

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



NATURAL FRECUENCIES ANALYSIS OF A WIND TURBINE BLADE



RODRIGO FUENTES CÁCERES

TESIS PRESENTADA A LA ESCUELA DE
GRADUADOS DE LA UNIVERSIDAD DE
CONCEPCION, PARA OPTAR AL GRADO DE
MAGISTER EN INGENIERÍA AGRÍCOLA,
MENCIÓN MECANIZACIÓN Y ENERGÍA.

CHILLAN – CHILE

2009

NATURAL FRECUENCIES ANALYSIS OF A WIND TURBINE BLADE

Aprobado por:

Gabriel Merino Coria
Licenciado en Física, Ph. D.
Profesor Asociado

Profesor Guía

Cristian Rodríguez Godoy
Ingeniero Civil Mecánico, Doctor
Profesor Asistente



Profesor Asesor Externo

Emilio Dufeu Delarze
Ingeniero Civil Mecánico, Doctor
Profesor Asociado

Profesor Asesor Externo

Octavio Lagos Roa
Ingeniero Civil Agrícola, Ph. D.
Profesor Asistente

Director de Programa

Eduardo Holzapfel Hoces
Ingeniero Agrónomo, Ph. D.
Profesor Titular

Decano

ANALISIS DE LAS FRECUENCIAS NATURALES DE VIBRAR DE LAS ASPAS DE UNA TURBINA EOLICA

Palabras índice adicionales: Fotovoltaico, bombeo PV, bombeo de acople directo, monitoreo.

RESUMEN

En este trabajo se ha estudiado el grado de incidencia que produce la velocidad de rotación del rotor sobre las frecuencias naturales de vibrar de las aspas, en un aerogenerador de baja potencia, debido al efecto de rigidización que produce la fuerza centrífuga. El modelo bajo estudio, corresponde a una turbina de 1 kW de potencia, que consta de tres aspas de “material compuesto” de fibra de vidrio con resina epóxica y cuyo rango de velocidad de rotación, en operación, fluctúa entre 0 y 600 rpm.

La investigación ha contemplado la generación de un modelo numérico en elementos finitos de las aspas, para calcular sus frecuencias naturales de vibrar a distintas velocidades angulares de operación, previo un ensayo modal experimental para validar el modelo numérico, a velocidad de rotación cero. Para el desarrollo del modelo numérico, se utiliza el programa SAMCEF, para modelación por elementos finitos, utilizando elementos de volumen para la discretización del aspa. El ensayo de impacto realizado al aspa de la turbina, se ejecuta replicando en banco de pruebas, la condición mecánica de empotramiento del aspa montada sobre el rotor de la turbina y se utiliza un martillo de impacto “Bruel & Kjaer, Modelo 8206” y un sistema de

Adquisición de datos “PXI, National Instruments, Tarjeta 4472B” para obtener en forma experimental las frecuencias naturales de vibrar del aspa, a velocidad de rotación cero.

Investigaciones relacionadas a frecuencias naturales sobre aspas de turbinas, han considerado un modelo de viga para simular las aspas en la turbina, aunque los trabajos desarrollados se centran en turbinas de grandes potencias. Resultados presentados sobre el efecto rigidizador de las aspas en grandes turbinas, debido a la velocidad de rotación, muestran un no gran efecto rigidizador, esto significa que las frecuencias naturales no varían significativamente, en operación, con respecto a su condición de reposo.

Al utilizar el modelo de elementos finitos desarrollado en este estudio, se obtienen gráficos de las tres primeras frecuencias naturales de vibrar de las aspas, en modo flapwise, versus la velocidad de rotación del rotor de la turbina, en los cuales se aprecia el efecto de rigidizamiento de las aspas, producto de la fuerza centrífuga. Se puede apreciar que la primera frecuencia natural, en flexión “flapwise”, varía desde 4 Hz hasta 20 Hz, en un rango de velocidades desde 0 rpm hasta 600 rpm, esto es, un aumento de cinco veces el valor de la frecuencia natural del aspa en reposo, con respecto a su valor en operación a 600 rpm.

.