

Aplicación de tecnología asistida por computadora para la integración eléctrica en trenes

Ing. Modesto Santiago Morales

Ingeniería, Bombardier Transportation México

Alumno del Posgrado

modesto.santiago@yahoo.com.mx, modesto.santiago@mx.transport.bombardier.com

RESUMEN

El Diseño asistido por computadora (CAD) es una disciplina que involucra el uso de sistemas CAD y tecnología informática como herramienta de apoyo en los procesos involucrados en el diseño de cualquier tipo de producto. Esta disciplina se ha convertido en un requisito indispensable para la industria actual que se enfrenta a la necesidad de mejorar la calidad, disminuir los costos y acortar los tiempos de diseño y producción para poder sobrevivir a un mercado que es cada día más competitivo. La única alternativa para conseguir estos objetivos es aprovechar el desarrollo de los sistemas CAE que cuentan con interfaces gráficas para el modelado, dibujo y módulos de programación, para el análisis, optimización y evaluación, lo cual permite personalizar el proceso de diseño.

A través de esta tecnología, se implementó un sistema integrado de diseño asistido por computadora, denominado "Herramienta de Diseño Eléctrico", el cual establece una metodología estándar y sistematizada para llevar a cabo la integración eléctrica de los vehículos de transporte masivo.

Con la implementación de la Herramienta de Diseño Eléctrico se redujo el ciclo de integración eléctrica de 19 a 12 meses, lo cual representa un ahorro en horas directas de Ingeniería de por lo menos 35% de las horas-hombre totales requeridas en el proceso normal y una notable mejora de la calidad de los documentos entregables.

Palabras clave: Diseño asistido por computadora CAD, Ingeniería asistida por computadora CAE, Herramienta de Diseño Eléctrico.

1 INTRODUCCIÓN

Una de las actividades más complejas y retadoras del proceso de fabricación de los vehículos de transporte masivo, es el proceso de integración eléctrica que incluye la elaboración de diagramas eléctricos de los sistemas instalados en los vehículos, definición de las rutas de cableado, reservación física de los espacios necesarios para la instalación de cada uno de los elementos que componen el sistema eléctrico, modelado de los arneses y generación de la información para su fabricación.

En los esquemas de principio se muestran de manera muy precisa las funciones particulares del Tren, así como, las interfaces entre cada uno de los sistemas que se incorporan a los vehículos los cuales incluyen pero no se limitan a los siguientes:

- Sistema de control y operación del tren
- Sistema de captación y generación de energía
- Sistema de distribución de energía de alta, mediana y baja tensión
- Sistema de monitoreo y diagnóstico del tren
- Sistema de tracción
- Sistema de frenado
- Sistema de operación y protección automática del tren (ATO/ATP por sus siglas en Inglés)
- El circuito cerrado de televisión (Video Vigilancia)
- Sistema de comunicación a bordo del vehículo
- Sistema de información a pasajeros (Mapas de ruta, tableros de información e indicadores de destino)
- Sistema de calefacción, aire acondicionado o ventilación
- Sistema de control de puertas de acceso a pasajeros
- Sistema de alumbrado interior y exterior
- El registrador de eventos o mejor conocido como "caja negra"
- Sistema de Acoplamiento Eléctrico y Mecánico
- Sistema de detección contra incendios

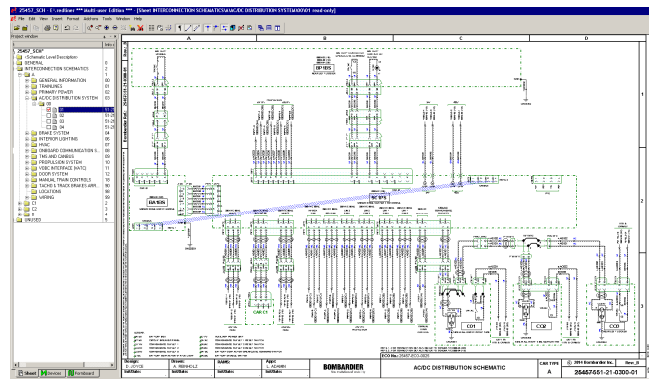


Fig. 1 Representación gráfica de un diagrama eléctrico para un sistema del Tren.

