

Modelling and Simulation Software

EcosimPro/PROOSIS · Boletín de noticias Nº 10 · Noviembre 2014

EDITORIAL

El equipo de desarrollo de EcosimPro/PROOSIS ha estado muy activo durante los últimos meses en la creación de nuevas herramientas y aplicaciones de simulación que los usuarios demandan. Para ello se ha creado un laboratorio de ideas (Ecolabs) que, bien a través de usuarios externos o por miembros del equipo, facilite innovar en cada nueva versión de los productos.

Cada idea que sale de este laboratorio se analiza, prioriza y evalúa en impacto y esfuerzo de desarrollo. Si se selecciona finalmente, se planifica para implementarse en nuevas versiones. Todo ello se refuerza con los distintos workshops con los usuarios en las diversas áreas de aplicaciones, que nos aportan ideas sobre mejoras y nuevas funcionalidades necesarias.

Este año hemos asistido a los congresos de propulsión espacial en Colonia y de propulsión aeronáutica de ASME en Dusseldorf, presentando las últimas versiones de nuestros productos.

Se presentan en este boletín de noticias aplicaciones en áreas diversas como el modelado de flujo multifase usando ESPSS, modelado de plantas desaladoras, modelado avanzado de sistemas



criogénicos para ITER, plan de simulación de plantas termosolares y desalación térmica en colaboración con Ciemat/Planta Solar de Almería, así como las mejoras en las nuevas versiones de las librerías de propulsión espacial (ESPSS) y de propulsión aeronáutica (TURBO).

En lo relativo a nuevas mejoras de las herramientas presentamos un nuevo producto para exportar modelos a arquitecturas Hardware In the Loop (HIL) usando Matlab/Simulink y las

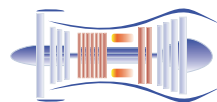
nuevas versiones de 64 bits que saldrán a finales de 2014.

La simulación es una disciplina apasionante, que cada vez más se va difundiendo entre el personal técnico de las empresas. Esto nos hace ver la importancia de continuar nuestra labor de mejora constante y de ofrecer soluciones cercanas a las que un usuario espera.

Pedro Cobas Herrero (pce@ecosimpro.com)
Jefe del Equipo de Desarrollo EcosimPro/PROOSIS
EA Internacional

INDICE

Ecosimpro/ESPSS en la conferencia de propulsión espacial	2	Nueva version 3.0.5 de ESPSS	5
PROOSIS en la feria ASME TURBO	2	Proyecto de Modelado de Flujo Multifase	5
Colaboración con CIEMAT/Plataforma solar de Almería	3	Nueva versión de la librería TURBO	6
Simulación de los circuitos de refrigeración de los imanes superconductores de ITER	3	Estimación de parámetros mediante Electric Systems library y EcosimPro/PROOSIS	8
Simulación de planta desaladora	4	Hardware in the loop (HIL)	9
		Arquitecturas de 64 bits en EcosimPro y PROOSIS	10



ÚLTIMAS NOTICIAS ECOSIMPRO/PROOSIS

1. ECOSIMPRO/ESPSS EN LA CONFERENCIA DE PROPULSIÓN ESPACIAL

EA ha participado en esta importante conferencia celebrada en Colonia para dar a conocer más detalles de las nuevas capacidades de la herramienta de simulación EcosimPro y su módulo de propulsión espacial ESPSS.

EcosimPro/ESPSS permite la modelización de sistemas de propulsión de naves espaciales y satélites, incluyendo procesos de priming, arranque de motores, simulación de tanques de combustible, intercambiadores de calor, sistemas mecánicos y reguladores de presión electrónicos. Por tanto, permite el modelado de cualquier tipo de ciclo de motor cohete líquido con una o más cámaras de combustión incluyendo turbo-maquinaria (bombas, compresores y turbinas) y sistemas de refrigeración con fluidos bifásicos.

En este foro se han presentado las mejoras en las librerías ESPSS (European Space Propulsion System Simulation) desarrolladas para la ESA por un consorcio liderado por EA. Entre las novedades están los nuevos módulos de propulsión eléctrica y propulsión híbrida/sólida, una nueva librería para cálculos estacionarios, nuevos modelos de combustores sólido/líquido y ramjet/scramjet, así como una nueva librería de cálculo orbital.

Actualmente EcosimPro/ESPSS está siendo usado por un gran número de empresas europeas para el diseño de nuevos sistemas de propulsión espacial y muchas de las ponencias presentadas, disponibles en nuestra web, incluyen modelos desarrollados con este software mostrando su uso real en proyectos actuales en marcha tales como Exomars, Ariane, MPS Constellation, etc.

La ESA organizó el último día de la feria el tercer workshop de usuarios de EcosimPro/ESPSS al que asistieron muchos representantes de la industria espacial europea. En él se presentaron trabajos realizados en la industria y se tuvo ocasión de hacer una mesa redonda para proponer nuevas mejoras en la herramienta de cara al futuro. Una nueva fase de desarrollo de ESPSS denominada Multiphase Flow Modeling, sobre la que se proporciona también información posteriormente y que estará también liderada por EA.

2. PROOSIS EN LA FERIA ASME TURBO

EA acudió a la feria ASME TURBO EXPO en Junio, en Alemania, para presentar la última versión de su producto PROOSIS para el modelado y simulación de turbinas de gas aeronáuticas, usado por importantes empresas como Airbus, Snecma, Turbomeca, etc.

PROOSIS es una herramienta de modelado y simulación matemática que ofrece soluciones flexibles y fiables en la simulación de turbinas de gas y otros sistemas aeronáuticos (sistema de control ambiental de cabina, sistema eléctrico, sistema de combustible, etc.). Se trata de una herramienta multidisciplinar que permite el trabajo en equipo entre las diversas empresas implicadas en el proyecto de diseño y desarrollo de un nuevo motor.

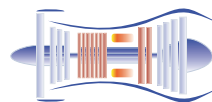
La última versión incluye nuevas capacidades tales como utilidades para el diseño y optimización de nuevas configuraciones de motor, nuevos algoritmos de resolución de sistemas de ecuaciones para tiempo real y exportación de modelos a tarjetas hardware como caja negra, etc.

