

SIMULADOR DIDÁCTICO AUTOMOTRIZ DE RED MULTIPLEXADA CAN BUS Y SISTEMA DE DIRECCIÓN ASISTIDA ELÉCTRICAMENTE EPS

Francisco Ernesto Cortez Reinosa

*Técnico Automotriz. Docente Investigador de la Escuela de Ingeniería Automotriz. ITCA-FEPADE Sede Central.
Correo electrónico: fcortez@itca.edu.sv*

Eduardo Antonio Amaya García

*Ingeniero Eléctrico. Docente Coinvestigador de la Escuela de Educación Dual. ITCA-FEPADE Sede Central
Correo electrónico: eaamaya@itca.edu.sv*

Recibido: 17/09/2024 - Aceptado: 7/10/2024

Resumen

En este artículo se presentan los resultados del proyecto que tuvo como objetivo diseñar, construir y programar un Simulador Didáctico Automotriz de Red Multiplexada CAN bus y Dirección Asistida Eléctrica EPS, para fortalecer la enseñanza aprendizaje en la carrera de mecánica automotriz de ITCA-FEPADE. Se analizaron los diagramas eléctricos de los sistemas seleccionados a controlar con el simulador. El equipo construido cuenta con características innovadoras de portabilidad, manejo y aplicación del trabajo a realizar en el taller; permite la simulación de giro del motor de combustión, a través de la implementación de un circuito variador de velocidad en un motor eléctrico a 12 VDC, que cuenta con un engrane reductor de 32 dientes. Se implementó la CAN Test Box para determinar protocolos de comunicación y pruebas directas a la red del simulador didáctico. En el equipo se pueden simular 5 fallas determinantes en el sistema de red CAN bus y otras fallas en el Sistema de Dirección Eléctrica EPS considerando los diferentes factores del entorno automotriz. Se elaboró un manual de guías prácticas del simulador didáctico, con diferentes niveles de dificultad para estudiantes de Mecánica Automotriz de ITCA-FEPADE Sede Central. El simulador cumple con las funciones de compatibilidad e interacción entre módulos, permitiendo ingresar con múltiples equipos de diagnóstico electrónico, tales como escáner automotriz, interface de comunicación y osciloscopio de dos o más canales. Los resultados obtenidos permiten incluir tópicos de avances tecnológicos en el área de sistemas eléctricos y electrónicos del vehículo.

Palabras clave

Red CAN bus, sistema de dirección eléctrica, redes multiplexadas, vehículos eléctricos, sistema eléctrico y electrónico del vehículo, diagnóstico automotriz.

AUTOMOTIVE DIDACTIC SIMULATOR OF CAN-BUS MULTIPLEXED NETWORK AND EPS ELECTRIC POWER STEERING SYSTEM

Abstract

This article presents the results of the project aimed at designing, building, and programming an Automotive Didact Simulator of a CAN-bus Multiplexed Network and EPS Electric Power Steering System to strengthen the teaching-learning process in the Automotive Mechanics Technology degree program at ITCA-FEPADE. The electrical diagrams of the selected systems to be controlled with the simulator were analyzed. The equipment built has innovative features of portability, handling, and application of the work to be done in the workshop; it allows the simulation of the combustion engine's rotation through the implementation of a variable speed drive circuit in an electric motor at 12 VDC, which has a reduction gear of 32 teeth. The CAN Test Box was implemented to determine communication protocols and direct tests to the didactic simulator network. The equipment can simulate five determinant failures in the EPS Electric Steering System considering the different factors of the automotive environment. A manual of practical guides for the didactic simulator was prepared with varying difficulty levels for students of Automotive Mechanics at ITCA-FEPADE headquarters. The simulator fulfills the functions of compatibility and interaction between modules, allowing access to multiple electronic diagnostic equipment, such as automotive scanners, communication interfaces, and oscilloscopes of two or more channels. The results allow us to include topics of technological advances in electrical and electronic vehicle systems.

Keyword

CAN-bus network, electric power steering system, multiplexed networks, electric vehicles, vehicle electrical and electronic system, automotive diagnostic.

Introducción

Las redes multiplexadas son fundamentales en los vehículos actuales, las utilizan en todos sus sistemas, garantizando y agilizando la transmisión de datos y permitiendo diagnosticar averías. El presente trabajo de investigación aprovechó estas características y las múltiples ventajas que este tipo de conectividad ofrece.

