

Lista de Figuras

1. Introducción

Figura 1.1: Aspecto exterior de un motor de alta tensión refrigerado por agua...	1
--	---

2. Modelos de circuito

Figura 2.1: Modelo de circuito de jaula simple	8
Figura 2.2: Modelo de circuito de jaula simple con parámetros ajustados con el deslizamiento.....	10
Figura 2.3: Equivalente Thévenin del modelo de circuito de jaula simple con parámetros ajustados con el deslizamiento	10
Figura 2.4: Modelo de circuito de doble jaula	14
Figura 2.5: Modelo de circuito de jaula doble tras asociar las impedancias en paralelo del rotor, equivalente al modelo de circuito de jaula simple.....	15

3. Algoritmos

Figura 3.1: Composición de un cromosoma	28
Figura 3.2: Cruce de un punto.....	32
Figura 3.3: Cruce de dos puntos.....	32
Figura 3.4: Cruce uniforme	33
Figura 3.5: Representación gráfica del movimiento de una partícula.....	38
Figura 3.6: Variantes originales del algoritmo PSO	40
Figura 3.7: Situación de los clubes durante la simulación de C-PSO.....	43
Figura 3.7: Situación de los clubes tras realizar las actuaciones descritas.....	44

4. Adquisición de datos

Figura 4.1: Placa de características de un motor tipo NEMA.....	46
Figura 4.2: Placa de características de un motor tipo IEC	46
Figura 4.3: Rangos de potencia de los motores analizados.....	49
Figura 4.4: Datos de motores tipo IEC de General Electric.....	50
Figura 4.5: Datos de motores tipo NEMA de General Electric	51
Figura 4.6: Datos de motores tipo IEC de ABB.....	51

5. Ecuaciones

Figura 5.1: Modelo de circuito de jaula simple con parámetros ajustados con el deslizamiento.....	54
Figura 5.2: Equivalente Thévenin del modelo de circuito de jaula simple con parámetros ajustados con el deslizamiento	58
Figura 5.3: Modelo de circuito de doble jaula	62
Figura 5.4: Modelo de circuito de jaula doble tras asociar las impedancias en paralelo del rotor, equivalente al modelo de circuito de jaula simple.....	64

6. Mínimos cuadrados

Figura 6.1: Análisis de sensibilidad para catálogo IEC alta tensión de 9 datos..	76
Figura 6.2: Análisis de sensibilidad para catálogo NEMA baja tensión carcasa de protección especial de 11 datos	77
Figura 6.3: Análisis de sensibilidad para catálogo NEMA baja tensión de 12 datos..	78
Figura 6.4: Análisis de sensibilidad para catálogo IEC de alto rendimiento de 12 datos	78
Figura 6.5: Análisis de sensibilidad para catálogo NEMA alta/baja tensión de 12 datos	79
Figura 6.6: Comparación de errores entre motores de tipo IEC y NEMA de alta tensión	81
Figura 6.7: Comparación de errores entre motores de tipo IEC y NEMA de baja tensión.....	82
Figura 6.8: Errores en el par máximo ordenados por potencia para cada catálogo	82
Figura 6.9: Característica Par normalizado-Deslizamiento	83

