

Forzar los límites matemáticos: casos prácticos de solución para los modernos retos de ingeniería eléctrica

Al igual que los ingenieros de las principales disciplinas, los ingenieros eléctricos afrontan retos matemáticos nunca vistos.

En la actualidad, hay un mayor énfasis en problemas como:

- **Sostenibilidad:** obtención de fuentes de energía limpias y fiables que satisfagan las demandas geopolíticas
- **Eficiencia:** a medida que las demandas humanas de electricidad aumentan y progresan a diferentes ritmos
- **Tecnología inteligente:** al demandar los consumidores mayor eficiencia, control y personalización

Para los ingenieros eléctricos, la solución de estos retos sofisticados y modernos se basa en sistemas más inteligentes que sean más eficientes y cumplan expectativas mayores de energía más limpia, y en las complejas matemáticas que requieren. La necesidad de proporcionar soluciones energéticas sostenibles, eficientes e inteligentes nunca ha sido tan crucial, ni tan difícil. Los ingenieros eléctricos se enfrentan a una presión sin precedentes para abordar algunos de los problemas más acuciantes del mundo. El mundo está sufriendo una rápida transformación, según la cual las personas demandan mayor acceso a fuentes de energía renovables y la tecnología ofrece soluciones antes de que el consumidor se dé cuenta de que tiene un problema.

Cuando se miran los cálculos de ingeniería que pueden resolver estos problemas, vemos que son complejos y difíciles de gestionar. Ya no es suficiente con tener los cálculos de ingeniería, que son la propiedad intelectual de una organización, bloqueados en hojas de cálculo y cuadernos de ingeniería tradicionales.



La necesidad de proporcionar soluciones energéticas sostenibles, eficientes e inteligentes nunca ha sido tan crucial, ni tan difícil. Los ingenieros eléctricos se enfrentan a una presión sin precedentes para abordar algunos de los problemas más acuciantes del mundo.”

Por suerte, la tecnología matemática ha evolucionado para ofrecer a los ingenieros soluciones que, si se utilizan correctamente, pueden ser muy eficaces. El software de diseño y cálculos proporciona a los ingenieros eléctricos las herramientas para resolver los problemas actuales más difíciles y complejos, e innovar más que nunca.



En este artículo se describen proyectos modernos de ingeniería eléctrica en los que las complejas matemáticas de ingeniería han sido la base para solucionar estos nuevos retos. En particular, se habla de ingenieros que:

- Maximizan la efectividad de la energía solar.
- Mejoran la eficiencia de la red energética para adaptarse a la demanda de vehículos eléctricos y otras formas de transporte.
- Diseñan sistemas eléctricos integrados más inteligentes, más potentes y rentables.

Andasol 1–3: caso práctico de almacenamiento de energía del Sol

Los factores económicos y políticos están obligando a los ingenieros eléctricos a hacer que las fuentes de energía renovable sean alternativas viables a los combustibles fósiles. La energía limpia, como la generada por el viento o el Sol, puede reducir la contaminación atmosférica, preservar los hábitats naturales, reducir la necesidad de energía nuclear y ayudar a los países a ser más independientes energéticamente.

La electricidad se puede generar fácilmente a partir del Sol cuando descarga sobre paneles fotovoltaicos y termosolares, pero los ingenieros se han esforzado por buscar formas de almacenar esa energía al caer la noche o cuando hay nubes de tormenta.

El proceso de utilizar sales fundidas, sin embargo, está haciendo posible que los huertos solares produzcan energía las 24 horas. El alto punto de fusión de la sal, más el hecho de que no se convierte en vapor hasta que se calienta mucho más, significa que se puede utilizar para almacenar la energía del Sol en forma de calor.

Andasol 1, que se puso en servicio cerca de Granada (España) en 2008, fue la primera central eléctrica comercial en utilizar tecnología termosolar de concentrador cilindroparabólico. La central Andasol fue desarrollada por Solar Millenium, AG, una compañía alemana de energía solar. Según Sven Moormann, portavoz de Solar Millennium: "Las horas de producción son casi el doble que las de una central eléctrica [termosolar] sin almacenamiento".

Actualmente hay tres centrales Andasol operativas, cada una con una producción bruta de electricidad de 50 megavatios, que producen unos 180 gigavatios hora por año. Cada colector tiene una superficie de 51 hectáreas (unos 500.000 metros cuadrados o aproximadamente 125 acres) y ocupa unas 200 hectáreas (aprox. 500 acres) de terreno.

El sistema de almacenamiento térmico de Andasol absorbe parte del calor producido en el campo solar durante el día y lo almacena en una mezcla de nitrato sódico (60 por ciento) y nitrato potásico (40 por ciento). Un depósito térmico completo aloja 1.010 MW·h de calor; esto es suficiente para el funcionamiento de una turbina durante unas 7,5 horas a plena carga cuando no hay luz solar directa disponible.

