

# Índice

Agradecimientos _____	i
Resumen _____	iii
Abstract _____	v

## Capítulo 1: Introducción al problema y motivación del trabajo

1.1. Introducción _____	1
1.2. Vibración de los bobinados y de las cabezas de bobinas _____	1
1.3. Deterioro del bobinado estatórico debido al movimiento relativo _____	3
1.4. Problemas comunes asociados con la vibración del bobinado _____	5

## Capítulo 2: Principios físicos e introducción a la tecnología de generadores de energía eléctrica de gran potencia

2.1. Introducción _____	7
2.2. Ley de Faraday – Henry _____	7
2.3. F.e.m. inducida sobre un cuadro en rotación _____	8
2.4. Generadores de corriente alterna _____	9
2.4.1. Principios de funcionamiento _____	9
2.4.2. Principales aspectos constructivos _____	12

## Capítulo 3: El generador eléctrico de la Central Nuclear Embalse

3.1. Introducción _____	16
3.2. Descripción de las partes principales del generador de la C.N.E. _____	16
3.2.1. Carcasa del estator _____	17
3.2.2. Paquete del estator _____	18
3.2.3. Bobinado del estator _____	19
3.2.4. Árbol del rotor _____	24
3.2.5. Bobinado del rotor _____	25
3.2.6. Circuito de ventilación _____	25
3.2.7. Cojinetes y lubricación _____	26
3.2.8. Anillos colectores y escobillas _____	
3.3. Datos y características técnicas _____	26
3.4. Corriente de excitación _____	27
3.5. Funcionamiento con tensión anormal _____	28
3.6. Funcionamiento a frecuencia anormal _____	29
3.7. Funcionamiento en sobrecarga _____	29
3.8. Funcionamiento de los refrigeradores de hidrógeno _____	30
3.9. Funcionamiento sin agua desmineralizada _____	30
3.10. Vibraciones sobre el rotor del alternador en funcionamiento _____	31
3.11. Funcionamiento con cargas desequilibradas _____	32
3.12. Falta de excitación _____	32
3.13. Funcionamiento en transitorio y bajo falla _____	32

## Capítulo 4: Teoría de la vibración

4.1. Introducción	34
4.2. Teoría de vibraciones	34
4.3. Sistemas de un grado de libertad	34
4.3.1. Función respuesta a un impulso	35
4.3.2. Función respuesta en frecuencia	36
4.3.3. Función de transferencia	36
4.3.4. Aplicación de la función respuesta en frecuencia	37
4.4. Sistemas de múltiples grados de libertad	38
4.5. Sistemas torsionales	39
4.6. Descripción de señales	40
4.6.1. Descripción de señales determinísticas	40
4.6.2. Descripción de señales no determinísticas	44

## Capítulo 5: Cadena de medición

5.1. Introducción	45
5.2. Descripción de las cadenas de medición	45
5.3. Definición y características generales de los sensores	46
5.4. Acelerómetros	48
5.5. Acondicionamiento de la señal	52
5.6. Digitalización de los datos	54
5.7. Respuesta frecuencia <sup>1</sup> de la cadena de medición	56
5.8. Mediciones de vibración sobre la carcasa del generador	56
5.9. Mediciones de vibración sobre el prototipo	57

## Capítulo 6: Resultado y Análisis de las mediciones

6.1. Introducción	60
6.2. Resultados y análisis de las mediciones de vibración sobre la carcasa del generador	60
6.3. Resultados y análisis de la medición de vibración sobre el prototipo	67

## Capítulo vibración

7.1. Introducción	69
7.2. Análisis de modos normales	69
7.3. Pruebas previas al modelado del generador	70
7.3.1. Viga con un extremo empotrado	70
7.3.2. Placa circular con borde empotrado	72
7.4. Cálculo de modos y frecuencias naturales del paquete estático	74
7.5. Cálculo de modos y frecuencias naturales del prototipo de una cabeza de bobina estática	76
7.6. Cálculo de modos y frecuencias naturales de las chapas de cobre	79

## Capítulo 8: Conclusiones

**Apéndice A: Estudio de los Materiales de las Bobinas Estatóricas del Generador de la C.N.E.** \_\_\_\_\_ 84

**Apéndice B: Actividades realizadas en IMFPSA** \_\_\_\_\_ 89

**Bibliografía** \_\_\_\_\_ 94