

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

De igual forma que los ingenieros de todas las disciplinas importantes, los ingenieros mecánicos se enfrentan a retos matemáticos cada vez más amplios.

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

- Innovación: creación de sistemas mejores y más eficaces, incluso en entornos extremos
- Sostenibilidad: a medida que aumentan las demandas humanas de energía limpia y asequible
- Seguridad: protección de las personas y el equipamiento con el incremento de normas de seguridad y la reducción de tolerancias de lesiones o daños

Para los ingenieros mecánicos, los sistemas que protegen y preservan (y la compleja matemática que requieren) son la base para afrontar estos sofisticados y modernos retos. La necesidad de gestionar con precisión entornos o condiciones extremos que de otra forma destruirían equipamientos costosos, el acceso a energía confiable o incluso la vida humana nunca ha sido más importante, y difícil. Los ingenieros se enfrentan a una presión sin precedentes no solo para crear diseños innovadores, sino para asegurar que simplemente no fallen.

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.



El control activo de vibraciones es necesario para la Estación espacial internacional

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 civiles y de estructuras las herramientas para resolver los problemas actuales más difíciles y complejos, e innovar como nunca antes.

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

- Controlan estructuras y protegen equipamiento sensible mediante control activo de vibraciones (AVC).
- Maximizan el potencial de la energía mareomotriz como un recurso energético renovable y asequible.
- Desarrollan robots humanoides que se desplazan y realizan acciones que plantean un riesgo inaceptablemente alto de lesiones o muerte para las personas.

ARIS: caso práctico de AVC

La presencia de vibraciones en el equipamiento industrial, los automóviles, los aviones y otras estructuras mecánicas puede llevar a un exceso de desgaste y fallos. Factores como el agrietamiento y la distensión de sujeciones pueden ser causa de dolor e incomodidad para las personas y dar lugar a costosas reparaciones o tiempo de inactividad.

El control pasivo de las vibraciones mediante amortiguadores, rigidizadores y otras modificaciones estructurales solo sirve cuando se trata de productos muy sensibles, sofisticados y costosos. Los ingenieros mecánicos actuales tienen que encargarse de reducir el ruido y la vibración no deseados mediante accionadores electromagnéticos para detectar y controlar el movimiento de las estructuras. Los métodos AVC que incluyen aleaciones de memoria de forma, fluidos electrorreológicos y materiales magnetostrictivos pueden complementar los enfoques pasivos para solucionar problemas de ingeniería complejos cuando los métodos de control pasivo de vibraciones son insuficientes.

Los ingenieros dependen de las ecuaciones para realizar análisis de vibraciones, que pueden ser simples o complejos, de piezas que funcionan de



El software de diseño y cálculos proporciona a los ingenieros civiles y de estructuras las herramientas para resolver los problemas actuales más difíciles y complejos, e innovar como nunca antes”

forma independiente y como parte de un sistema o estructura mayor. En general, se utiliza el software de cálculos para crear los modelos AVC. Al incorporar otros factores en el análisis, por ejemplo la transmisión de sonido, los modelos se hacen más avanzados y suele ser necesario el uso de una aplicación de software.

El cálculo de las diversas fuerzas internas y externas necesarias para encontrar una fórmula precisa sin vibraciones puede ser un proceso complejo, especialmente cuando se crea algo que se utilizará en entornos desconocidos o imprevisibles.

En los confines casi sin gravedad de la Estación espacial internacional, el control de vibraciones es necesario para ayudar a los científicos a entender mejor los efectos de la gravedad sobre los sistemas biológicos, químicos y físicos. Mediante la compensación de las perturbaciones vibratorias, el Sistema de aislamiento en compartimentos activos (ARIS) de la NASA ayuda a proteger los experimentos de las vibraciones externas que pueden afectar a los resultados de los estudios.

ARIS reduce las perturbaciones mediante una combinación de sensores y accionadores. Cuando los conjuntos de acelerómetro detectan perturbaciones en la estación espacial, envían la información a la unidad electrónica ARIS. En función de los datos, unas barras impulsoras aplican una fuerza reactiva entre el compartimento de carga y al módulo de

laboratorio. Una barrera adicional de compartimento de microgravedad ayuda a impedir la perturbación accidental del compartimento activo ARIS.

