

Índice general

Resumen de la tesis	III
Índice general	XIII
Índice de figuras	XV
Índice de tablas	XVII
Lista de abreviaturas	XIX
1 Introducción	1
2 Objetivos	7
3 Estado del arte	9
3.1 Introducción	9
3.2 Descripción y clasificación de fallos en máquinas eléctricas	12
3.2.1 Fallos eléctricos	13
3.2.1.1 Fallos en el estator	13
3.2.1.2 Fallos en el rotor	14
3.2.1.3 Fallos de origen externo	16
3.2.2 Fallos mecánicos	17
3.2.2.1 Desequilibrios	17
3.2.2.2 Fallos de desalineación	17

3.2.2.3 Fallos de excentricidad	18
3.2.2.4 Faltas en los engranajes	22
3.2.2.5 Fallos en los cojinetes.	22
3.2.3 Conclusiones de la sección tipos de de fallo	24
3.3 Magnitudes físicas para la monitorización del estado de las máquinas eléctricas rotativas	25
3.3.1 Vibraciones	25
3.3.2 Impedancias	26
3.3.3 Flujo axial.	26
3.3.4 Par.	27
3.3.4.1 Par mecánico	27
3.3.4.2 Par electromagnético.	27
3.3.5 Potencia instantánea	28
3.3.6 Tensiones residuales a la desconexión.	29
3.3.7 La corriente estatórica	29
3.3.8 Conclusiones de la sección de magnitudes	31
3.4 Técnicas de análisis de señal	32
3.4.1 Técnicas de diagnóstico en régimen estacionario	32
3.4.1.1 Transformada de Fourier.	33
3.4.1.2 Análisis de la señal analítica de la corriente de fase mediante la transformada de Hilbert.	36
3.4.1.3 Vector extendido de Park	39
3.4.2 Técnicas de diagnóstico en régimen transitorio	41
3.4.2.1 Transformada Wavelet Discreta (DWT).	41
3.4.2.2 Transformada Continua de Wavelet (CWT)	44
3.4.2.3 Distribución de Wigner-Ville (WVD)	46
3.4.2.4 Transformada de Gabor	47
3.4.2.5 Frecuencia instantánea.	48
3.4.2.6 Transformada de Hilbert Huang (HHT).	48
3.4.2.7 Otros casos	50
3.4.3 Conclusiones de la sección técnicas de análisis de la señal.	51
4 Banco de ensayos	53
4.1 Introducción	53
4.2 Elementos que componen el banco de ensayos	55
4.2.1 Subsistema de potencia.	56
4.2.1.1 Motores de inducción.	57

4.2.1.2 Auto-transformador	60
4.2.1.3 Convertidores de frecuencia para el control de la máquina eléctrica a ensayar.	61
4.2.1.4 Recapitulación tipos de conexión utilizados en las máquinas a ensayar	67
4.2.1.5 Motor síncrono de imanes permanentes	68
4.2.1.6 Convertidor de frecuencia de ABB ACSM1 (Servodriver)	69
4.2.2 Subsistema de control.	71
4.2.2.1 Autómata programable	72
4.2.2.2 Ordenador	73
4.2.2.3 Contactores	74
4.2.3 Subsistema medición y adquisición de datos.	75
4.2.3.1 Osciloscopio.	76
4.2.3.2 Sondas de tensión	77
4.2.3.3 Pinza amperimétrica	78
4.2.3.4 Acelerómetros.	79
4.3 Ensayos para la validación de las técnicas desarrolladas	80
4.3.1 Ensayos con conexión a través del convertidor de frecuencia.	83
4.3.2 Ensayos con conexión a través del auto-transformador	85
4.3.3 Ensayos como generador.	87
4.4 Gestión de la base de datos.	88
4.5 Conclusiones.	91
5 Análisis del orden de armónico	93
5.1 Introducción	93
5.2 Demostración teórica	94
5.2.1 Límites del método	107
5.2.2 Justificación del uso de la señal sintética.	108
5.2.3 Régimen Estacionario	109
5.2.3.1 Asimetría rotórica	109
5.2.3.2 Excentricidad	119
5.2.4 Régimen Transitorio.	127
5.2.4.1 Asimetría rotórica	130
5.2.4.2 Excentricidad	136
5.3 Validación experimental.	143
5.3.1 Resultados régimen estacionario.	143
5.3.1.1 Barra rota	143

5.3.1.2 Excentricidad	193
5.3.2 Resultados régimen Transitorio	243
5.3.2.1 Barra rota	243
5.3.2.2 Excentricidad	278
5.4 Resultados estadísticos	300
5.5 Nuevas representaciones gráficas	305
5.6 Conclusiones HOTA	306
6 Análisis reducido de la señal analítica	309
6.1 Introducción	309
6.2 Demostración teórica	310
6.2.1 Asimetría rotórica	311
6.2.2 Excentricidad mixta	319
6.3 Validación experimental.	323
6.3.1 Asimetría rotórica	323
6.3.2 Excentricidad mixta	354
6.4 Conclusiones análisis reducido de la señal analítica.	379
7 Aportaciones y conclusiones	381
8 Futuras líneas de investigación	385
Apéndices	387
A SCADA	389
A.1 Ensayos conexión a través de autotransformador.	389
A.1.1 SCADA control automático	390
A.1.2 SCADA control manual.	392
A.2 Ensayos conexión a través del convertidor de frecuencia	394
A.2.1 SCADA control automático	394
A.2.2 SCADA control manual.	396
Bibliografía	399