Si bien existen otros gastos en la instalación del sistema de almacenamiento por sales, estos costes se compensan con las horas adicionales de producción de energía. La electricidad de las centrales Andasol cuesta aproximadamente lo mismo que en cualquier central termosolar: unos 13 centavos



Los factores económicos y políticos están obligando a los ingenieros eléctricos a hacer que las fuentes de energía renovable sean alternativas viables a los combustibles fósiles.

por kilovatio hora. Esto supone casi el doble que el coste de la electricidad producida en una central eléctrica de carbón, la opción de generación de energía menos costosa sin considerar los impactos medioambientales de la combustión de carbón.

Los ingenieros están trabajando para hacer más eficaces los sistemas de almacenamiento por sales. Algunos de los métodos más prometedores incluyen el uso de mezclas de sales que se funden a temperaturas inferiores y la concentración de luz solar en una sola torre para aumentar la temperatura



El software de diseño y cálculos proporciona a los ingenieros eléctricos las herramientas para resolver los problemas actuales más difíciles y complejos, e innovar más que nunca.”

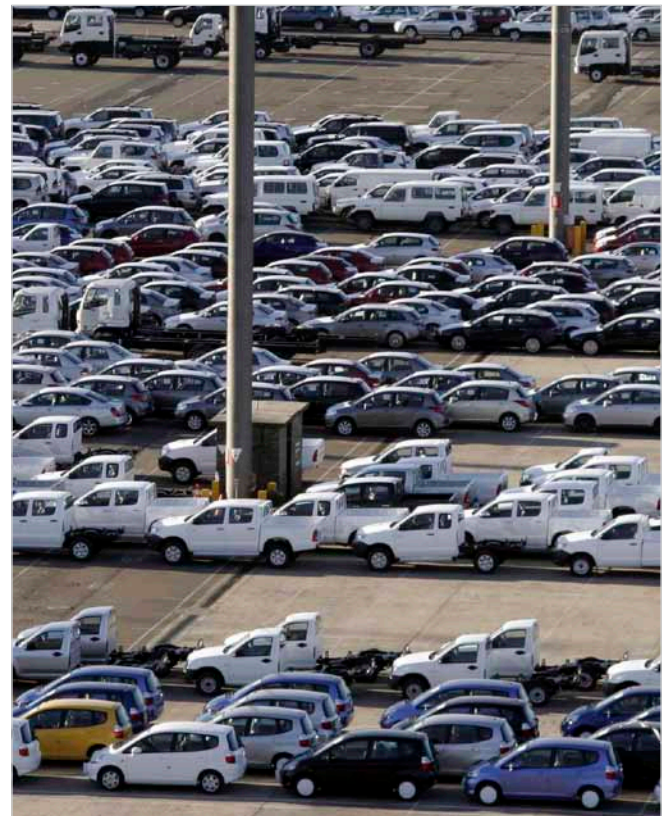
de las sales. La tecnología de almacenamiento de energía solar con sales fundidas y la conversión de la energía almacenada en electricidad utilizable gira en torno a cálculos cruciales de transferencia de calor, análisis térmicos y la conversión de sal fundida en supervapor. Las mezclas de sales fundidas pueden variar y suelen estar formadas por nitrato sódico y nitrato potásico, aunque también se puede incluir nitrato cálcico. La constitución de la mezcla óptima de sales requiere extensos cálculos con las propiedades físicas de cada sal y las proporciones de las sales en la mezcla. El software de cálculos suele utilizarse para este nivel de optimización de ingeniería, ya que facilita enormemente el proceso de cálculo y análisis.

Evaluación del impacto de los vehículos híbridos enchufables: caso práctico de oferta y demanda de electricidad

Mientras algunos ingenieros trabajan para generar electricidad a partir de nuevas fuentes de energía, otros estudian el impacto del aumento de la demanda de electricidad. Los investigadores de Pacific Northwest National Laboratory, por ejemplo, han explorado el impacto potencial que tendrá un futuro parque móvil de vehículos eléctricos híbridos enchufables (PHEV) en los sistemas eléctricos de todo el país.

Los cálculos de flujo de carga, las probabilidades de sobrecarga, las mediciones de capacidad media y otros cálculos han ayudado a estos ingenieros a responder a dos preguntas básicas en un análisis detallado de la red eléctrica:

- ¿Cuál es el impacto de una más que posible penetración de PHEV en el coste de producción de electricidad a nivel regional?
- ¿Cuál es el impacto sobre la intensidad de CO2 a nivel regional para un conjunto de estrategias de carga seleccionadas?



Según estimaciones del sector, el 80 por ciento de la innovación en el segmento superior de automoción procede de la electrónica.