En la actualidad en la rama automotriz se hace uso de nuevas plataformas, aplicaciones e interfaces que facilitan la comprensión y solución de fallas en los automóviles. Esto conlleva a estudiar y familiarizarse con los procesos virtuales-manuales, que requieren conectarse a una red de comunicación de los módulos instalados dentro del vehículo, permitiendo el acceso a una gama de operaciones digitales. En este sentido, los resultados de este proyecto permiten la interacción entre el usuario y los sistemas eléctricos y electrónicos incorporados en el Simulador Didáctico, relacionados con el sistema de dirección, el Control Area Network CAN bus y el sistema de suspensión, entre otros. Esto permite conectar diferentes escáneres de diagnóstico automotriz, osciloscopio de dos o más canales e interfaces de comunicación, entre otros.

El proyecto se enfocó en programar un Simulador Didáctico Automotriz de Red Multiplexada CAN bus y Dirección Asistida Eléctrica EPS y generar guías de prácticas de taller para fortalecer las competencias en esta área.

En el mercado no existe disponibilidad de equipos o entrenadores del sector educativo automotriz, que reúnan las características de funcionamiento que se diseñaron y se incorporaron en este simulador didáctico. Existen equipos que cumplen funciones similares de operación tradicional, pero sin ejecutar de manera efectiva todas las operaciones propuestas para el simulador construido.

Desarrollo

Para el diseño del Simulador Didáctico Automotriz, se analizaron los diagramas eléctricos de los sistemas del vehículo que se podrán controlar, tales como sistema de dirección EPS, TPMS, OBDII, CAN bus, sistema de suspensión, etc.

El Simulador permite conectar diferentes escáneres de diagnóstico, osciloscopio e interfaces de comunicación, entre otros. Se utilizaron los módulos de control del sistema electrónico de un Nissan Sentra 2008.

El Simulador incluye componentes del sistema de suspensión, amortiguadores, puente inferior, brazos de control; columna de dirección, interruptor principal de ignición, módulo de control de dirección eléctrica, motor eléctrico, cremallera, ruedas motrices con válvulas electrónicas, componentes del sistema de panel de instrumentos (Figura 1), tablero de indicadores, conector DLC OBDII, entre otros.

El equipo permitirá la interacción entre el usuario y los sistemas incorporados en el Simulador Didáctico tales como sistema de dirección EPS, sistema de suspensión, TPMS, OBDII, CAN bus, entre otros.

Los sistemas con los que se puede interactuar en el banco son los siguientes:

- Sistema de Dirección Asistida Eléctricamente, Electrical Powered Steering (EPS).
- Sistema de Monitoreo de Presión de Llantas, Tire Pressure Monitoring System (TPMS).
- Módulo de Control de Sistemas de Carrocería, Body Control Module (BCM).
- Módulo de Control de Motor, Electronic Control Module (ECM).
- Módulo de Control de Transmisión, Transmission Control Module (TCM).
- Panel de Instrumentos, Instrument Cluster Panel (ICP).

Resultados

El equipo construido cuenta con características innovadoras de portabilidad, manejo y aplicación del trabajo a realizar en el taller; permite la simulación de giro del motor de combustión, a través de la implementación de un circuito variador de velocidad en un motor eléctrico a 12 VDC, que cuenta con un engrane reductor de 32 dientes.

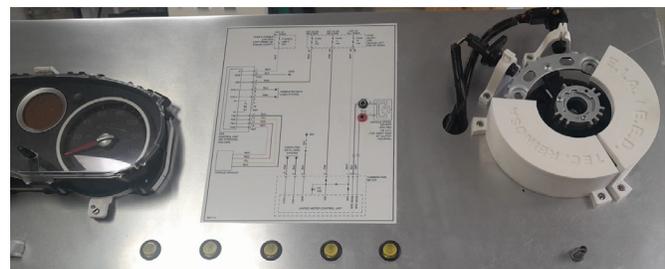


Fig 1. Vista del panel de instrumentos y reductor.

Se implementó la CAN Test Box para determinar protocolos de comunicación y pruebas directas a la red del Simulador Didáctico. Además, se pueden simular 5 fallas determinantes en el sistema de red CAN bus y otras fallas en el Sistema de Dirección Eléctrica EPS, considerando los diferentes factores del entorno automotriz.