El diseño e integración de cada uno de estos sistemas dentro del vehículo requiere de un equipo multidisciplinario de Ingenieros, Diseñadores e Integradores con un alto grado de conocimiento y experiencia en el funcionamiento de los sistemas, así como en los criterios de instalación que se deben considerar para lograr una implementación adecuada de los sistemas, equipos, componentes y arneses que se incorporan en el tren.

Esta herramienta genera a solicitud del usuario diferentes vistas y reportes que se pueden exportar a una base de datos de Excel, uno de los reportes más importantes es el de los materiales de compra ya que debe calcular de manera exacta las cantidades requeridas de cada uno de los componentes y materiales de consumo variable que se definen durante el desarrollo del diseño de los trenes.

Esta herramienta se presenta en un ambiente modular interactivo e inteligente que utiliza el software de diseño gráfico E3.Schematics para generar los diagramas de los sistemas de control eléctrico del tren, al mismo tiempo se modelan a groso modo las rutas de cableado en la aplicación de CATIA (Aplicación Interactiva en tres dimensiones asistida por computadora) y la interface se realiza a través de E3.COM y un control de acceso al usuario a la base de datos el cual soporta el proceso de diseño a través de funciones personalizadas y programadas para dicho fin.

El módulo de diseño no requiere licencias de software adicionales y tiene la posibilidad de utilizarse en modo multi-usuario y multi-sitio lo cual permite compartir de manera remota los recursos humanos de Ingeniería entre las diferentes plantas.

La interfaz del usuario en las aplicaciones CAE es un aspecto muy importante ya que la eficiencia de la aplicación puede depender en gran medida del diseño de la interfaz de usuario.

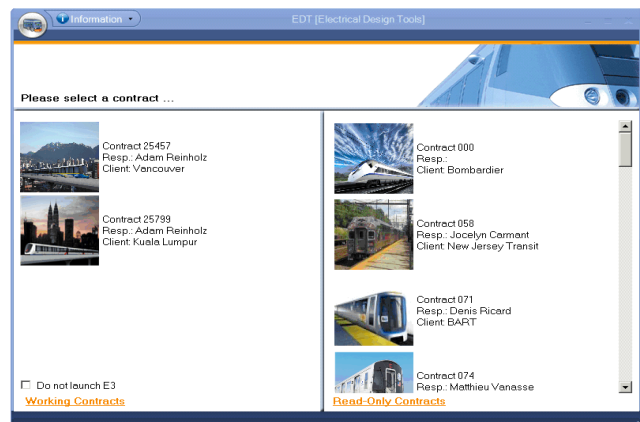


Fig. 2 Representación gráfica de un módulo de diseño eléctrico.

2 FUNDAMENTOS

La implementación exitosa de un sistema de diseño asistido por computadora es un proceso largo, comienza con la evaluación de las necesidades del usuario, definición de los

requerimientos del sistema que se va a desarrollar y la selección de la tecnología informática que más se adapte al propósito de nuestro proyecto.

Las especificaciones técnicas del sistema deben incluir en su mayor parte las necesidades de usuario, tomar en cuenta las capacidades de los sistemas de tecnología informática existentes y la habilidad de intercambiar información con los sistemas CAD, también se deben considerar las tendencias actuales en el desarrollo de los sistemas diseño asistido por computadora.

2.1 DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA (CAD).

El diseño asistido por computadora se define como el uso de la tecnología informática en el proceso de diseño. Un sistema asistido por computadora cuenta con una parte de hardware (H/W), software especializado (S/W) y algunos periféricos, los cuales dependen del área de aplicación de la herramienta. Su uso no cambia la naturaleza del proceso de diseño pero como su nombre lo indica sirve como una ayuda al diseñador del producto. El papel más importante del diseño asistido por computadora es proporcionar al diseñador los siguientes elementos:

- Representación gráfica del producto que se pretende desarrollar, el diseñador puede ver de manera muy aproximada la apariencia real del producto sin necesidad de tener un prototipo real.
- Realizar análisis de diseños complejos en un corto tiempo (**Análisis estáticos**, dinámicos, análisis de transferencia de calor, análisis de flujo de fluidos, **análisis de movimientos, análisis de tolerancias y optimización del diseño**).
- Registrar y recuperar información de manera consistente y rápida.

