

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Máquina lineal unilateral.	16
Figura 2. Máquina lineal tubular.	17
Figura 3. Máquina lineal bilateral.	17
Figura 4. Máquina rotativa de flujo axial de doble estator.	17
Figura 5. Longitud de entrehierro en máquinas lineales	18
Figura 6. Inducido formado por barras en una máquina lineal.	20
Figura 7. Efecto de longitud finita en máquinas lineales y axiales.	20
Figura 8. Cabeza de bobina en el rotor de una máquina de flujo axial.	21
Figura 9. Aplanamiento de las líneas de campo en máquinas lineales.	21
Figura 10. Aparición de componente levitadora por desfase entre polos de ambos semiestatores.	22
Figura 11. Comparación entre inducción al aire o en medio ferromagnético	22
Figura 12. Comparación entre campos en hierro y aire para densidades de corriente muy elevadas.	23
Figura 13. Máquina axial con 2 rotores exteriores de imanes permanentes (AFPM).	24
Figura 14. Desarrollo en radio medio de máquina axial de inducción (AFIM).	25
Figura 15. Estator ranurado de una máquina axial.	25
Figura 16. Máquina AFIM con estator sin ranuras y bobinado toroidal.	26
Figura 17. Máquinas AFERM (izq.) y AFIRM (der.).	26
Figura 18. Máquinas mono y multietapa.	27
Figura 19. Máquina NN de rotores exteriores.	27
En el segundo tipo de máquinas los rotores R1 y R2 tiene polaridades opuestas para una sección transversal dada. Iniciándose la línea de flujo en R1, atraviesa el entrehierro, atraviesa el estator de lado a lado, atraviesa el segundo entrehierro y se cierra por el rotor R2, volviendo de nuevo al estator, atravesándolo y volviendo a R1.	28
Figura 20. Máquina NS de rotores exteriores.	28
Figura 21. Clasificación de las máquinas axiales.	28
Figura 22. Circuito equivalente en eje directo (a) y transversal (b) de la máquina de inducción.	30
Figura 23. Posición de las raíces de la máquina en el plano complejo.	32
Figura 24. Variación de densidad de potencia respecto a máquina radial en función del número de polos.	35
Figura 25. Bobinado en sector.	36
Figura 26. Variación de los parámetros de la máquina con Kr.	38
Figura 27. Variación del par específico con Kr.	40
Figura 28. Variación de la densidad de par con Kr.	40
Figura 29. Variación de la densidad de par con par de polos.	40
Figura 30. Variación de las pérdidas en función del número de polos en un motor axial con rotor de imanes permanentes.	41
Figura 31. Configuración de Halbach.	41
Figura 32. Rendimiento en función de número de polos para máquina axial AFPM.	42
Figura 33. Rendimiento en función de número de polos para máquina radial RFPM.	42
Figura 34. Valores de Ki y Kp para diferentes formas de onda.	44
Figura 35. Forma de la potencia de la máquina axial en función de Kr.	46
Figura 36. Recorrido de las líneas de flujo en una AFIM de rotor interior.	47
Figura 37. Sección máquina AFIM 1 etapa.	48
Figura 38. Bobinado en sector.	48
Figura 39. Tabla de coeficientes de Fourier del desarrollo de la FMM.	49
Figura 40. Bobinado romboidal.	50
Figura 41. Variación de kt y Kr con la inclinación de las componentes efectivas de la bobina.	51
Figura 42. Corrientes inducidas en un conductor al aire sometido a un campo axial.	52
Figura 43. Coeficientes de Fourier de un bobinado toroidal.	53
Figura 44. Modelo equivalente de la máquina AFIM superconductora.	53
Figura 45. Principio de los conductores de Litz.	54
Figura 46. Factor de empaquetamiento de Litz.	55
Figura 47. Límite de funcionamiento de los conductores de Litz.	56
Figura 48. Valor máximo de reducción de R sobre conductor sólido.	56

