

Índice general

Resumen de la tesis	III
Índice general	IX
Índice de figuras	XIII
Índice de tablas	XXIII
1 Introducción	1
1.1 Motivación	1
1.2 Objetivos	4
1.3 Estructura de la tesis	4
2 Estado del Arte	7
2.1 Fallos en las máquinas eléctricas rotativas de inducción	8
2.1.1 Fallos eléctricos en el estator	10
2.1.2 Fallo eléctricos en el rotor	11
2.1.3 Fallos mecánicos en el eje rotórico	13
2.1.3.1 Excentricidad	13
2.1.3.2 Cojinetes y rodamientos	15
2.1.3.3 Engranajes	17
2.1.3.4 Desequilibrios en la carga	17
2.1.3.5 Desalineación	17
2.1.4 Otros tipos de fallos	18

2.2	Magnitudes utilizadas en la detección de fallos en las máquinas eléctricas rotativas de inducción	19
2.2.1	Vibraciones	19
2.2.2	Impedancias	19
2.2.3	Flujo axial.	20
2.2.4	Par.	21
2.2.4.1	Par mecánico	21
2.2.4.2	Par electromagnético.	21
2.2.5	Potencia instantánea	22
2.2.6	Tensiones residuales a la desconexión.	23
2.2.7	La corriente estática	23
2.3	Técnicas de diagnóstico.	25
2.3.1	Régimen estacionario	25
2.3.1.1	Transformada de Fourier.	25
2.3.1.2	Análisis del módulo de la señal analítica	28
2.3.1.3	Vector extendido de Park	30
2.3.2	Régimen transitorio	32
2.3.2.1	Transformada short time Fourier transform (STFT).	33
2.3.2.2	Transformadas wavelet	34
2.3.2.2.1	Transformada discreta de Wavelet (DWT)	34
2.3.2.2.2	Transformada continua de Wavelet (CWT)	39
2.3.2.2.3	Transformada continua compleja de Wavelet (CCWT)	40
2.3.2.3	Transformada de Wigner-Ville	42
2.3.2.4	Transformada Gabor	43
2.3.2.5	Transformada Hilbert-Huang	46
2.3.2.6	Frecuencia Instantánea.	47
2.3.2.7	Otras técnicas utilizadas.	48
2.4	Conclusiones.	49
3	Ensayos	51
3.1	Señal sintética.	51
3.2	Máquina de inducción de elevada potencia	53

3.3 Ensayos realizados en el laboratorio	56
3.3.1 Elementos que componen el banco de ensayos	57
3.3.1.1 Máquinas de inducción.	59
3.3.1.2 Convertidores de frecuencia	60
3.3.1.3 Auto-transformador	61
3.3.1.4 Máquina síncrona de imanes permanentes	62
3.3.1.5 Servodriver ABB ACSM1	63
3.3.1.6 Autómata programable	64
3.3.1.7 Ordenador	66
3.3.1.8 Osciloscopio digital	67
3.3.1.9 Pinza amperimétrica	70
3.3.2 Ensayos realizados	71
3.3.2.1 Ensayos con conexión a través del convertidor de frecuencia.	72
3.3.2.2 Ensayos con conexión a través del auto-transformador.	73
4 La transformada short time Fourier (STFT) para el diagnóstico de máquinas eléctricas.	75
4.1 Introducción	75
4.2 Definición	79
4.3 Limitaciones	81
4.3.1 Selección del tipo y parámetros de la ventana.	81
4.3.2 Procesado de la señal	90
5 Propuesta de selección de la ventana óptima, la función prolate esferoidal, y de sus parámetros para obtener la distribución tiempo-frecuencia de la corriente a través de la STFT	93
5.1 Introducción	93
5.2 Introducción teórica a las funciones prolate esferoidales	95
5.2.1 Energía de las PSWFs en un intervalo de tiempo.	96
5.2.2 Energía de las PSWFs en un intervalo de frecuencia (ancho de banda)	97
5.2.3 Energía de la PSWF en dominio tiempo frecuencia.	98
5.2.4 Las función prolate esferoidal (PSWF) y el principio de incertidumbre.	98
5.3 Comparativa entre la ventana PSWF y la ventana gaussiana	103
5.3.1 La ventana DPSS de orden cero.	106
5.4 Selección de los parámetros de la ventana	107

5.5 Validación	109
5.5.1 Caso teórico: señal sintética del LSH debido a asimetría rotórica	109
5.5.2 Caso práctico industrial: arranque máquina industrial de elevada potencia	115
5.5.3 Caso práctico laboratorio: ensayos de laboratorio	118
5.5.3.1 Ensayo 1	119
5.5.3.2 Ensayo 2	122
5.5.3.3 Ensayo 3	125
5.5.3.4 Ensayo 4	127
5.5.3.5 Ensayo 5	130
5.6 Conclusiones.	133
6 Propuesta para reducir los recursos necesarios para el cálculo de la distribución tiempo-frecuencia de la corriente utilizada en el diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas	135
6.1 Introducción	135
6.2 La transformada short time Fourier transform (STFT)	136
6.3 La transformada short frequency time transform (SFTT)	137
6.4 Método propuesto: Diagnosis de fallos en máquinas eléctricas rotativas utilizando la SFTT	138
6.5 Validación experimental.	143
6.5.1 Caso teórico: señal sintética del LSH debido a asimetría rotórica	143
6.5.2 Caso práctico industrial: arranque máquina eléctrica rotativa de elevada potencia	146
6.5.3 Caso práctico laboratorio: ensayos realizados en el laboratorio	148
6.5.3.1 Ensayo 1	148
6.5.3.2 Ensayo 2	151
6.5.3.3 Ensayo 3	153
6.5.3.4 Ensayo 4	155
6.5.3.5 Ensayo 5	158
6.6 Conclusiones.	161
7 Aportaciones y conclusiones	163
8 Futuras líneas de investigación	167
Bibliografía	169