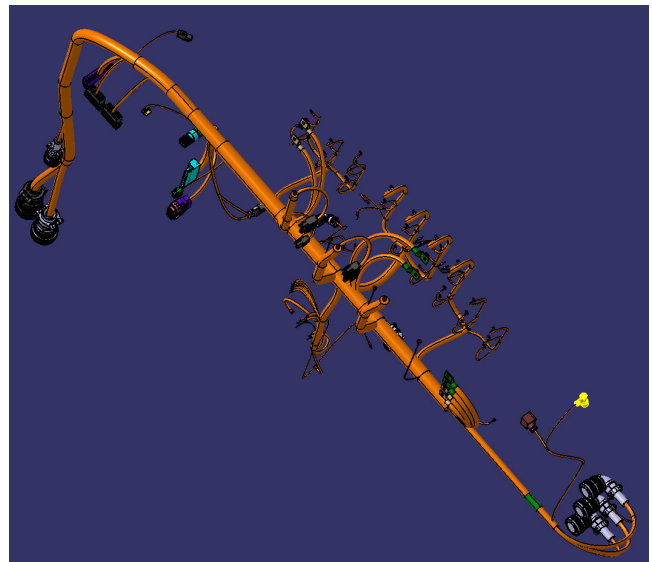


Fig. 3 Representación gráfica de un arnés de armario.

2.2 INGENIERÍA ASISTIDA POR COMPUTADORA (CAE).

La Ingeniería asistida por computadora es la tecnología que hace uso de los sistemas informáticos para evaluar, analizar, simular y optimizar la geometría generada por las aplicaciones CAD, permitiendo al diseñador estudiar el comportamiento del producto para depurar y mejorar su desempeño.

La ventaja del análisis y optimización de diseños es que permite a los diseñadores hacer más eficiente su producto y eliminar los errores en su concepción sin la necesidad de incurrir en costos adicionales para construir prototipos reales.

2.3 HERRAMIENTAS PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INFORMACIÓN DEL PRODUCTO (PDM).

Los sistemas PDM (Product Data Management), proporcionan a los diseñadores, una manera de intercambiar información en diferentes etapas del proceso de diseño e integración del producto.

El sistema PDM proporciona una estructura en la cual se almacena la documentación de todos los tipos de productos, esta información incluye documentos electrónicos, archivos digitales y registros en base de datos cuyo contenido está relacionado entre otros con:

- Planificación del proyecto
- Configuración del producto
- Especificaciones
- Definición de las partes
- Dibujos en CAD
- Modelos Geométricos
- Plan y rutas del proceso de manufactura

Los sistemas PDM actualmente están siendo utilizados por muchas industrias entre otras:

- Aeronáutica
- Automotriz: Ensamble y componentes
- Transporte: Trenes, barcos, aviones
- Manufactura mecánica en general
- Componentes eléctricos y electrónicos
- Fabricantes de computadoras
- Compañías de construcción

La evaluación de las alternativas de solución y la selección de los sistemas de tecnología informática que se considerarán en nuestro sistema integral CAD, debe hacerse mediante un estudio de mercado con por lo menos tres o cuatro posibles candidatos. La selección no es sencilla a menos que la compañía ya esta familiarizada, tenga un excelente conocimiento y aplique ya algunos de sus desarrollos de diseño con los sistemas CAD.

Existen muchos proveedores de sistemas CAD para varias aplicaciones, a continuación se mencionan algunas de ellas sólo como referencia:

Sistemas CAD en la rama Mecánica:

- Autodesk AutoCAD
- Autodesk Mechanical Desktop
- Dassault Systems CATIA
- IBM CATIA
- SolidWorks
- Visionary Design IronCAD

Sistemas CAE (Análisis) en la rama Mecánica:

- Algor
- ANSYS DesignSpace
- Nastran
- Mechanical Dynamics

Sistemas CAE (Análisis) en la rama Eléctrica:

- Cadence Alta
- Mentor Graphics Inter-Connectix

Desafortunadamente, en algunas ocasiones estas herramientas no cubren las necesidades particulares de un trabajo determinado y en cuyo caso se tiene que recurrir a las herramientas de programación para cubrir dichas carencias.