Durante la feria se presentaron diversas ponencias, que pueden verse en nuestra web, y se ofrecieron demostraciones de PROOSIS a ingenieros de reconocidas empresas del sector como General Electric, Pratt-Whitney, Rolls-Royce, Boeing, Airbus, etc. que pudieron comprobar cómo el producto puede ayudar en el diseño de nuevos motores y a reducir los tiempos de desarrollo de los mismos.

Actualmente PROOSIS está siendo usado, para el modelado de los nuevos motores open-rotor, actualmente en fase de diseño y pruebas por parte de la industria aeronáutica europea. También PROOSIS está siendo usado para el modelado de los motores espaciales Vinci y Vulcain.



Feria ASME TURBO



Modelling and Simulation Software

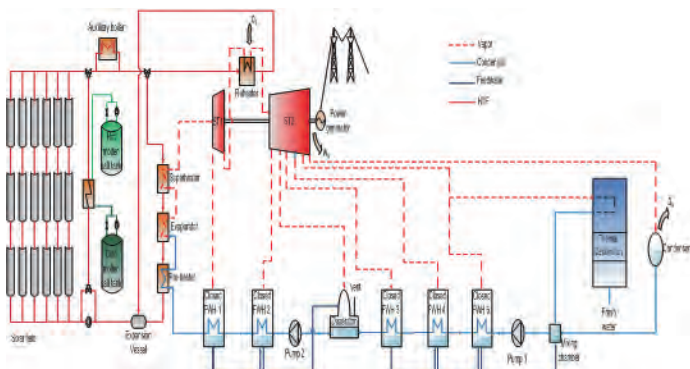
EcosimPro/PROOSIS · Boletín de noticias Nº 10 · Noviembre 2014

3. COLABORACIÓN CON CIEMAT/PLATAFORMA SOLAR DE ALMERÍA

Se ha puesto en marcha la colaboración de EA con Ciemat/Plataforma Solar de Almería, centros reputados en investigación de energía termosolar y desalación térmica, para el desarrollo conjunto de la simulación de aplicaciones de Plantas Termo-solares de Torre y Espejos con Almacenamiento Térmico mediante sales fundidas, y de Sistemas de Desalación Térmica (en este caso, utilizando preferentemente energía solar como energía térmica).

La simulación detallada de plantas eléctricas termo-solares con sistema de receptor central-torre (o para calor de proceso), incluirá el campo de helióstatos, el receptor, el almacenamiento térmico, el bloque de potencia y las pérdidas parásitas.

En la simulación para la desalación térmica, se incluirán las tecnologías de Destilación Multiefecto (MED) y Destilación Súbita Multietapa (MSF) en sus diferentes configuraciones, alimentadas por energía solar en modo "stand-alone" e integradas en plantas CSP (Concentrated Solar Power) con la tecnología de cilindro-parabólicos o Fresnel lineal (modo CSP+D). Además, se implementarán modelos de plantas MED con compresión térmica de vapor (MED-TVC).



Desalación Térmica integrada con Planta Termosolar

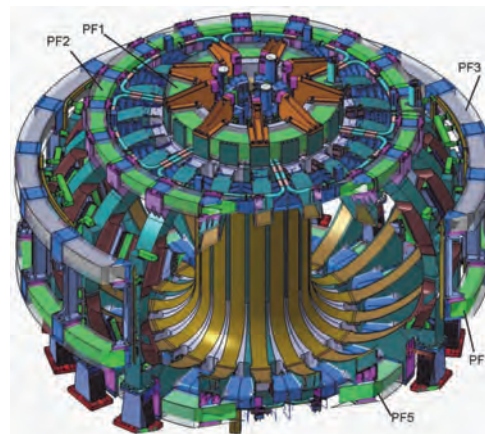
4. SIMULACIÓN DE LOS CIRCUITOS DE REFRIGERACIÓN DE LOS IMANES SUPERCONDUCTORES DE ITER

ANA VELEIRO, ECOSIMPRO/PROOSIS

EcosimPro y CRYOLIB están siendo usados para desarrollar un modelo dinámico del sistema de criogenia para refrigerar el sistema de cables superconductores usados en el Tokamak de ITER.

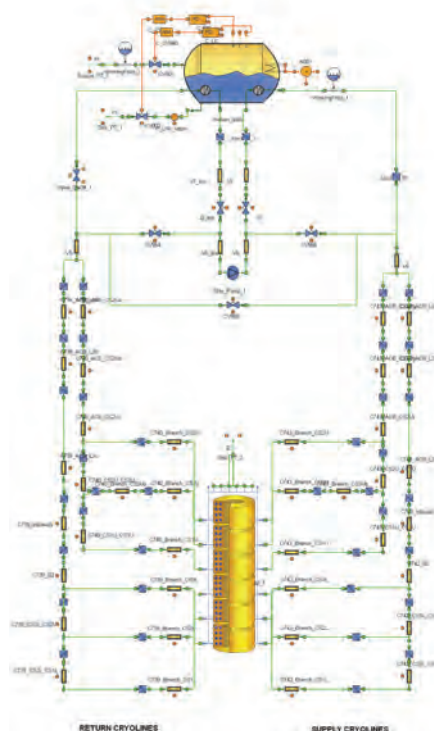
La crioplanta de ITER, que será el sistema criogénico más grande en el mundo con una potencia global de frío de 64 kW, es responsable de la operación del sistema de imanes del Tokamak, que incluye el Solenoide Central (CS), 18 imanes toroidales (TF), la estructura

toroidal (ST), 6 imanes poloidales (PF) y un set de cables de corrección (CC) que confinan magnéticamente, dan forma y controlan el plasma que se encuentra en el interior de la vasija.

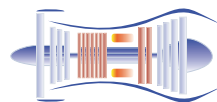


Sistema de imanes de ITER

El modelo actual de la crioplanta, formado por 3 refrigeradores de helio a 4.5K, no incluye todavía el sistema de imanes, que es necesario tener en cuenta para simular la operación del sistema completo y asegurar de esta forma que los imanes se mantengan a una temperatura adecuada para una operación estable.



