

CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO DE UN BANCO DE LABORATORIO PARA EVALUAR EL DESEMPEÑO DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

GENERAL CONSIDERATIONS FOR THE DESIGN OF A LABORATORY BENCH TO EVALUATE THE PERFORMANCE OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Ximena Maeda Razo

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
maedaxr@hotmail.com

Horacio Orozco Mendoza

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
Horacio.orozco@itcelaya.edu.mx

Carlos Alberto Ruiz Colunga

Universidad Politécnica de Guanajuato, México
kruiz@upgto.edu.mx

Arnoldo Maeda Sánchez

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
Arnoldo.maeda@itcelaya.edu.mx

Nicolás Guerrero Chávez

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
nicolas.guerrero.chavez@gmail.com

Recepción: 29/abril/2020

Aceptación: 3/noviembre/2020

Resumen

Instrumentar una plataforma de pruebas que permita monitorear y manipular parámetros operativos de un motor de combustión interna (MCI) de 4 cilindros (VW-1600), requiere de una serie de pasos que incluyen el conocer el funcionamiento del motor al trabajar con una mezcla de gasolina-hidrógeno, la selección de sensores requeridos, el sistema de adquisición de datos, el software que se usará para la programación, así como la comprobación de la estructura entre los mismos.

Palabras Clave: Motor de combustión interna, monitoreo, plataforma de pruebas.

Abstract

To instrument a test platform that allows monitoring and manipulating operating parameters of a four cylinder internal combustion engine (MCI) requires a series of steps that includes to know the operation of the engine when working with a mixture of gasoline-hydrogen, the selection of sensors, the data acquisition system, the software to be used for programming, as well as the structure of communication between them.

Keywords: *internal combustion engine, monitoring, testing platform.*

1. Introducción

Debido a la alta contaminación generada por los motores de combustión interna se han buscado alternativas menos contaminantes siendo una de ellas es utilizar una mezcla de gasolina-hidrógeno como combustible. Para determinar la composición de la mezcla que garantice la reducción de gases contaminantes y el ahorro del combustible es necesario monitorear y regular los parámetros importantes de operación del motor en tiempo real.

Esta área de desarrollo que se ha venido estudiando durante los últimos dos años a través de un proyecto en colaboración con la Universidad Politécnica de Guanajuato. Entre los avances del proyecto se han desarrollado celdas electrolíticas para la administración de hidrógeno al proceso de combustión en un motor de prueba, sin embargo, se requiere el desarrollo de un sistema eficiente que permita el monitoreo y manipulación de los parámetros de operación del motor con la finalidad de obtener información precisa sobre su funcionamiento.

El desarrollo del presente proyecto permitirá implementar una plataforma experimental que facilite monitorear y manipular las variables principales de un motor de combustión interna (MCI) y probar diferentes estrategias de control para su operación.

2. Métodos

Al inicio del proyecto, se analizaron los avances realizados en el banco de prueba, así como los requerimientos y problemas presentados en su operación. Se

determinó que las variables a medir son las temperaturas de admisión y de escape, el flujo másico de aire de admisión y las revoluciones por minuto del motor. Dichas variables deben ser medidas en un rango para temperatura de 20 a 900 °C, 700 a 3500 rpm y un flujo másico de 0 a 80 litros por segundo y debido a que el motor se encuentra en un estado dinámico es necesario medir los datos en tiempo real.

Los sensores determinados para medir la temperatura del aire de admisión y del aire de escape son termopares tipo k, el sensor para medir las rpm del motor es un sensor inductivo NBB8-18GM50E2-M PEPPERL+FLUCHS y para la medición del flujo se utiliza un sensor de flujo másico de entrada y de salida del motor, el tipo de sensores empleado estaba previamente definidos para el proyecto. [Fleming, 2001] Existen varias metodologías reportadas para la adquisición de datos en proyectos del mismo tipo, como usar una computadora con sistemas de control proporcional e integral (controlador PI). [Andria,2016] [Andria, 2015], MOPED que es una plataforma móvil abierta para el diseño experimental de sistemas ciberfísicos [Axelsson,2014], microprocesadores y Arduino [Checkoway,2011]. Estos desarrollos tienen una alta flexibilidad, pero requieren de gran desarrollo de software. Un problema frecuente de estas plataformas es que dichas herramientas se dañan fácilmente y/o pierden exactitud en las señales de entrada debido a su falta de robustez.

Existen bancos de prueba en la industria automotriz, que cuentan con las características anteriormente mencionadas, dichas plataformas son muy completas, sin embargo, no son amigables al usuario sin una capacitación previa, así como un alto costo para su adquisición, por lo cual, el objetivo principal del proyecto es la instrumentación de un banco de pruebas accesible económicamente y fácil de configurar.

3. Resultados

Los recursos disponibles para el proyecto son los sensores descritos en la sección anterior y un sistema de adquisición de datos basado en una tarjeta NI-2345/2350, un sensor de flujo másico (MAF) y un termopar k montado en el sistema de admisión de aire (figura 1). Se instaló un termopar tipo K en el tubo de escape

(figura 2). El sensor inductor fue montado sobre la carcasa del motor para detectar el giro del volante de inercia. En la figura 3 se muestra el bloque de terminal SCC-68 conectado a la tarjeta adquisitora que se utiliza para la comunicación de los sensores con la computadora.



