



Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Mecánica

Profesor Patrocinante
Dr. Ing. Cristian G. Rodríguez

Análisis de vibraciones debidas a la interacción rotor estator en turbomáquinas radiales

Cristian Alfredo Junge Bascur



Informe de Tesis de Magíster
para optar al grado de

Magíster en Ciencias de la Ingeniería
con mención en Ingeniería Mecánica

Concepción, Chile

2013

Sumario

La interacción rotor estator (RSI por sus siglas en inglés), ha demostrado ser una de las principales causas de las altas vibraciones encontradas en turbomáquinas radiales, tales como turbinas para la generación hidroeléctrica y bombas centrífugas. Actualmente, el modelo utilizado para predecir y explicar el contenido frecuencial de las vibraciones debidas a la RSI es el propuesto por Rodríguez et al. (2007), que ha sido de utilidad tanto para el diseño de turbomáquinas, como para el monitoreo de condición mecánica, al permitir identificar distintas condiciones desfavorables, como la excentricidad del rodete o el efecto del corta-aguas. La presente tesis, mediante el estudio analítico y numérico de este modelo, se centra en proponer mejoras a éste, con miras al desarrollo de un sistema que permita automatizar el proceso de identificación de estos problemas.

El estudio y análisis de la formulación analítica, conduce a proponer una nueva forma de desarrollar las ecuaciones del modelo. Esta nueva forma de escribir las ecuaciones, permite obtener un método sencillo para determinar la forma de onda de la fuerza sobre los álabes, por medio de la medición de vibraciones. Se determina que esta medición conviene ser realizada en el sistema rotatorio, por cuatro motivos: se obtiene mayor cantidad de información que en sistema inercial; toda la información está contenida en una única dirección de medición; es menos susceptible a errores experimentales; y las ecuaciones que describen la magnitud de las componentes son más sencillas. Por otro lado, esta formulación, permite incluir el caso en que entre el número de álabes del rotor y del estator exista un factor en común y las ecuaciones son desarrolladas de modo vectorial, tanto en el sistema rotatorio como en el inercial. Estas ecuaciones fueron contrastadas con estudios experimentales encontrados en la literatura, obteniéndose una buena concordancia entre ambos. Además, se demuestra que, dependiendo del número de álabes del rotor y del estator, es posible identificar aquellas componentes frecuenciales que se originan únicamente si la fuerza sobre los álabes está fuertemente modulada.

El estudio numérico, se centra en el problema de la excentricidad, donde se incluyen en el modelo dos nuevos factores: interacciones rotor-estator a intervalos irregulares y la variación no sinusoidal de sus amplitudes. Este modelo modificado es contrastado con ensayos experimentales, realizados por Leaman (2012), obteniéndose resultados satisfactorios en todos los niveles de excentricidad estudiados. Esta etapa permite concluir, que el efecto de la excentricidad puede ser modelado satisfactoriamente, en el caso 7/16 para excentricidades menores a un 10%, mediante una modulación en amplitud de forma sinusoidal. Para excentricidades mayores, los efectos incluidos numéricamente toman relevancia y el modelo propuesto logra predecir correctamente la relación en amplitud de las componentes frecuenciales.