Modelo de solenoide central



El sistema de imanes está formado por 4 subsistemas: CS, TF, TF_ST y PF/CC. Cada uno de ellos incluye una coldbox auxiliar dedicada que suministra el refrigerante a los distintos módulos, una bomba de circulación, dos intercambiadores sumergidos en un baño de LHe, líneas de distribución criogénicas, alimentadores y válvulas de control para la regulación del flujo en el circuito, así como los circuitos de refrigeración de los cables superconductores (Cable-in-Conduit Conductors, CICC). Los modelos deben reproducir la dinámica de los imanes tomando como entrada las condiciones del helio suministrado por la crioplanta y un escenario con una carga térmica determinada. Se deben considerar dos aspectos:

- El modelo debe proporcionar información sobre la temperatura del conductor en toda su longitud para asegurar un margen suficiente respecto a la temperatura crítica de operación.
- Calcular la energía retirada del sistema de imanes para determinar la carga que supone para la crioplanta y ajustarla de forma que se mantenga constante la temperatura del helio suministrado a pesar de tener una fuerte carga pulsada.

La simulación de este tipo de sistemas supone un reto importante dado el gran tamaño de los modelos generados y su complejidad. Solamente el solenoide central contiene 240 circuitos de refrigeración en paralelo, discretizado cada uno de ellos en la dirección del flujo para representar con el suficiente grado de detalle la distribución de carga y las temperaturas alcanzadas a lo largo del conductor. Para satisfacer las necesidades computacionales de este tipo de modelos se ha desarrollado en paralelo una nueva versión de EcosimPro para arquitecturas de 64 bits. La nueva versión, que saldrá a la luz en Diciembre, permite sacar el máximo partido a los recursos hardware disponibles y gestionar la cantidad de información generada por modelos de gran tamaño.

El modelo de EcosimPro permitirá a los ingenieros de control analizar y optimizar el control de la crioplanta en diferentes modos de operación:

- Enfriamiento inicial del sistema
- Reenfriamiento tras descarga del sistema
- Calentamiento
- Diferentes escenarios de referencia en operación

Además permitirá la investigación en técnicas de mitigación de carga para cada uno de los sistemas en operación.

5. SIMULACIÓN DE PLANTA DESALADORA

RAÚL AVEZUELA, JOSÉ MORAL Y JENIFER SERNA, ECOSIMPRO/PROOSIS

Se ha utilizado EcosimPro y la librería PIPELIQTRAN para modelar una gran planta de desalación por ósmosis inversa de 16 000 m³/h. Se trata de simular las secuencias de arranque y parada para garantizar la estabilidad de la planta.

La planta es hidráulicamente muy compleja debido a varios factores. Por una parte el fuerte acoplamiento hidráulico entre los diversos subsistemas al no existir tanques de la capacidad necesaria entre los mismos, lo que hace que el arranque/parada y/o perturbaciones en un subsistema se transmitan al resto pudiendo afectar la estabilidad global de la planta. Por otra la existencia de múltiples líneas trabajando en paralelo en las que igualmente el arranque/parada de una de ellas afecta a la estabilidad del resto.

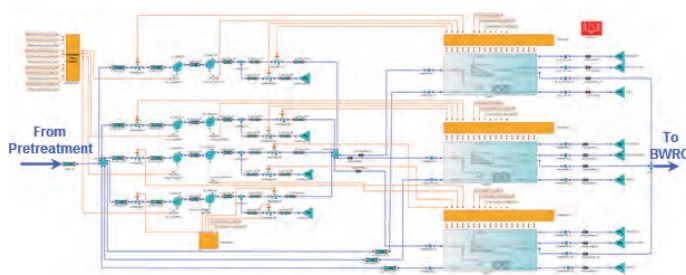
La planta de desalación modelada cuenta con los siguientes subsistemas: Intake (toma y bombeo de agua de mar desde varios km de la planta), Bombeo y LPP+DF+UF (pretratamiento del agua en la planta), SWRO/RO First Stage (primer paso de ósmosis inversa que cuenta con 2 salidas de permeado: Front y Rear permeate) y BWRO/RO Second Stage (segunda etapa de ósmosis inversa).



Subsistemas de la planta de desalación

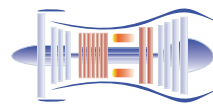
El modelo en EcosimPro cuenta con el modelado hidráulico del sistema para ajustar parámetros de diseño y control, así como identificar posibles problemas de operación y prueba de soluciones propuestas. Por esta razón, el modelo se centra en el estudio de los sistemas de bombeo y acumulación, incluyendo las membranas y sistemas de recuperación de energía para asegurar la obtención del producto de la calidad deseada, no incluyéndose las adiciones de productos químicos asociadas al proceso de desalación por carecer de interés en el estudio.

Se incluye a continuación el esquemático de la primera etapa de desalación, extraída del modelo global donde se encuentran todas las etapas conectadas para poder estudiar su acoplamiento hidráulico.



Esquemático de la etapa 1 de ósmosis inversa, SWRO

El arranque y parada de cada una de esas líneas se analiza para estudiar la validez de los parámetros de diseño establecidos, así como para establecer parámetros de operación tales como los retrasos en el arranque de las diferentes etapas o los parámetros que definen los diferentes lazos de control. Se presta, por tanto, especial atención a evitar la cavitación de las bombas y mantenerlas por debajo del caudal de run-out. Con este fin, se trata de evitar el vaciado de los



Modelling and Simulation Software

EcosimPro/PROOSIS · Boletín de noticias Nº 10 · Noviembre 2014

tanques así como minimizar las pérdidas por rebose en los mismos.

De este estudio, además de extraerse los parámetros deseados, se obtienen algunas conclusiones de interés a tener en cuenta en la operación de la planta, tales como:

- El arranque y parada de nuevas líneas de ósmosis inversa puede producir reducción de la presión del resto de líneas paralelas, afectando al flujo de permeado obtenido durante el transitorio que tiene lugar hasta que se restablece la operación normal.
- En ocasiones, los límites de operación de las bombas establecidos en el diseño, no aseguran su operación en su rango óptimo, por lo que se sugieren nuevos límites extraídos del análisis de resultados.

Esta información permitirá un arranque de la planta en pruebas adecuado a los equipos con los que se trabaja, así como contar con unos parámetros que evitarán problemas durante la operación de la planta desaladora.