Figura 1 Sensor de flujo de aire MAF en válvula de admisión.



Figura 2 Termopar tipo K en tubo de escape (termistor).



Figura 3 Bloque terminal SCC 68 para instalación de acondicionadores de señal.

Existen otros esquemas para la adquisición de datos en sensores del mismo tipo. Sin embargo, la plataforma de software y hardware que estaba disponible para el proyecto, que permite mayor facilidad en la manipulación y en el registro de señales, así como la seguridad de compatibilidad con las herramientas de programación. El sistema en su conjunto facilita al usuario su manipulación, ya que reduce la necesidad de diseñar y construir circuitos acondicionadores de señal o que transformen señales digitales a analógicas o viceversa dado que recibe ambas. Para poder utilizar los sensores MAF e inductivo, fue necesario crear un reductor de voltaje con un amplificador operacional (figuras 4 y 5)

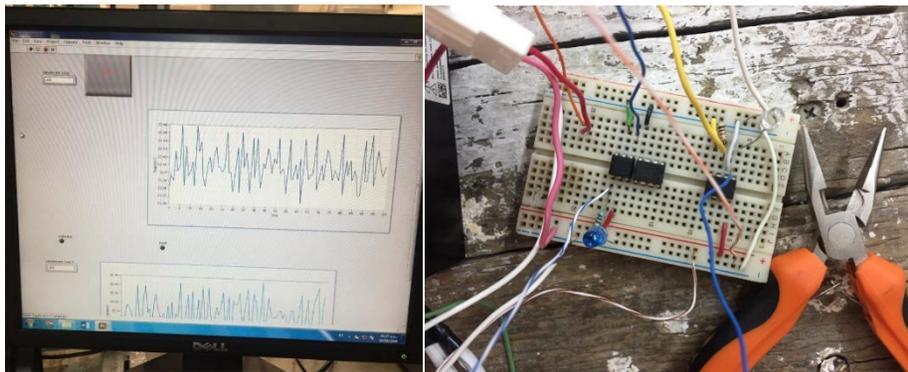


Figura 4 Comprobación de funcionamiento de sensores/Circuito reductor.

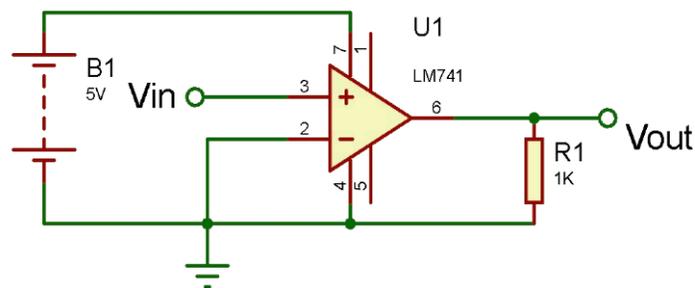


Figura 5 Circuito reductor no inversor.

El desempeño del instrumento virtual ha sido adecuado al realizar mediciones cuasi-estáticas. Seguramente será necesario modificarlo para registrar las mismas señales con el motor en funcionamiento, lo cual se verá contaminado con ruido eléctrico del sistema. La figura 6, muestra el panel frontal del instrumento que permitirá al usuario monitorear las señales. El diagrama de bloques de la figura 7,

describe la lógica de la secuencia de adquisición de las señales a una velocidad de muestreo de 1000 muestras/segundo, con lo cual se ha logrado hasta el momento registrar la dinámica de interés del motor.

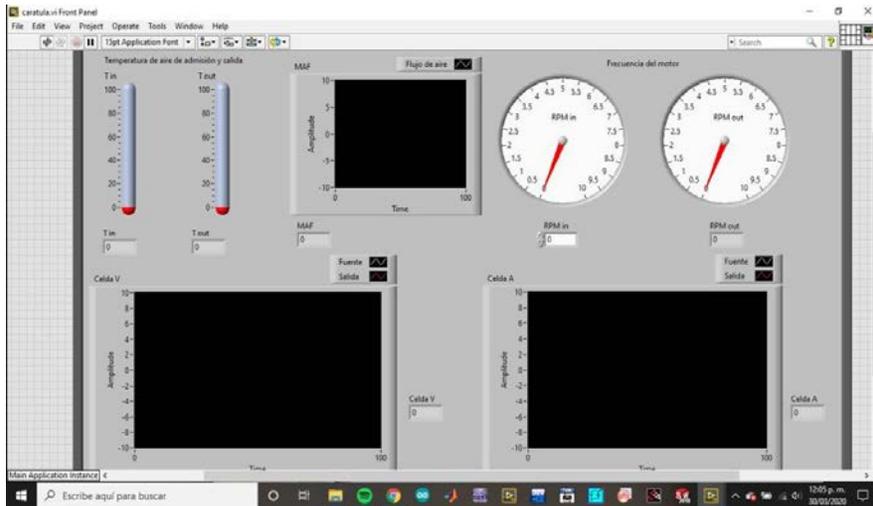


Figura 6 Panel virtual del instrumento virtual (IV).