Fig 2. Base de porta sensores y reductor diseñado.

A continuación, se mencionan las pruebas que se pueden realizar con el Simulador Automotriz.

- Conexión OBDII, red CAN bus.
- Activación y desactivación del sistema de dirección eléctrica EPS y simulación de fallas.
- Interpretación del diagrama eléctrico EPS.
- Simulación de 5 fallas de red CAN bus.
- Simulación de régimen de giro del motor RPM.
- Interacción con sistema de monitoreo de presión de aire de neumáticos TPMS.
- Calibración de válvulas TPMS y monitoreo.
- Visualización de datos en tiempo real con la ayuda de escáner.
- Análisis de gráfica de comunicación de red CAN bus con osciloscopio.
- Ajuste de ángulos de rueda, convergencia y divergencia.
- Monitoreo de funcionamiento del sistema a través del panel de instrumentos.
- Elementos de protección y de activación, fusibles, relevadores 12 V 30 Amp.



Fig. 3 Pruebas de interacción del equipo con un escáner automotriz.

Características Técnicas del Simulador Automotriz

Simulación de fallas. Esto permite interactuar con diferentes módulos y extraer códigos de falla, para seguir la descripción de pasos de acuerdo al fabricante para solventar la falla propuesta.

Implementación de código QR. Se puede acceder a la información técnica brindada por el fabricante al escanear un código QR, lo que permite el acceso en la nube a diferentes diagramas eléctricos detallados de los sistemas incorporados en el simulador.

Puntos de prueba para instalación de osciloscopio. Es uno de los equipos de diagnóstico más complejo en el ámbito automotriz; se instalaron puertos de conexión para cualquier tipo de osciloscopio de diferentes gamas.

Uso de Break Test Box. Este equipo permite realizar pruebas de manera segura al sistema de red CAN bus, con el fin de no realizar pruebas invasivas que pongan en riesgo la integridad operacional del sistema.

Simulador de giro del motor de combustión. Se logra con una rueda dentada y un circuito electrónico que genera la señal adecuada y el control preciso de la velocidad de giro del motor para la asistencia del sistema de dirección.

Manual de Guías para Prácticas de Taller

Las competencias adquiridas con el uso y aplicación del simulador permitirán al estudiante realizar diversas prácticas en los sistemas eléctricos y electrónicos del automóvil y utilizar diferentes equipos y herramientas de diagnóstico, lo que enriquece los conocimientos previos de los estudiantes de Técnico en Ingeniería Automotriz de ITCA-FEPADE.

Se elaboró un "Manual de Guías Prácticas del Simulador Didáctico Automotriz CAN Bus y EPS", con diferentes niveles de dificultad.

Las prácticas de taller en el Simulador permitirán adquirir las siguientes competencias:

- **Diagnosticar Sistema de Dirección Eléctrica EPS.** Con la simulación de fallas se puede intervenir la señal de uno de los sensores principales y seguir la carta de diagnóstico brindada por el fabricante.
- **Diagnosticar sistema de red de comunicación CAN bus.** Con el apoyo del Break Test Box, se verifica el correcto funcionamiento de la red de comunicación entre módulos, visualizando a través del osciloscopio el comportamiento de la señal.
- **Diagnosticar Sistema de Rendimiento de Motor ECM.** Utilizando el variador de velocidad de giro incorporado, se monitoreará el correcto funcionamiento de las señales eléctricas básicas, como RPM y señal de velocidad del vehículo VSS, entre otras.
- **Diagnosticar sistema de distribución de energía.** Con la ayuda del escáner automotriz, se verán datos en tiempo real del consumo energético de los componentes eléctricos y electrónicos.

Conclusiones

1. El equipo construido es capaz de cumplir con las funciones de compatibilidad e interacción entre los diferentes módulos eléctricos y electrónicos.
2. La investigación permitió fortalecer conocimientos y aplicar tecnología innovadora de comunicación a través de redes multiplexadas CAN bus, EPS y otros.
3. Para lograr una interacción en la comunicación con los diferentes módulos electrónicos se necesita para algunos de ellos la colaboración de los actuadores de cada sistema.
4. La utilización del Simulador por estudiantes de la carrera Técnica en Mecánica Automotriz y de Educación Continua, permitirá

desarrollar competencias innovadoras en el área de sistemas eléctricos y electrónicos del vehículo.