Figura 6.10: Detalle de la característica Par normalizado-Deslizamiento	84
Figura 6.11: Característica Error en par máximo frente a ratio s_r para modelos simplificados.....	85
Figura 6.12: Característica Error en par máximo frente a ratio s_r para modelos completos.....	86
Figura 6.13: Evolución del valor de la función objetivo con el número de iteraciones	89
Figura 6.14: Distribución de R_{20} por potencia y tensión para cada catálogo...	89
Figura 6.15: Distribución de R_1 por potencia y tensión para cada catálogo.....	90
Figura 6.16: Distribución de X_1 por potencia y tensión para cada catálogo.....	91
Figura 6.17: Distribución de X_{20} por potencia y tensión para cada catálogo...	91
Figura 6.18: Distribución de R_{Fe} por potencia y tensión para cada catálogo...	92
Figura 6.19: Distribución de X_m por potencia y tensión para cada catálogo ..	93
Figura 6.20: Distribución de P_{mec} por potencia y tensión para cada catálogo.	93
Figura 6.21: Análisis de sensibilidad para catálogo IEC alta tensión de 9 datos jaula doble.....	97
Figura 6.22: Análisis de sensibilidad para catálogo NEMA baja tensión de carcasa de protección especial de 11 datos jaula doble.....	98
Figura 6.23: Análisis de sensibilidad para catálogo NEMA baja tensión de 12 datos jaula doble.....	98
Figura 6.24: Análisis de sensibilidad para catálogo IEC alto rendimiento de 12 datos jaula doble.....	99
Figura 6.25: Análisis de sensibilidad para catálogo NEMA alta/baja tensión de 12 datos jaula doble.....	99
Figura 6.26: Errores en el par máximo ordenados por potencia para cada catálogo jaula doble.....	100
Figura 6.27: Característica Par normalizado-Deslizamiento jaula doble.....	101
Figura 6.28: Detalle de la característica Par normalizado-Deslizamiento jaula doble	101
Figura 6.29: Error en par máximo frente a ratio s_r para modelos de jaula doble completos	102
Figura 6.30: Comparación de errores entre motores de tipo IEC y NEMA de alta tensión, jaula doble.....	103
Figura 6.31: Comparación de errores entre motores de tipo IEC y NEMA de alta tensión, jaula doble.....	103

Figura 6.32: Evolución del valor de la función objetivo con el número de iteraciones, jaula doble.....	106
--	-----

7. Algoritmo Genético

Figura 7.1: Progreso del ajuste para una población de 25 individuos.....	111
Figura 7.2: Progreso del ajuste para una población de 100 individuos.....	111
Figura 7.3: Progreso del ajuste para una tasa de cruce de 0.4.....	114
Figura 7.4: Progreso del ajuste para una tasa de cruce de 0.9	114
Figura 7.5: Análisis de sensibilidad para catálogo IEC alta tensión de 9 datos..	119
Figura 7.6: Análisis de sensibilidad para catálogo NEMA baja tensión carcasa de protección especial de 11 datos	119
Figura 7.7: Análisis de sensibilidad para catálogo NEMA baja tensión de 12 datos	120
Figura 7.8: Análisis de sensibilidad para catálogo IEC de alto rendimiento de 12 datos	120
Figura 7.9: Análisis de sensibilidad para catálogo NEMA alta/baja tensión de 12 datos	121
Figura 7.10: Comparación de errores entre motores de tipo IEC y NEMA de alta tensión	121
Figura 7.11: Comparación de errores entre motores de tipo IEC y NEMA de baja tensión.....	122
Figura 7.12: Errores en el par máximo ordenados por potencia para cada catálogo	123
Figura 7.13: Característica Par normalizado- Deslizamiento	123
Figura 7.14: Detalle de la característica Par normalizado- Deslizamiento	124
Figura 7.15: Distribución del error en par máximo frente a ratio s_r para modelos completos.....	125
Figura 7.16: Análisis de sensibilidad para catálogo IEC alta tensión de 9 datos jaula doble.....	134
Figura 7.17: Análisis de sensibilidad para catálogo NEMA baja tensión de carcasa de protección especial de 11 datos jaula doble.....	135
Figura 7.18: Análisis de sensibilidad para catálogo NEMA baja tensión de 12 datos jaula doble.....	135
Figura 7.19: Análisis de sensibilidad para catálogo IEC alto rendimiento de 12 datos jaula doble.....	136

Figura 7.20: Análisis de sensibilidad para catálogo NEMA alta/baja tensión de 12 datos jaula doble	136
Figura 7.21: Característica Par normalizado-Deslizamiento jaula doble.....	137
Figura 7.22: Detalle característica Par normalizado-Deslizamiento jaula doble.....	138
Figura 7.23: Error en par máximo frente a ratio s_r para modelos de jaula doble completos	139
Figura 7.24: Comparación de errores entre motores de tipo IEC y NEMA de baja tensión, jaula doble.....	139
Figura 7.25: Comparación de errores entre motores de tipo IEC y NEMA de alta tensión, jaula doble.....	140