6. NUEVA VERSIÓN 3.0.5 DE ESPSS

JAVIER VILÁ, ECOSIMPRO/PROOSIS

Se han añadido ficheros de propiedades para nuevos fluidos y se han optimizado algunos de los existentes, ampliando los rangos de validez y proporcionando mejores resultados. Además, la librería de interpolación para estos ficheros ha sido actualizada.

El componente Ramjet se ha validado en distintas condiciones de funcionamiento: flujo de Fanno, adición de calor y adición de masa. Los resultados obtenidos en ESPSS se han comparado con las soluciones analíticas correspondientes, demostrándose un muy buen ajuste del modelo implementado.

Se han incorporado nuevos componentes a las librerías, como son un starter independiente para motores, un volumen fluido que incorpora la pared o un tanque con la posibilidad de recibir productos de combustión.

Se ha continuado con la mejora de las cámaras de combustión para propulsores sólidos e híbridos, incluyendo nuevos parámetros para definir la geometría o el consumo de combustible en la dirección del eje entre otras opciones.

También se han añadido y documentado extensamente nuevos casos típicos de aplicación de las librerías, con el propósito de facilitar a los usuarios la tarea de comprender el funcionamiento de ESPSS y construir sus propios modelos. Estos ejemplos abarcan distintas aplicaciones habituales de la herramienta: un caso de diseño de un motor cohete con la librería STEADY, un caso transitorio para el mismo motor y un caso de priming de una red de tuberías. Todos ellos pueden servir como plantillas para crear sistemas

personalizados más complejos.

Conjuntamente con estas novedades se ha seguido con el proceso de mejora continua y corrección de errores en todos los componentes, gracias al feedback recibido de los usuarios.

7. PROYECTO DE MODELADO DE FLUJO MULTIFASE

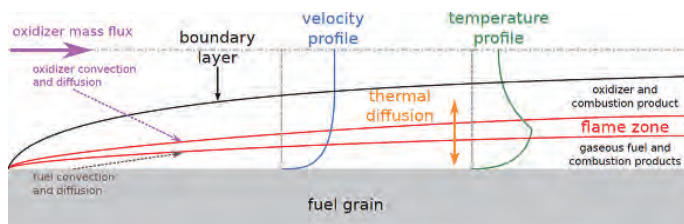
JOSÉ MORAL, ECOSIMPRO/PROOSIS

Las librerías ESPSS (European Space Propulsion System Simulation), desarrolladas y validadas para la ESA por EA en colaboración con la industria y las universidades y centros de I+D europeos, constituyen un software compartido y estándar para la realización de análisis y simulaciones de sistemas propulsivos espaciales, incluyendo propulsión química y eléctrica, equipamiento de soporte en tierra y operaciones y test de certificación en tierra.

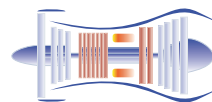
Con el objetivo de mejorar y extender las capacidades de las librerías ESPSS, ESA ha lanzado recientemente el proyecto "Multiphase Flow Modeling", el cual será liderado por Empresarios Agrupados en colaboración con ONERA, el Instituto Von Karman (VKI), la Universidad La Sapienza de Roma y KopooS como subcontratistas. Este proyecto busca cuatro grandes metas: desarrollar las simulaciones de motores de propulsión sólida e híbrida, acoplar los sistemas propulsivos con la dinámica del vehículo espacial, implementar nuevos métodos de discretización y extender la formulación física para flujo bifásico multicomponente.

Simulación de Nuevos Sistemas de Propulsión Avanzados

La propulsión química híbrida está siendo actualmente evaluada como una alternativa en satélites para transferencias GEO. Esta propulsión está en línea con los objetivos CleanSpace (uso de propulsores verdes) y su diseño es más simple comparado con los sistemas bipropulsores líquidos, permitiendo además re-ignición y regulación dentro de un amplio rango operacional y garantizando menores tiempos de transferencia y costes de operación en comparación con la propulsión solamente eléctrica.



Física de la propulsión híbrida con combustible polimérico



El desarrollo de estas tecnologías requiere herramientas de simulación rápidas y precisas. En este contexto, el desarrollo de estas capacidades recientemente implementadas en ESPSS surge como una actividad importante. Las tareas fundamentales consistirán en la extensión de la base de datos de propiedades de propulsores y el desarrollo de correlaciones analíticas para la simulación de la transferencia de calor y masa entre el grano y el fluido así como la regresión del grano, diferenciando entre combustibles poliméricos clásicos (basados en HTPB) o liquificantes (basados en parafina).

Simulación conjunta del sistema de propulsión y la dinámica del vehículo

Para poder evaluar las actuaciones del sistema de propulsión en diferentes condiciones de operación a lo largo de la misión o en modos de fallo es necesario su acoplamiento al movimiento del vehículo completo.

Un primer prototipo de la librería SATELLITE para la simulación conjunta del sistema de propulsión, y de la trayectoria y actitud del vehículo, ha sido desarrollado mostrando las capacidades de la herramienta en este tipo de simulaciones. Dentro de este paquete de trabajo se propone extender y validar esta versión de la librería para permitir diferentes escenarios (ascenso, re-entrada, órbita terrestre o solar, etc.) y diferentes niveles de precisión de perturbaciones, desde órbitas Keplerianas hasta órbitas de propagación de precisión media, permitiendo al usuario de ESPSS una rápida evaluación del sistema de propulsión modelado unido al movimiento del vehículo.

Esquemas Numéricos Avanzados para Mejora de la Robustez

La formulación actual de las librerías ESPSS contiene dos métodos distintos para la discretización 1D de las ecuaciones: un esquema centrado y un esquema de Roe. El esquema de Roe es considerado como una de las técnicas más precisas disponibles hoy en día (menos disipativo que el esquema centrado) y preferido en algunas aplicaciones a pesar del importante incremento en el coste computacional. Sin embargo, su extensión con nuevos efectos físicos implicaría un profundo cambio de su estructura, lo cual supone un importante inconveniente dada la concepción flexible de las librerías ESPSS para incorporar nuevas capacidades. Este proyecto pretende explorar diferentes soluciones para este inconveniente, siendo los esquemas AUSM una alternativa prometedora.