Los investigadores trabajaron con un escenario según el cual en el año 2030 habría 37 millones de PHEV en circulación y cada vehículo demandaría suficiente energía para recorrer unos 53 km (33 millas) al día. Al evaluar la energía requerida para abarcar ese escenario y la viabilidad de un sistema eléctrico para atender la carga adicional, los ingenieros deben construir modelos matemáticos para evaluar el impacto sobre los componentes del sistema de transmisión. Además de los cálculos fundamentales de carga del sistema (capacidades de carga base y pico de carga) y cálculos generales de capacidad del sistema de transmisión, también debe considerarse la estabilidad del sistema. En ocasiones, se incorporan componentes como los condensadores o transformadores desfasadores para mejorar la estabilidad en las líneas de transmisión largas. El modelado de la estabilidad de un sistema de transmisión eléctrica requiere muchos cálculos complejos. Se puede obtener una evaluación de estabilidad de primer orden calculando la caída de tensión de una línea, evaluando el calentamiento de los conductores y determinando matemáticamente el impacto de añadir al diseño componentes como condensadores y transformadores.

En el caso del estudio de PHEV, el requisito total de energía eléctrica para todo el parque de vehículos eléctricos era relativamente modesta; sin embargo, el impacto del coste variaba ampliamente por región. La sensibilidad a un coste alto se predijo en áreas en las que la oferta ya es limitada, como California y la zona noreste. En las regiones del Medio Oeste, que tradicionalmente exportan energía, se indicaron impactos de costes mucho menores. En todas las regiones, el impacto de costes era el doble para carga durante el día que durante la noche.

La intensidad de CO₂ como resultado de la adopción de PHEV también se prevé que varíe por región. En estados predominantemente de carbón, es probable que la nueva carga de PHEV reduzca la intensidad de emisiones de CO₂ en todas las estrategias de carga estudiadas. En áreas que dependen más de fuentes de energía hidráulica y renovable, la intensidad de emisiones de CO₂ puede aumentar si la generación marginal para atender el parque de PHEV procede principalmente del carbón o el gas natural.

Con base en los cálculos de ingeniería para carga del sistema de energía eléctrica y los modelos asociados de transmisión y distribución, el estudio concluyó que la demanda adicional de energía para la carga de un parque móvil de 37 millones de vehículos PHEV en el año 2030 no tendrá un impacto significativo en la red eléctrica. Otra conclusión fue que la carga

de vehículos eléctricos es más limpia en horario nocturno en la zona noreste, en la zona oeste y Florida, mientras que la carga diurna es más limpia en el Medio Oeste.

Información y entretenimiento en automoción: caso práctico de sistemas integrados

Tanto si un coche funciona con electricidad, gasolina o una combinación de ambos, es seguro que depende mucho de sistemas electrónicos integrados o habilitados para smartphones. Según estimaciones del sector, el 80 por ciento de la innovación en el segmento superior de automoción procede de la electrónica.

Muchos de los avances logrados en el sector de automoción (en seguridad, control de emisiones, confort y calidad) no habrían sido posibles sin el uso de sistemas de control avanzados basados en ordenador.

Los ingenieros eléctricos se sienten constantemente presionados para hacer más con sistemas electrónicos más pequeños y más rápidos. La integración de estos sistemas en procesos de diseño que siguen siendo gestionados por personas con historiales de ingeniería mecánica solo complica el reto, al igual que las variables demandas de los clientes y los requisitos normativos. Los expertos sectoriales están de acuerdo en que la modernización y estandarización de las arquitecturas de los sistemas electrónicos es un requisito previo para el éxito del diseño. Hans Georg Frischkorn, que dirige las operaciones de automoción en el proveedor de servicios de electrónica ESG, cree que la estandarización ayudará a introducir una nueva era de funciones en red. "Será muy interesante ver el coche inteligente, la red inteligente y la casa inteligente conectados en red", afirma, a la vez que advierte de que el coche conectado supondrá una mayor complejidad en los sistemas electrónicos.

Clarion, la división estadounidense del grupo japonés de electrónica Hitachi, está probando el terreno de los servicios en red con un servicio de información y entretenimiento basado en la nube, "Smart Access", que añadirá a su oferta de productos tradicionales de a bordo. "Smart Access" ofrece conectividad para smartphones y la posibilidad de acceder a una amplia gama de aplicaciones, incluidas las de mantenimiento del vehículo, gestión de la seguridad y llamadas de emergencia. Los ejecutivos telemáticos afirman que los coches estarán conectados a Internet a través de sistemas integrados y basados en smartphone. Para solucionar los retos que surgen como consecuencia, Volkswagen, por ejemplo, ha lanzado un nuevo