Turbinas hidrocinéticas basadas en hidroalas oscilantes: caso práctico de energía renovable

Incluso los proyectos aparentemente simples pueden requerir cálculos avanzados, como sucedió en 2010 con un equipo de ingenieros mecánicos y eléctricos de la Universidad Laval de Quebec.

En la búsqueda de una forma de controlar la energía de las corrientes de agua que fuera superior a las cuchillas giratorias convencionales, el equipo exploró la idea de utilizar hidroalas oscilantes.

Siguiendo un detallado análisis basado en el modelado de dinámica de fluidos computacional (CFD), el equipo diseñó un prototipo de turbina de 2 kW que se montó en una embarcación de pontones personalizada para realizar pruebas en un lago. El diseño de esta turbina requirió muchos cálculos; fue necesaria una colección completa de fórmulas, ecuaciones y gráficos para diseñar los siguientes componentes:

- Dos hidroalas oscilantes rectangulares con una configuración espacial en tándem
- Mecanismos de cuatro vínculos para acoplar el movimiento de cabeceo de cada hidroala a su movimiento de agitación cíclico
- Un sistema con un grado de libertad para controlar un eje giratorio
- Generador eléctrico con control de velocidad (conectado al eje giratorio)
- Banco de baterías, cargadas por el generador

Se midió y se promedió el ciclo de la energía instantánea extraída para diferentes velocidades de flujo de agua y frecuencias de oscilación de hidroala. Las amplitudes de agitación y cabeceo se mantuvieron constantes en todas las ejecuciones, en valores de 1 cuerda y 75° respectivamente.

A pleno rendimiento, la eficiencia medida de extracción de energía alcanzó el 40% una vez tenidas en cuenta las pérdidas generales del sistema mecánico. Las pérdidas mecánicas asociadas con el mecanismo de acoplamiento utilizado en esta primera implementación se calcularon en al menos un 25% del total de energía extraída.

El 40% de eficiencia hidrodinámica del prototipo de turbina superó las expectativas y alcanzó niveles comparables a los mejores rendimientos alcanzables con turbinas modernas de cuchillas giratorias. Dado que las hidroalas rectangulares son menos costosas de crear que las cuchillas giratorias, estos resultados demuestran el prometedor potencial de la nueva tecnología para extraer energía con eficacia de los flujos de agua entrantes.

MABEL: caso práctico de robótica humanoide

Mientras algunos ingenieros mecánicos se centran en solucionar los problemas energéticos del mundo, otros dedican su carrera a la robótica humanoide. La investigación en esta área está allanando el camino para los avances en dispositivos ortopédicos y prótesis, junto con la creación de máquinas que puedan realizar diferentes tareas que normalmente llevan a cabo las personas, desde el entretenimiento del público hasta la ejecución de peligrosas misiones militares o de salvamento.



Sin el software de cálculos de ingeniería para modelar los componentes robóticos y las interacciones, los robots como MABEL serían extremadamente difíciles, si no imposibles, de diseñar”.

“Si quisieras enviar robots en busca de personas cuando hay un incendio en una casa, probablemente sería necesario subir y bajar escaleras, pasar por encima de los juguetes que están en el suelo y maniobrar en un entorno en el que las ruedas y orugas pueden no ser adecuadas”, afirma Jessy Grizzle, profesor de ingeniería en la Universidad de Michigan.



La medida en que los actuales ingenieros mecánicos puedan superar los principales retos de diseño tendrá un impacto tremendo en las sociedades humanas durante generaciones. La precisión en los cálculos matemáticos es imprescindible”.

Grizzle forma parte de un equipo de la universidad que está haciendo grandes progresos con MABEL, un robot bípedo que puede correr de forma autónoma durante más de 110 pasos. Los pies del robot se elevan entre 3 y 4 pulgadas, y el robot entero está en el aire durante el 40 por ciento de la duración del paso. MABEL puede correr a una velocidad media de 7,08 km/h y ha alcanzado una velocidad punta de 10,9 km/h.