En el caso de la integración eléctrica de los trenes, las áreas y funciones de mayor preocupación que se desean cubrir con el sistema CAE se refieren pero no se limitan a lo siguiente:

1. Elaborar los diagramas eléctricos integrados en 2D.
2. Elaborar los modelos de instalación de los equipos y arneses en 3D.
3. Obtener directamente de PDM la información eléctrica y mecánica de los componentes que se integran en los dibujos eléctricos en 2D y en los modelos de instalación en 3D.
4. Reservación física de los espacios en el modelo 3D tanto para todos los componentes eléctricos del sistema incluyendo los arneses.
5. Elaboración de listas de cableado para la fabricación de arneses.
6. Verificación de congruencia en distribución de pines entre la información del componente y lo indicado en el diagrama eléctrico.
7. Optimización de rutas (recorrido) de cableado en relación a la longitud mínima del cable.

8. Generación de la lista de componentes eléctricos como son selectores, botones pulsadores, interruptores termomagnéticos, interruptores de límite, sensores, relevadores, contactores, regletas de conexión, conectores.
9. Asignación de etiquetas para cada uno de los cables y arneses
10. Asignación de terminales y casquillos para cada uno de los cables
11. Asignación de contactos y rellenos para cada una de las cavidades de los conectores
12. Generación de la lista de materiales misceláneos para la fabricación de arneses, los cuales incluyen cable, fundas, etiquetas, casquillos, terminales y cintillas.

3 PROCEDIMIENTO

El proyecto se divide en cuatro etapas principales:

- Documentación
- Identificación de Recursos
- Implementación
- Prueba

Durante la etapa de documentación, se identifican todos los procedimientos utilizados por la compañía en el proceso actual de diseño de diagramas eléctricos y arneses para ajustarlos al nuevo proceso presentado en este proyecto. Esta es una etapa crítica del proyecto ya que se requiere realizar un mapeo muy detallado del proceso actual y validar que el esquema propuesto es realizable dentro de los plazos de tiempo establecidos.

Durante la segunda etapa del proyecto se identificaron los recursos materiales y humanos que estuvieron involucrados en el desarrollo del proyecto, esta etapa incluye la capacitación del personal de las diferentes áreas funcionales de la Empresa que estarán directamente involucradas en este proyecto tales como Ingeniería, Departamento de Dibujo y Métodos. Durante esta misma etapa se debieron adquirir las herramientas de software y el equipo informático requerido para la implementación.

Durante las etapas de implementación y prueba, se llevó a cabo una prueba piloto real en donde se validaron todas las etapas funcionales del proceso y se evaluó la calidad del producto final con base en los indicadores de desempeño que se establecieron para este nuevo sistema de manufactura de arneses.

Los aspectos importantes a considerar durante la integración del sistema eléctrico del vehículo se refieren pero no se limitan a lo siguiente:

1. Localización física de cada uno de los componentes del sistema eléctrico tomando en cuenta la naturaleza del funcionamiento de cada componente para maximizar sus prestaciones y minimizar el esfuerzo técnico-económico para su implementación.
2. Segregación de cableado respecto al nivel de tensión que manejan
 - a. Alta Tensión (750 o 1500 V.c.d.)
 - b. Mediana Tensión (110, 220 y/o 440 V.c.a.)
 - c. Baja tensión (24, 48 ó 72 V.c.d.)
3. El análisis de la Compatibilidad e Interferencia Electromagnética (EMC/EMI) como objetivo evaluar el impacto que puede tener un sistema sobre otro en relación a su sensibilidad o capacidad de inmunidad al efecto electromagnético. Una vez que se determina el ambiente electromagnético y se identifican los sistemas críticos que pueden ser fuente o víctima de dicho efecto, se imponen requerimientos específicos de EMC para asegurar su correcto funcionamiento. Una de las buenas prácticas de EMC sugiere la segregación de los diferentes tipos de circuitos en mazos de cable independientes, por ejemplo, para minimizar el acoplamiento inductivo y capacitivo se recomienda separar las clases de circuitos como se indica a continuación [7].
 - a. Circuitos analógicos sensibles
 - b. Circuitos de transmisión de datos sensibles
 - c. Circuitos referenciados al voltaje de batería
 - d. Circuitos de salida de inversores (CA fija o variable, circuitos monofásicos y trifásicos de CA, circuitos de 120 V.c.a. o superior)
 - e. Circuitos referenciados al voltaje de alta tensión (Tercer riel o catenaria, 600, 750, 1500 v.cd.)
 - f. Circuitos especiales (Definidos según sea requerido)
4. Conceptualización del sistema de retorno de corriente y puesta a tierra que garantice el funcionamiento así como la integridad de los equipos, y la seguridad del personal técnico y de los usuarios.
5. Fiabilidad es el indicador mediante el cual se determina el número de fallas que un sistema o componente puede presentar dentro de un periodo de tiempo o distancia determinada cuando dicho sistema o componente se encuentra en operación.
6. Criterio de Accesibilidad el cual tiene como objetivo cuidar que todos los componentes del sistema eléctrico estén instalados en los lugares estratégicos adecuados para permitir su operación durante el servicio regular y las intervenciones de mantenimiento del vehículo.