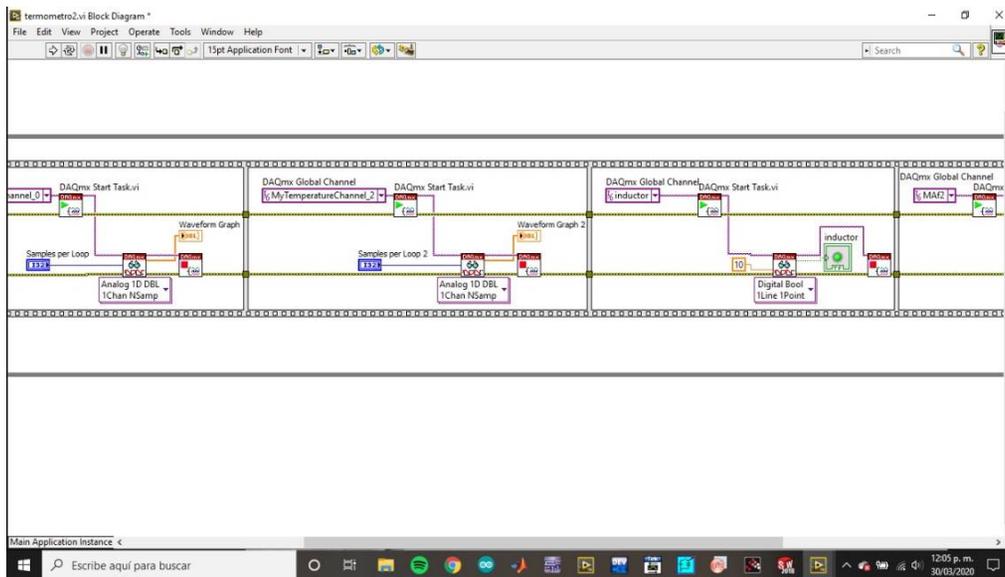


Figura 7 Diagrama de bloques del instrumento virtual (IV).

4. Conclusiones

El avance logrado ha cumplido apropiadamente con las pruebas correspondientes a los sensores que serán utilizados, así como el desarrollo de un

programa que permita el monitoreo de las 4 señales en tiempo real de forma simultánea. Hasta el momento ha sido posible la recabar datos de las señales de interés tales como temperatura de entrada y salida de aire del motor, la revoluciones por minuto y el flujo másico de admisión.

Se considera que habrá oportunidad de evaluar e implementar esquemas de control básico que faciliten la manipulación del motor para conocer su comportamiento a medida que se le agregue el hidrógeno a la mezcla de combustible a modo de aditamento.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] Andria, G., Attivissimo, F., Di Nisio, A., Lanzolla, A. M. L., & Pellegrino, A. (2016). Development of an automotive data acquisition platform for analysis of driving behavior. *Measurement*, 93, 278-287.
- [2] Andria, G., Attivissimo, F., Di Nisio, A., Lanzolla, A. M. L., & Pellegrino, A. (2015). Design and implementation of automotive data acquisition platform. In *2015 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC) Proceedings*, 272-277.
- [3] Pei, P., Ouyang, M., Lu, Q., Huang, H., & Li, X. (2004). Testing of an automotive fuel cell system. *International journal of hydrogen energy*, 29, 1001-1007.
- [4] Wu, J. D., & Kuo, J. M. (2009). An automotive generator fault diagnosis system using discrete wavelet transform and artificial neural network. *Expert Systems with Applications*, 36, 9776-9783.
- [5] Fleming, W. J. (2001). Overview of automotive sensors. *IEEE sensors journal*, 4, 296-308.
- [6] Serafini, L., Carrai, F., Ramacciotti, T., & Zolesi, V. (2006). Multi-sensor configurable platform for automotive applications. In *Proceedings of the Design Automation & Test in Europe Conference*, 2,1-2.
- [7] Checkoway, S., McCoy, D., Kantor, B., Anderson, D., Shacham, H., Savage, S., ... & Kohno, T. (2011). Comprehensive experimental analyses of automotive attack surfaces. In *USENIX Security Symposium*, 4, 447-462.

- [8] Fritz, A., Payer, J., Fuchs, A., & Lieschnegg, M. (2014). Reliable noise and vibration data acquisition and processing for automotive applications. 2014 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC) Proceedings, 590-594.
- [9] Axelsson, J., Kobetski, A., Ni, Z., Zhang, S., & Johansson, E. (2014). Moped: A mobile open platform for experimental design of cyber-physical systems. 2014 40th EUROMICRO Conference on Software Engineering and Advanced Applications, 423-430.
- [10] Zavala, C., Sanketi, P., Lamberson, D., Girard, A. R., & Hedrick, J. K. (2004). Model-based real-time embedded control software for automotive torque management. In proceedings of Real-Time and Embedded Technology and Applications Symposium (RTAS).