Extensión de la formulación física bifásica

La formulación usada hasta ahora en las librerías ESPSS está basada en la hipótesis de equilibrio homogéneo, en la que el líquido, vapor y gas no condensable coexisten a la misma temperatura y presión en cada nodo. Recientemente ha sido propuesta una nueva formulación, en la cual se consideran diferentes temperaturas para cada fase del

fluido. En el presente proyecto se persigue la incorporación de esta nueva formulación a ESPSS teniendo en cuenta los diferentes regímenes de flujo (flujo anular, de burbujas, slug, etc.), así como su validación a través de casos test.

8. NUEVA VERSIÓN DE LA LIBRERÍA TURBO

ALEX ALEXIOU, UNIVERSIDAD NACIONAL DE ATENAS (NTUA)

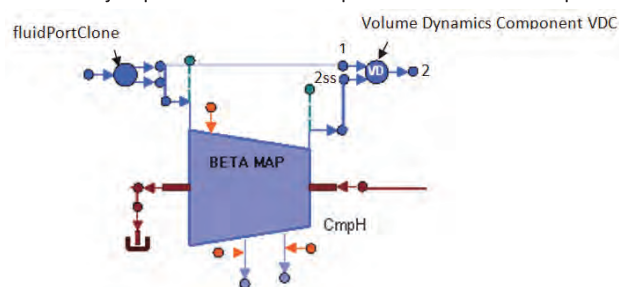
La nueva TURBO 4.0 mejora la precisión de los cálculos transitorios y facilita más aún los cálculos multidisciplinarios en PROOSIS. Asimismo se han incluido una serie de cambios menores para corregir errores y mejorar el modelado y manipulación de componentes.

Capacidades de simulación transitoria

El cálculo preciso de fenómenos transitorios de la turbina de gas es importante para la operación estable, el diseño del control y la diagnosis de fallos. Los modelos de simulación transitoria deben tener en cuenta una serie de fenómenos tales como la dinámica de los ejes (inercias mecánicas) y de los volúmenes, la transmisión de calor, efectos de 'Tip Clearance', y retrasos en el sistema de control (sensores, actuadores, válvulas).

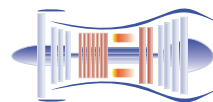
La anterior versión de TURBO tenía en cuenta las inercias mecánicas, mientras que los efectos de transmisión de calor sólo se consideraban en los conductos y componentes de la turbomaquinaria a través del componente **Casing**. Estos flujos térmicos no eran considerados en álabes y discos, algo imprescindible para el cálculo del 'Tip Clearance'.

Para simular el efecto de acumulación de masa, se dispone ahora en la librería de un componente dedicado (**VDC**), con un switch que permite al usuario activar o desactivar este cálculo. Dentro del componente **VDC** se emplean las ecuaciones de continuidad, momento y energía en su forma integral para relacionar el caudal a la entrada y a la salida de cada componente del motor. A continuación se muestra un ejemplo de su utilización para el caso de un compresor.



Simulación de Acumulación de Masa en el componente Compresor

Con vistas a obtener las temperaturas del metal de la carcasa, disco y álabes, se ha eliminado el puerto de 'heat' en los componentes del compresor, fan y turbina de la librería TURBO, trasladando los cálculos de transferencia de calor al interior de estos componentes.



Modelling and Simulation Software

EcosimPro/PROOSIS · Boletín de noticias Nº 10 · Noviembre 2014

La misma aproximación (eliminación del puerto 'heat') se hace para el componente **Duct**, haciendo este puerto redundante. Igualmente estos efectos de calentamiento se incluyen también en el componente **Burner**.

Los cálculos de las holguras en punta de álabes (Tip Clearance) se definen ahora en los componentes de compresor y turbina. Los escalares de corrección para la eficiencia isentrópica y gastos máxicos, debidos a cambios en estas holguras, se basan en los valores de cambio de las holguras y los parámetros de efectividad proporcionados por el usuario.

The image shows two side-by-side screenshots of the software's data tables. The left table is titled 'Tablas de Transmisión de Calor y Tip Clearance en el Editor del Compresor'. It contains columns for 'Component', 'Variable', 'Value', and 'Description'. The right table is a continuation of this data, showing various parameters related to heat transfer and tip clearance for different components.

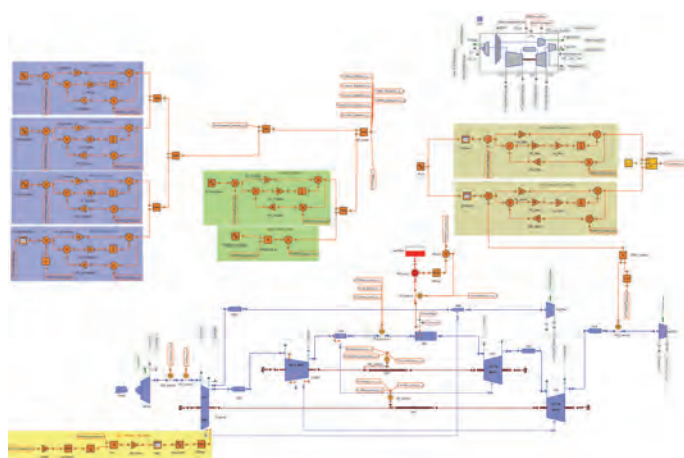
Tablas de Transmisión de Calor y Tip Clearance en el Editor del Compresor

Control

El sistema de control recibe las señales de los sensores de presión, temperatura, velocidad rotacional y caudal de combustible del motor. La versión anterior incluía el componente **Probe** que no consideraba la dinámica de los sensores y no era compatible con la librería de CONTROL, pues ambas utilizaban puertos diferentes. Por estas razones y para mantener la compatibilidad con versiones anteriores, se ha desarrollado un nuevo conjunto de componentes para la simulación de los sensores de temperatura total (**sensorTt**), presión total (**sensorPt**), presión estática (**sensorPs**), velocidad rotacional (**sensorN**) y caudal de combustible (**sensorWf**). Estos componentes usan el puerto de señal analógica de la librería PORTS_LIB para comunicarse con el sistema de control, mientras que la dinámica de los sensores se tiene en cuenta implementando retrasos de primer orden. Adicionalmente se han creado dos componentes básicos para representar una bomba de combustible (**fuelPump**) y un tanque de combustible (**fuelTank**).