MABEL pesa más de 65 kg, con un torso pesado (40 kg), tiene pies en punta y cuenta con un sistema de transmisión controlado por cable. La distribución del peso refleja la de una persona, en la que el peso se concentra en la parte superior del cuerpo y las piernas livianas se pueden mover adelante y atrás rápidamente para lograr una locomoción rápida. Los muelles del robot actúan como los tendones del cuerpo humano; absorben las fuerzas de acción y también almacenan energía.

Tras la construcción de MABEL, los ingenieros de la universidad crearon un modelo matemático detallado del robot. Utilizaron ese modelo para diseñar los algoritmos del sistema de control. El control del feedback se consigue mediante un controlador híbrido compatible de dinámica cero no lineal con control de fuerza activa que se ejecuta en tiempo real.

Tanto si el robot camina, corre o está de pie, el controlador de feedback mide todas las posiciones de articulaciones y ángulos del cuerpo, y determina los comandos adecuados que se deben enviar a los cuatro motores, dos de los cuales se encuentran en las piernas. Los movimientos resultantes, en combinación con los muelles y las masas del mecanismo del robot, determinan las fuerzas que las piernas aplican sobre el suelo para obtener un paso de carrera.

Una ingente cantidad de cálculos matemáticos hace que la creación de robots humanoides satisfactorios sea una tarea increíblemente difícil. La física, la mecánica y el diseño del sistema de control requieren sofisticados modelos de ingeniería. Uno de los cálculos críticos es el punto de momento cero (ZPM) de un robot, el punto sobre el suelo donde la suma de todos los momentos de las fuerzas activas es igual a cero. Este concepto es crucial para garantizar la estabilidad de postura dinámica de los robots bípedos. Sin el software de cálculos de ingeniería para modelar los componentes robóticos y las interacciones, los robots como MABEL serían extremadamente difíciles, si no imposibles, de diseñar.

Conclusión

La medida en que los actuales ingenieros mecánicos puedan superar los principales retos de diseño tendrá un impacto tremendo en las sociedades humanas durante generaciones. La precisión en los cálculos matemáticos es imprescindible.

El diseño de estructuras más seguras, la promoción de avances en energía renovable y la creación de más robots humanoides requerirá extraordinario 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 informática y el software de ingeniería aumentará el rendimiento, asegurará la precisión y mitigará el riesgo.



Fuentes:

Active Rack Isolation System (ARIS); ARIS ISS Characterization Experiment (ARIS-ICE), SpaceRef Interactive, Inc. Consultado en abril de 2012 en:

<http://www.spaceref.com/iss/payloads/aris.html>

Biped Robot MABEL Runs Free! DynamicLegLocomotion, 12 de agosto de 2011.

Consultado en abril de 2012 en:

http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=xl0Wk6_xpWo

Casal Moore, Nicole (2011). *Running robot: MABEL is now the world's fastest two-legged robot with knees*, Servicio de noticias de la Universidad de Michigan, 15 de agosto de 2011. Consultado en abril de 2012 en:

<http://ns.umich.edu/new/releases/8508>

Kinsey, T., et al (2011). *Prototype testing of a hydrokinetic turbine based on oscillating hydrofoils*, Renewable Energy, 36 (2011) 1710e1718

Vibration Control, Instituto indio de tecnología en Delhi, 14 de enero de 2011.

Consultado en abril de 2012 en:

<http://www.scribd.com/doc/46861549/Chapter-7-Methods-of-Vibration-Control>

© 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 Mathcad y todos los nombres y logotipos de productos de PTC son marcas comerciales o registradas de PTC o sus filiales en los Estados Unidos y 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.

J0807-Mathcad ME Whitepaper-ES-0912

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

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

RETO	CÁLCULOS OBLIGATORIOS
Lograr el control activo de vibraciones de las estructuras	<ul style="list-style-type: none">• Problema de valores Eigen mediante recurrencia de Lanczos• Transmisión de sonido
Mejorar la eficacia de los dominios mecánicos complejos de modelado, como la automoción y la aeronáutica	<ul style="list-style-type: none">• Análisis de respuesta vibroacústica• Cálculos de tensión estática y dinámica• Análisis de seguridad
Maximizar el potencial de la energía mareomotriz	<ul style="list-style-type: none">• Velocidad de flujo representativa• Límite de Betz
Emular la locomoción bípeda humana en una plataforma robótica	<ul style="list-style-type: none">• Punto de momento cero (ZMP)