Recomendaciones

- Es necesario considerar la incorporación de otros elementos para potenciar y aumentar las funciones del Simulador. Se propone investigar e incorporar pruebas para cajas de velocidades CVT, el sistema de transmisión del automóvil, el sistema de aceleración y sistema de encendido.
- Se recomienda evaluar y utilizar este Simulador Didáctico en otros módulos de la carrera de Técnico en Mecánica Automotriz, tales como: Sistema de Frenos, Suspensión y Dirección del Automóvil; Sistema de Redes y Comunicación: Sistema de Inyección Electrónica y Sistema Eléctrico de Carrocería del Automóvil Liviano.

Bibliografía

1. Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks, UNE-EN 50160:2011/A2, Mar. 2011. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/6z1afa>
2. C.L. Fortescue, "Method of Symmetrical Coordinates Applied to the Solution of Poliphase Networks", AIEE Transaction, Vol. 37, Part II, pp. 1027- 1140, 7 abr. 2009. doi: 10.1109/T-AIEE.1918.4765570 [En línea]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4765570/authors#authors>
3. C. F. Wagner, R.D. Evans, Symmetrical Components. As Applied to the Analysis of Unbalanced Electrical Circuits, New York, E.E.U.U. McGraw-Hill Book Company, Inc. 1933, [En línea]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/132876b0#citeas>
4. W. B. Lyon, Application of the Method of Symmetrical Components, New York, E.E.U.U. Mc Graw Hill Book Company AIEE, Inc., 1937. [En línea]. Disponible en: <https://archive.org/details/dli.ernet.476038/page/n4/mode/1up>
5. Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 4-27: Testing and Measurement Techniques - Unbalance, Immunity Test, 61000-4-27:2000, 2000, [En línea]. Disponible en: <https://webstore.iec.ch/en/publication/4199>
6. A. Robert and J. Marquet. "Assessing Voltage Quality with relation to Harmonics, Flicker and Unbalance". CIGRE WG 36.05, Paper 36-203. 1992
7. IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants, IEEE Std 141-1993, 1993. doi: 10.1109/IEEESTD.1994.121642
8. IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. IEEE Std 1159-2019. 1995. doi: 10.1109/IEEESTD.2019.8796486
9. Electromagnetic compatibility. Testing and measurement techniques. Power Quality Measurement Methods. IEC 61000-4-30:2015, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://webstore.iec.ch/en/publication/21844>
10. Standard Publication ANSI/NEMA MG1-2003, revisión1-2004, National Electrical Manufacturers Association Nema, 2003. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/cWbJvh>
11. IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plan, IEEE Std 141-1993, 1994. [En línea]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/398556>
12. E. C. Quispe Oqueña, "Efectos del desequilibrio de tensiones sobre la operación del motor de inducción trifásico. Énfasis en la caracterización del desequilibrio de tensiones y el efecto sobre la potencia nominal," Tesis doctoral, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali, Colombia, 2012. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/6IH67G>
13. P. Pillay, P. Hofmann and M. Manyage, "Derating of induction motors operating with a combination of unbalanced voltages and over or undervoltages", IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol.17, No.4, pp.485-491. Dic. 2002. doi: 10.1109/TEC.2002.805228. [En línea]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1159199>
14. Motors and Generators, ANSI/NEMA MG1-2001, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.nema.org/standards/view/motors-and-generators>
15. ICONTEC. Calidad de la potencia eléctrica. Límites y metodología de evaluación en punto de conexión común, Norma, NTC 5001-2008, 2008. [En línea]. Disponible en: <https://n9.cl/3nt9x3>
16. Desviaciones permisibles en las formas de onda de tensión y corriente en el suministro y consumo de energía eléctrica, Especificación CFE L0000-45, 2005. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/FbxHqf>
17. Práctica recomendada de IEEE para monitorear la calidad de la energía eléctrica, Std 1159-2019, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8796486/definitions#definitions>
18. Naylamp Mechatronics, "Tutorial: Sensor de corriente AC no invasivo SCT-013". Naylamp Mechatronics. Accedido: 24 de julio 2024 [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/qHvR1s>
19. National Instruments Corp, "Adquisición de datos (DAQ)". NI. 2024. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/67rFPj>
20. National Instruments Corp, "Dispositivo E/E multifunción USB-6009". NI. 2024. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/PBhOxh>