Se han modificado los componentes de geometría variable para aceptar las señales de entrada de control. Para modelar la operación con sangrado variable en compresor y conductos, se han incluido dos opciones en el switch de sangrado pertinente y se han añadido puertos de entrada analógicos. Para el caso del compresor con estator de alabes móviles se ha añadido un puerto de entrada analógico. Por último, se ha modificado la formulación para incluir una opción donde se tienen en cuenta los cambios de geometría conforme a la señal de control.

Con la inclusión de sensores y componentes de geometría variable, el modelo transitorio puede combinarse con un sistema de control generado exclusivamente a partir de componentes de la librería CONTROL, tal como se muestra en la siguiente figura.

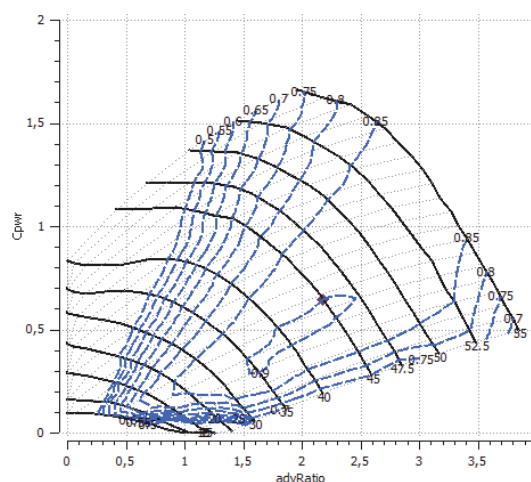


Modelo de motor Turbofan con su sistema de control

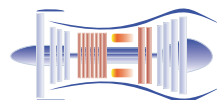
Otros cambios

Para homogeneizar las librerías de PROOSIS, las variables en la librería TURBO usan las unidades de la librería MATH 3.2.1. Con el mismo objetivo, un componente-interfaz entre el puerto mecánico de la librería TURBO y el de la PORTS_LIB está disponible para permitir la conexión de ambas librerías. La directiva RANGE es usada ahora cuando se declara las variables de presión, temperatura, densidad y eficiencia.

Se ha implementado un nuevo componente hélice que implementa un mapa de coeficientes de potencia, rendimiento y relación de avance para los diversos ángulos de ataque de las palas y la coordenada auxiliar BETA. Este mapa es gráficamente visualizable en el Monitor. El nuevo procedimiento de preproceso MFT hace más sencillo el manejo de mapas en el Monitor. Como consecuencia de todos los cambios previamente descritos, el componente **Casing** y los puertos Heat, Sensor y BnSensor serán eliminados en futuras versiones de la librería.



Plot del mapa de la Hélice



Finalmente se ha actualizado el Manual de Referencia de la librería TURBO para reflejar estas nuevas capacidades, mejoras y correcciones. A su vez se incluye una librería con todos los ejemplos presentados en el manual (TURBO_REF).

9. ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS MEDIANTE ELECTRIC SYSTEMS LIBRARY Y ECOSIMPRO/PROOSIS

VÍCTOR PORDOMINGO, ECOSIMPRO/PROOSIS

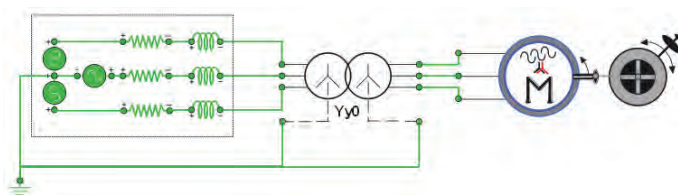
El problema de la estimación de parámetros o identificación puede ser abordado y resuelto eficientemente mediante las nuevas capacidades de la toolbox de optimización de EcosimPro/Proosis. Así, los componentes disponibles en la librería ELECTRIC SYSTEMS permiten al usuario estimar los parámetros de sus modelos eléctricos de simulación para ajustar lo mejor posible su respuesta al comportamiento real.

Generalmente, la información que el fabricante facilita sobre un determinado componente/equipo no proporciona toda la información necesaria para el modelo de simulación. Los modelos eléctricos de simulación, están basados en su práctica totalidad en circuitos equivalentes, cuyos parámetros no son fácilmente medibles o son información protegida. Por el contrario, la información disponible suele reducirse a curvas características del comportamiento del componente o equipo, tales como curvas de rendimiento en un transformador o características par/deslizamiento en motores de inducción.

La utilización conjunta de la librería ELECTRIC SYSTEMS y el estimador de parámetros integrado en EcosimPro/Proosis permite estimar los parámetros del circuito equivalente a partir de las curvas proporcionadas por el fabricante de forma sencilla e intuitiva. Mediante asistentes tipo wizard, el usuario sólo tendrá que generar un experimento de estimación de parámetros sobre la partición correspondiente del modelo, que permite establecer los criterios de la estimación.

Una vez generado el experimento de estimación, la simulación del mismo buscará automáticamente los valores de los parámetros que generan un comportamiento del modelo lo más cercano posible al descrito por las curvas disponibles. En el monitor se representarán los resultados del modelo para dichos valores así como una reproducción de las curvas generadas superpuestas a las de referencia.

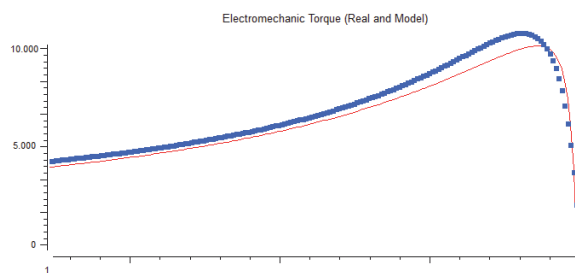
En el siguiente ejemplo se han empleado los modelos de motor de inducción y transformador incluidos en la librería ELECTRIC SYSTEMS para desarrollar un proceso completo de simulación y estimación de parámetros de un sistema real. El modelo consta de las siguientes partes:



Modelo de un Sistema Eléctrico de Bombeo

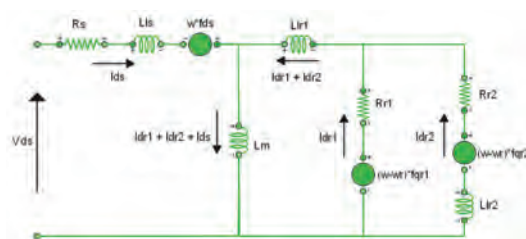
- Fuente de alimentación con impedancia de salida para modelar la potencia limitada del sistema (1906 MVA, 17 KV).
- Estación transformadora reductora trifásica estrella-estrella (17 KV/6.6 KV).
- Motor de inducción de doble jaula (2500 KW).
- Carga mecánica asociada al sistema de bombeo.

