESG por el apoyo brindado en el desarrollo del proyecto.

REFERENCIAS

- [1] Xuewen Shu, Karen Chisholm, John Mitchell, Ian Felmeri, Phil Rhead, Andrew Gillooly, Kate Sugden, Ian Bennion, Tunable dispersion compensator based on three distributed Gires-Tournois etalons, *Optics Communications* 251, 59-63, (2005).
- [2] Xuewen Shu and Ian Bennion, John Mitchell and Kate Sugden, Tailored Gires-Tournois etalons as tunable dispersion slope compensators, *Optics Letters*, 9, 1013-1015, (2004).
- [3] WANG Xiu-lin, HUANG Wen-cai, ZHANG Yu, CAI Zhi-ping, Design and analysis on a Gires-Tournois resonator based interleaver, 5, 51-53, (2009).
- [4] A novel super-high extinction ratio comb-filter based on cascaded Mach-Zehnder Gires-Tournois interferometers with dispersion compensation, *OPTICS EXPRESS*, 17, 13685-13699, (2009).
- [5] Yannick Keith Lize, Mark Summa, Peter Wigley, Christian Malouin, Theodore J. Schmidt, Pat Day, Tunable High Order Dispersion Compensator for Optimized 40 Gb/s Performance in 50 GHz Channel Spacing, *JWA47*, 2009 OSA/OFC/NFOEC (2009).