7. Criterio de Mantenibilidad el cual tiene como objetivo cuidar que todos los componentes del sistema eléctrico estén instalados en lugares accesibles que permitan el mantenimiento de manera sencilla para poder así maximizar la disponibilidad del tren.
8. Seguridad, para cualquier compañía, la protección a la salud y la seguridad debe ser considerada como una responsabilidad social fundamental y una prioridad que gobierne todas sus actividades, por lo tanto, debe estar comprometido a diseñar, suministrar y mantener productos que sean seguros para el uso a que han sido diseñados.

Para poder integrar todos estos conceptos se requiere de un equipo multidisciplinario así como una coordinación y planeación muy precisa del proyecto que tendrán como finalidad completar de manera satisfactoria la integración eléctrica del producto.

4 RESULTADO Y ANÁLISIS

A través de la utilización de la herramienta de diseño se logró cubrir en tiempo la entrega de los siguientes documentos

- Listas de cableado para Métodos.
- Definir y emitir de manera más exacta la lista de compra para los componentes eléctricos de control.
- Definir y emitir de manera más exacta la lista de compra de los componentes para el cableado.

Se redujo el ciclo de desarrollo de los diagramas eléctricos e información de arneses de 19 a 12 meses, lo cual representó un ahorro de horas directas de Ingeniería en por lo menos 35% de las horas-hombre invertidas en este proceso que en cifras nos da aproximadamente 7700 h/h.

La mejora de la calidad de los documentos entregables del proceso redujo en un 50 % las órdenes de cambio de Ingeniería

Por otro lado, se redujo en aproximadamente el 20% del inventario por contrato en los insumos requeridos para la fabricación de arneses tales como cables, fundas, terminales, cintillas.

5 CONCLUSIONES

La integración eléctrica de trenes de alta tecnología se convierte en una tarea cada día más retadora dado el nivel de servicios y desempeño que se espera de este tipo de producto. Aunado con el alto nivel de competencia que prevalece en el mercado actual, el cual exige a las compañías potenciar exponencialmente su capacidad de desarrollo de sus productos de manera más eficaz en términos de calidad, costo y tiempo.

Para poder alcanzar este nivel es necesario integrar además de los procesos de diseño, los procesos administrativos y logística de las empresas.

Como se indicó en los párrafos anteriores, la implementación de sistemas CAE puede con seguridad acortar los tiempos de diseño de un producto y al mismo tiempo facilitar el esquema para la aplicación de Ingeniería concurrente y así tener una influencia muy positiva sobre el costo, funcionalidad y calidad del producto final.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Roy L. Wysack, «Effective CAD Management – A Manger’s Guide», CAD/CAM Publishing, 1985.
- [2] Biren Prasad, «Concurrent Engineering Fundamentals – Integrated Product and Process Organization», Prentice Hall, 1996.
- [3] The CAD Report, CAD/CAM Publishing Inc., Vol.19, No 2, 1999.
- [4] IEC 60364-4-43 Edition 3.0 2008-08, Low voltage electrical installations, International Standard, 2008.
- [5] APTA SS-E-005-98 Edited 2-13-04, Standard for Grounding and Bonding, American Public Transportation Association, 2006.
- [6] APTA SS-E-010-98 Edited 2-13-04, Standard for the Development of an Electromagnetic Compatibility Plan, American Public Transportation Association, 2006.
- [7] BS EN 61000-4-6, Electromagnetic Compatibility- Testing and measurement techniques, BSI British Standards, 2009.