Se dispone de la curva característica par/deslizamiento del motor, y se crea un experimento de estimación de parámetros sobre su modelo con el objetivo de definir las resistencias e inductancias del circuito equivalente del modelo eléctrico del motor de inducción, obteniéndose la siguiente aproximación para la correspondiente combinación de parámetros.



Característica Par/Deslizamiento del motor (real y estimación)

El motor de inducción empleado es de doble jaula, con conexión en estrella. Este tipo de motores pueden ser de tipo 1 o de tipo 2 según el tipo de jaula. El motor empleado en la simulación corresponde al segundo grupo, y su modelo se basa en un análisis en coordenadas dq de acuerdo al siguiente circuito equivalente:

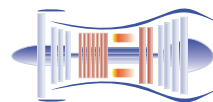


Circuito equivalente del motor en el eje d (Similar para el eje q)

Los parámetros a estimar vienen por tanto determinados por dichos circuitos, siendo los valores obtenidos:

R_s	L_{ls}	L_m	R_{r1}	L_{lr1}	R_{r2}	L_{lr2}
0.112 Ω	0.007 H	0.179 H	0.272 Ω	0.002 H	0.112 Ω	0.002 H

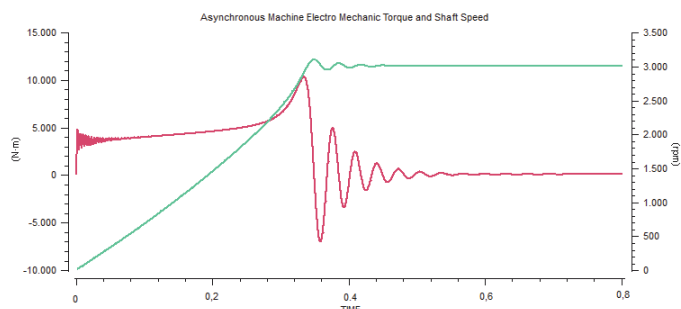
La experiencia del modelador supone un importante factor en la



Modelling and Simulation Software

EcosimPro/PROOSIS · Boletín de noticias Nº 10 · Noviembre 2014

configuración del estimador, permitiendo dirigir los cálculos hacia los valores más apropiados en cada caso. Conocidos los parámetros de configuración del modelo del motor de inducción, se simula el sistema de la figura configurado con dichos valores para contrastar los resultados con las medidas reales disponibles sobre tiempos de arranque para la velocidad en el eje y el par desarrollado, obteniéndose los resultados esperados:



Velocidad en el eje y par de arranque para los parámetros estimados

De igual modo que se ha mostrado para la librería ELECTRIC SYSTEMS, los resultados obtenidos pueden extrapolarse a otros campos de aplicaciones y permiten afirmar que el estimador de parámetros supone una importante ampliación de capacidad en cualquier librería sin necesidad de crear nuevos modelos específicamente desarrollados para procesos de estimación. A partir de curvas de referencia, el usuario podrá fácilmente encontrar los valores de los parámetros del sistema que mejor ajustan los resultados a las muestras disponibles.

10. HARDWARE IN THE LOOP (HIL)

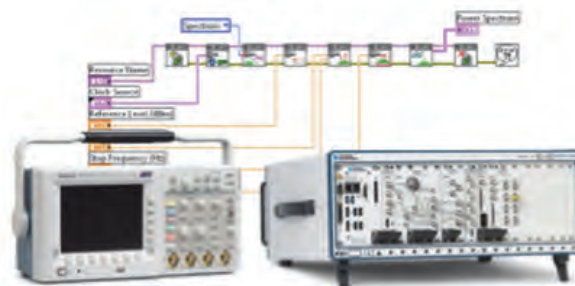
FERNANDO CARBONERO, ECOSIMPRO/PROOSIS

El Hardware In the Loop

El concepto de Hardware In the Loop (en adelante HIL), consiste en la inclusión de dispositivos físicos (hardware) en el proceso de la simulación. Un ejemplo típico sería la simulación de una planta mediante software que sería controlada por un controlador físico real, es decir, el mismo que realizaría este cometido en la planta real. De esta forma se podría, por ejemplo, validar un sistema de control sin poner en riesgo la planta o la vida de operarios.

Este concepto puede o no ir asociado al concepto de Tiempo Real (RT por sus siglas en inglés). Podemos pensar en multitud de procesos en los que la pérdida momentánea del control no tendría una repercusión en el resultado. Así el control de la temperatura en un alto horno tiene una constante de tiempo tal alta, que la paralización del control durante unos segundos sería despreciable. Sin embargo, este mismo tiempo durante el despegue de un avión podría generar una catástrofe.

Además, en el caso del alto horno, probablemente queramos acelerar la velocidad de la simulación respecto a la real, ya que en unos minutos podríamos estudiar el comportamiento de varias horas de proceso, y no tendría mucho sentido tener que esperar esas horas para realizar diversas pruebas en el controlador.



Dispositivos de Tiempo Real de National Instruments

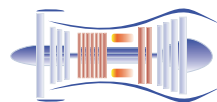
Un modelo de EcosimPro/PROOSIS en Simulink

En la nueva versión de PROOSIS 3.4.14, y próximamente en EcosimPro, se ha implementado una S-Function de Simulink que permite conectarse a un modelo de PROOSIS. Esta funcionalidad se suma a las conexiones a MATLAB ya existentes en el programa, aunque con características especiales.