centro de aprendizaje de TI en toda la empresa para atraer y retener el talento superior en electrónica y software. El objetivo es disponer de expertos que puedan gestionar los distintos componentes de los sistemas integrados necesarios para información y entretenimiento en automoción. Esto incluye supervisar el software integrado y los sistemas electrónicos. Mientras los ingenieros de software deben poder identificar y corregir problemas de software, los ingenieros eléctricos tienen que ser capaces de solucionar los problemas basados en la electrónica. Esto requiere un análisis completo de los circuitos y sus dispositivos de bajo nivel. El software de cálculos de ingeniería que cuenta con prestaciones para trazar respuestas de fase y magnitud, formas de onda de corriente mediante diferentes componentes, transmisión de señales, pérdida y degradación, y calcular otros análisis de electrónica/circuitos es una necesidad para el control efectivo de los sistemas integrados en el dominio de la información y el entretenimiento en automoción.

Conclusión

La medida en que los actuales ingenieros eléctricos puedan superar los principales retos de diseño tendrá un impacto tremendo en las sociedades humanas durante generaciones.

La mejora de las tecnologías de energías alternativas, el descubrimiento de formas de usar la energía con mayor eficacia y la expansión de las capacidades de los dispositivos informáticos requerirá una extraordinaria cantidad de trabajo e ingenio.

Los ingenieros también seguirán dependiendo de los avances tecnológicos como ayuda para abordar los retos actuales y futuros. La mejora de la potencia de los ordenadores y el software de diseño aumentará la eficiencia, y el software de cálculos sofisticado ayudará a garantizar la precisión y mitigar el riesgo.

Fuentes

Biello, David (2009). *How to Use Solar Energy at Night*, Scientific American, 18 de febrero de 2009. Consultado en abril de 2012 en: <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=how-to-use-solar-energy-at-night>

Bongard, Arjen (2012). *In Embedded Systems, Standardization Seen as Key*, Automotive IT International, 27 de enero de 2012. Consultado en mayo de 2012 en: <http://www.automotiveit.com/in-embedded-systems-standardization-seen-as-key/news/id-004886>

Clarion to Offer Telematics Service, Automotive IT International, 9 de mayo de 2012. Consultado en mayo de 2012 en: <http://www.automotiveit.com/clarion-to-offer-telematics-service/news/id-005774>

Kintner-Meyer, Michael, et al (2010) *Impact Assessment of Plug-in Hybrid Vehicles on the U.S. Power Grid*, EVS-25 Shenzhen, China, 5-9 de noviembre de 2010.

Telematics Update: Analyst Says Traffic Is Key Telematics Application, Automotive IT International, 18 de abril de 2012. Consultado en mayo de 2012 en: <http://www.automotiveit.com/telematics-update-analyst-says-traffic-is-key-telematics-application/news/id-005548>

Telematics Update: Room Seen for Embedded and Smartphone-based Connectivity, Automotive IT International, 18 de abril de 2012. Consultado en mayo de 2012 en: <http://www.automotiveit.com/telematics-update-room-seen-for-embedded-and-smartphone-based-connectivity/news/id-005552>

Wallin, Peter y Axelsson, Jakob. *A Case Study of Issues Related to Automotive E/E System Architecture Development*.

La solución a los retos de la ingeniería eléctrica requiere cálculos sofisticados

Los avances en el software de cálculo matemático garantizan la precisión y mitigan el riesgo.

RETO	CÁLCULOS NECESARIOS
Maximizar la efectividad de la energía solar	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación de controladores de carga solar • Eficiencia de bancos de baterías por bajas temperaturas • Irradiación solar
Mejorar la eficiencia de la red energética	<ul style="list-style-type: none"> • Flujo óptimo de potencia (OPF) • Capacidad total de transferencia (TTC) • Eficiencia energética mediante entalpía de formación
Adaptarse a la demanda de vehículos eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> • Promedio de capacidad/factor de carga • Cálculos del flujo de carga • Probabilidad de sobrecarga en la red
Diseñar sistemas integrados más potentes y rentables	<ul style="list-style-type: none"> • Caída de tensión • Análisis de circuitos RLC • Superposición lineal • Teoría de piezorresistencia

© 2012, PTC. Todos los derechos reservados. La información aquí contenida se proporciona únicamente con fines informativos, puede ser modificada sin previo aviso y no constituye una garantía, compromiso, condición ni oferta por parte de PTC. PTC, el logotipo de PTC, PTC Creo, PTC Elements/Pro, PTC Mathcad, PTC Windchill, PTC Windchill PDMlink, Pro/ENGINEER y todos los nombres y logotipos de productos de PTC son marcas comerciales o marcas registradas de PTC o sus filiales en los Estados Unidos y en otros países. Los demás nombres de productos y empresas pertenecen a sus respectivos propietarios. El momento del lanzamiento de un producto, incluidas las funciones, puede variar a criterio de PTC.

J0989-Mathcad_EE_(BCC1&2)-ES-1012