

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

Profesor Patrocinante:
Dr. Emilio Dufeu Delarze

Simulación mecatrónica integrada de un segmento de espejo del Telescopio Europeo Extremadamente Grande

Leonardo Alfredo Gamonal Rozas

Informe de Memoria de Título
para optar al título de:

Ingeniero Civil Aeroespacial



Diciembre de 2012

Resumen

Una simulación mecatrónica involucra una combinación sinérgica entre la dinámica de estructuras, sistemas de control, ingeniería informática y sistemas electrónicos. En la actualidad, la interacción entre ellos se realiza de forma débil y en el caso de realizarse de forma fuerte, se debe recurrir a modelos muy simplificados de la realidad, lo que restringe la validez de los resultados.

El objetivo del presente trabajo es mostrar que es posible realizar simulaciones mecatrónicas integradas de un problema complejo, como es el presente caso del segmento de espejo del Telescopio Europeo Extremadamente Grande. Para ello, se define un caso de estudio que consiste en una perturbación sobre la estructura, la que debe ser contrarrestada por el sistema de control del sistema mecatrónico, de manera que el segmento recupere su posición de referencia.

Para cumplir con el objetivo se ha construido un modelo numérico del segmento de espejo, el cual debe representar fielmente los datos de referencia proporcionados por el ESO (siglas en inglés del Observatorio Europeo Austral). Utilizando una modificación del método α -generalizado, el cual se ha implementado en SAMCEF Field/OOFELIE, se ha resuelto el acoplamiento fuerte entre el sistema de control y la dinámica de la estructura del segmento, representada por el modelo numérico de éste.

Se ha obtenido un modelo del segmento que, de acuerdo a los objetivos del trabajo, representa satisfactoriamente los datos de referencia entregados por el ESO, con errores en las frecuencias naturales calculadas inferiores al 10%. En cuanto a las simulaciones mecatrónicas, éstas muestran resultados coherentes cuando el segmento es perturbado con una fuerza localizada, volviendo a la posición de referencia por acción del lazo de control establecido. Las capacidades multifísicas han permitido también simular actuadores piezoeléctricos simplificados, los que han sido satisfactoriamente controlados mediante un potencial eléctrico impuesto por un lazo interno de control.

En base a los resultados obtenidos, este trabajo ha demostrado que es posible realizar una simulación mecatrónica integrada de un problema complejo, obteniendo resultados coherentes con la realidad. Además de la mayor flexibilidad desde el punto de vista de la modelación, también se mostró una mayor eficiencia del método α -generalizado en comparación a la solución entregada por MATLAB/Simulink al usar el algoritmo ODE14x, demostrando así que es un método apropiado para este tipo de problemas.

Tabla de Contenidos

Índice de figuras	III
Índice de tablas	v
1. Introducción	1
1.1. El proyecto del E-ELT.	1
1.2. Diseño óptico	2
1.3. Objetivos	4
1.4. Resumen	5
2. Estado del arte	7
2.1. Introducción	7
2.2. Enfoques de modelación mecatrónica	8
3. Marco teórico	10
3.1. Transductores piezoeléctricos	10
3.2. Método de reducción	11
3.3. Control del segmento	15
3.4. Adaptación del método α -generalizado	17
3.4.1. Descripción de la formulación	17
3.4.2. Integración temporal	18
4. Modelo mecánico del segmento	22
4.1. Introducción	22
4.2. Modelado del segmento	22
4.2.1. Modelado de la estructura del segmento	22
4.2.2. Modelado de los actuadores de posición	25
4.2.3. Modelado de los actuadores de forma	25
4.2.4. Análisis modal	26
4.2.5. Reducción del modelo	27

4.3. Resultados de la modelación por EF	27
4.3.1. Resultados preliminares	27
4.3.2. Convergencia de la discretización espacial	28
4.3.3. Reducción del modelo	30
4.3.4. Convergencia de los modos internos	31
4.4. Observaciones finales	32
5. Simulación mecatrónica del problema	34
5.1. Introducción	34
5.2. Modelado del segmento	34
5.2.1. Modelado de la estructura del segmento	34
5.2.2. Modelado de los actuadores de posición	35
5.2.3. Modelado de los actuadores de forma	36
5.2.4. Comparación con otro algoritmo de solución	36
5.3. Resultados de las simulaciones mecatrónicas	38
5.3.1. Estudio del paso de tiempo	38
5.3.2. Control del segmento con actuadores de posición idealizados	40
5.3.3. Comparación con otro algoritmo de solución	43
5.3.4. Control de un PACT	44
5.3.5. Control acoplado del segmento y los actuadores de posición	47
5.4. Observaciones finales	49
6. Conclusiones y perspectivas	51
Referencias	53