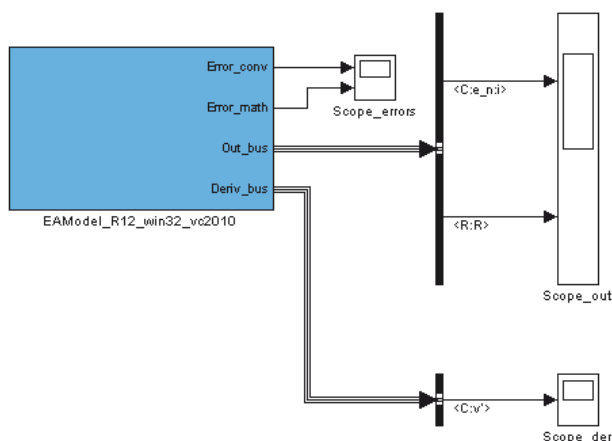
Uno de los objetivos es poder utilizar el modelo PROOSIS totalmente independiente de éste. Para ello, se parte de un modelo encapsulado en un DECK. Esto, en sí mismo, ofrece una serie de ventajas:

- Todos los archivos necesarios para la ejecución del modelo quedan agrupados en el DECK.
- Los archivos de entrada del modelo son encriptados, por lo que también se preserva su seguridad. Además, pueden ser empaquetados dentro del modelo compilado facilitando su exportación a entornos de Real Time donde no se permiten lecturas de ficheros.
- Al seleccionar las variables de entrada y de salida, éstas serán las únicas visibles en la S-Function, por lo que al usuario de MATLAB le llega un modelo simple.
- Las variables que no han sido declaradas como entrada o salida quedan ocultas al usuario de MATLAB por lo que se puede ocultar información confidencial o sensible.

La S-Function puede realizar los cálculos trabajando de forma continua o discreta, y esta última sería la utilizada en Tiempo Real. La comunicación se establece cada vez que el integrador tiene que evaluar la función de residuos. Esto es importante cuando se utilizan integradores de paso variable o multipasos (como el RK4) aumentando la precisión de los resultados.



Todo el proceso de preparación de la S-Function se realiza de una forma cómoda y fácil a través de diálogos. El resultado final incluye un esquema básico de Simulink con el que poder empezar a trabajar de forma inmediata o que facilite la labor del modelador de MATLAB.



Bloque S-Function de PROOSIS en Simulink

Dispositivos de Tiempo Real de National Instruments

Un modelo en Tiempo Real necesita ser ejecutado dentro de un hardware específico. Este hardware estará preparado para asegurar la correcta conexión y sincronización del modelo con la planta real, si la hubiera, vigilando que todos los tiempos máximos se cumplen (el modelo podría ser demasiado pesado en tiempo de proceso para ser ejecutado en el hardware por lo que sería inválido desde el punto de vista del Tiempo Real).

En el mercado existe una gran cantidad de opciones de dispositivos de Tiempo Real. Cada uno tiene sus propios requisitos desde el punto de vista de la programación de los modelos. La primera plataforma para la que se ha adaptado el kernel matemático del modelo de PROOSIS ha sido la de National Instruments. Específicamente, esta implementación funcionaría para aquellos dispositivos que trabajen con el sistema operativo Phar Lap.

Gracias a la aplicación VeriStand de National Instruments, se puede hacer una validación previa del modelo en un entorno completamente software antes de pasar el modelo PROOSIS al dispositivo físico.

En el futuro, ser irán incluyendo otras plataformas.

Conclusión

Se ha creado una nueva funcionalidad para la integración de un modelo PROOSIS como parte de un modelo de Simulink a través de una nueva S-Function con la que se consigue una mayor integración y fiabilidad de los datos que con las conexiones anteriores.

La S-Function se ha diseñado para facilitar el uso del modelo

Simulink resultante en un entorno de Tiempo Real.

Actualmente es posible llevar modelos de PROOSIS a dispositivos de Tiempo Real de National Instruments con sistema operativo Phar Lap.

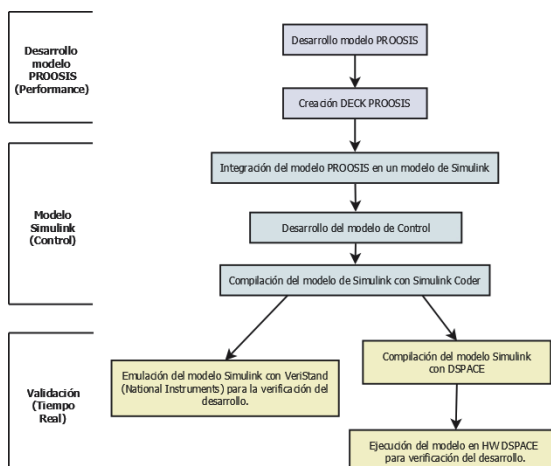


Diagrama de desarrollo para modelo en Real Time

11. ARQUITECTURAS DE 64 BITS EN ECOSIMPRO Y PROOSIS

BERNARDO DE BLAS, ECOSIMPRO/PROOSIS

Las próximas versiones de EcosimPro y PROOSIS que se publican a final de este año han sido desarrolladas por primera vez para tecnología de 64 bits. Esta evolución afecta tanto al programa principal como a las diferentes plataformas de simulación.

Desde el punto de vista práctico el usuario podrá instalar el programa en 32 o 64 bits, y además elegir entre un conjunto de plataformas de simulación que añaden a las actuales otras nuevas que incorporan soporte de 64 bits para usuarios de compiladores Visual Studio 2010 y 2013.

La justificación para pasar a 64 bits se fundamenta en el objetivo de poder crear modelos de simulación de mayor dimensión que antes estaban en el límite de lo que era posible tratar. En las nuevas arquitecturas de 64 bits las direcciones de memoria y registros se amplían de 32 a 64 bits. Esto permite que a nivel de programación se pueda utilizar más memoria para los programas, siendo la capacidad de direccionamiento en memoria con 64 bits significativamente mayor que en 32 bits.

Otra mejora de esta arquitectura es la nueva gestión de enteros de 64 bits que permite que ciertas operaciones puedan ser también más rápidas. En lo que se refiere a la gestión por el sistema operativo, los programas creados para 64 bits prescinden de la capa de compatibilidad de la que hacen uso los programas de 32 bits, por lo que el uso de recursos del sistema operativo se hace de forma más eficaz.

EA Internacional S.A.
Magallanes, 3 Madrid
28015 Spain
E-mail: info@ecosimpro.com
URL: <http://www.ecosimpro.com>
Phone: +34 91 309 81 42
Fax: +34 91 591 26 55