8. Sistemas de Partículas

Figura 8.1: Proceso de ajuste de los Sistemas de Partículas para una población de 25 partículas.....	144
Figura 8.2: Proceso de ajuste de los Sistemas de Partículas para una población de 100 partículas.....	145
Figura 8.3: Proceso de ajuste de los Sistemas de Partículas para $\omega_{max} = 0.9$..	146
Figura 8.4: Proceso de ajuste de los Sistemas de Partículas para $\omega_{max} = 2$...	146
Figura 8.5: Análisis de sensibilidad para catálogo NEMA baja tensión carcasa de protección especial de 11 datos	151
Figura 8.6: Análisis de sensibilidad para catálogo NEMA baja tensión carcasa de protección especial de 11 datos	151
Figura 8.7: Análisis de sensibilidad para catálogo NEMA baja tensión de 12 datos	153
Figura 8.8: Análisis de sensibilidad para catálogo IEC de alto rendimiento de 12 datos	153
Figura 8.9: Análisis de sensibilidad para catálogo NEMA alta/baja tensión de 12 datos	154
Figura 8.10: Distribución de errores en el cálculo del Par máximo por Potencia nominal.....	155
Figura 8.11: Característica Par normalizado-Deslizamiento para PSO-local .	155
Figura 8.12: Detalle de la característica Par normalizado-Deslizamiento para PSO-local	156
Figura 8.13: Característica Par normalizado-Deslizamiento para PSO-C	156

Figura 8.14: Detalle de la característica Par normalizado-Deslizamiento para PSO-local	157
Figura 8.15: Distribución del error en par máximo frente a ratio s_r para PSO-local	158
Figura 8.16: Distribución del error en par máximo frente a ratio s_r para PSO-C	158
Figura 8.17: Comparación de errores entre motores tipo NEMA e IEC de alta tensión para PSO-local	159
Figura 8.18: Comparación de errores entre motores tipo NEMA e IEC de alta tensión para PSO-C	159
Figura 8.19: Comparación de errores entre motores tipo NEMA e IEC de baja tensión para PSO-local	160
Figura 8.20: Comparación de errores entre motores tipo NEMA e IEC de baja tensión para PSO-C	161
Figura 8.21: Análisis de sensibilidad para catálogo IEC alta tensión de 9 datos, jaula doble.....	166
Figura 8.22: Análisis de sensibilidad para catálogo NEMA baja tensión carcasa de protección especial de 11 datos	167
Figura 8.23: Análisis de sensibilidad para catálogo NEMA baja tensión de 12 datos, jaula doble.....	167
Figura 8.24: Análisis de sensibilidad para catálogo IEC de alto rendimiento de 12 datos, jaula doble	168
Figura 8.25: Análisis de sensibilidad para catálogo NEMA alta/baja tensión de 12 datos	168
Figura 8.26: Comparación de errores entre motores tipo NEMA e IEC de alta tensión para PSO-local, jaula doble	169
Figura 8.27: Comparación de errores entre motores tipo NEMA e IEC de alta tensión para PSO-C, jaula doble	169
Figura 8.28: Comparación de errores entre motores tipo NEMA e IEC de baja tensión para PSO-local, jaula doble.....	170
Figura 8.29: Comparación de errores entre motores tipo NEMA e IEC de baja tensión para PSO-C, jaula doble.....	170
Figura 8.30: Característica Par normalizado-Deslizamiento para PSO-local, jaula doble	171
Figura 8.31: Detalle de la característica Par normalizado-Deslizamiento para PSO-local, jaula doble.....	172
Figura 8.32: Característica Par normalizado-Deslizamiento para PSO-C, jaula doble	173

9. Conclusiones

Figura 9.1: Diagrama de cajas para Mínimos Cuadrados (1).....	176
Figura 9.2: Diagrama de cajas para Mínimos Cuadrados (2).....	176
Figura 9.3: Diagrama de cajas para Algoritmo Genético (1).....	177
Figura 9.4: Diagrama de cajas para Algoritmo Genético (2).....	177
Figura 9.5: Diagrama de cajas para PSO-local (1).....	178
Figura 9.6: Diagrama de cajas para PSO-local (2).....	178