Figura 49. Circuito magnético simplificado de la máquina.	59
Figura 50. Máquina RB-3. Conjunto.	63
Figura 51. Máquina RB-3. Dimensiones principales.	64
Figura 52. Máquina DASER.	65
Figura 53. Estator de la máquina DASER sin hierro.	66
Figura 54. Sección de la máquina DASER sin hierro.	66
Figura 55. Forma de la potencia de la máquina axial en función de Kr.	68
Figura 56. Par específico máquina radial de imanes permanentes.	69
Figura 57. Par específico máquina axial de imanes permanentes.	70
Figura 58. Par de la máquina radial de imanes permanentes.	70
Figura 59. Par de la máquina axial de imanes permanentes.	71
Figura 60. Tabla de coeficientes λ y Kr óptimos en función del n° de polos.	71
Figura 61. Devanado en sector (a) y toroidal (b).	74
Figura 62. Variación de la pulsación de par en función de (a) tipo de bobinado, (b) inclinación de imanes (c) ambas.	76
Figura 63. Efecto de la inclinación de los imanes sobre F.E.M. y Par.	78
Figura 64. Caras de inclinación del imán.	79
Figura 65. Efecto del decalado de medio paso de ranura sobre la pulsación de par.	79
Figura 66. Variación del par de ranura con el decalado del estator y el empleo de cuñas de material ferromagnético	80
Figura 67. Efecto de las dimensiones del imán sobre el par de ranura.	80
Figura 68. Comparación de las soluciones de reducción de par de ranura.	81
Figura 69. Empleo de imanes de ancho diferente para compensa las variaciones de reluctancia del circuito magnético.	82
Figura 70. Variación de la pulsación de par de ranura con el ancho de la mitad de los imanes del rotor, la otra mitad fija con paso de 110°.	82
Figura 71. Curva de magnetización de polvo de hierro aislado y sinterizado.	84
Figura 72. Concepto de máquina multietapa de bajo peso empleando materiales plásticos y fibra de carbono.	85
Figura 73. Característica de par ideal de un diferencial mecánico.	88
Figura 74. Característica de par de un automóvil.	88
Figura 75. Concepto de coche eléctrico, con un motor axial por rueda motriz y alimentados con una misma fuente.	90
Figura 76. Concepto de rueda motriz con un único estator y un rotor por rueda motriz.	90
Figura 77. Configuración de bobinado NS.	90
Figura 78. Configuración de bobinado NN.	91
Figura 79. Máquina de imanes permanentes.	91
Figura 80. Flujos de estator y rotor en la máquina axial.	92
Figura 81. Modelo equivalente de la máquina axial, modelo magnético (izq.) y eléctrico (der.).	92
Figura 82. Conexión de los etapas de un motor multietapa en serie y paralelo.	94
Figura 83. Aumento de velocidad por encima de la de sincronismo mediante cambio de conexión serie-paralelo de las etapas de un motor multietapa.	95
Figura 84. Máquina de imanes permanentes de rotor exterior, con devanado de continua para control de campo.	96
Figura 85. Control de campo cambiando la orientación del campo resultante. (a) sin campo DC, (b) con campo opuesto, (c) con campo aditivo.	96
Figura 86. Esquema experimental del volante de inercia como acumulador cinético.	97
Figura 87. Distancias recorridas por el 600 en función de la U de alimentación.	98
Figura 88. Diámetros interior y exterior en máquinas de gran diámetro.	101
Figura 89. Sección de una máquina de imanes permanentes con doble rotor exterior.	101
Figura 90. Esquema de regulación para control vectorial de la máquina axial.	102
Figura 91. Máquina de gran potencia (MW) a base de sectores alimentados individualmente.	107
Figura 92. Recuperación de energía mediante campos giratorios de sentido opuesto mediante la conexión de devanados de ambas caras del rotor.	108
Figura 93. Concepto de motor multietapa para plataforma estratosférica alimentada por paneles solares.	109
Figura 94. Coordenadas nodales (i, j, k) y desplazamientos de los nodos.	112
Figura 95. Tipos de nodos de un elemento.	115
Figura 96. Transformación de la geometría mediante el empleo de funciones de interpolación.	116
Figura 97. Transformación biunívoca que provoca pliegues en el elemento transformado.	116

Figura 98. Sistema de coordenadas locales (ζ, ξ, η) y sistema global de coordenadas cartesianas (X, Y, Z).	117
Figura 99. Límites de integración de la función f .	119
Figura 100. Integración de Gauss-Legendre de la función f .	119
Figura 101. Dominios de aplicación del MEF.	126
Figura 102. Elemento de 8 nodos con referencias a coordenadas isoparamétricas r, s y t .	140
Figura 103. Elemento tridimensional de 20 nodos. r, s, t son las coordenadas isoparamétricas, o coordenadas locales del elemento.	142
Figura 104. Tetraedro de 10 nodos.	143
Figura 105. Pirámide de 13 nodos.	144
Figura 106. Prisma triangular de 15 nodos.	144
Figura 107. Máquina B-I.	145
Figura 108. Máquina RB.	146
Figura 109. Máquina DASER.	146
Figura 110. Motor de flujo axial analizado.	147
Figura 111. Vista despiece de la máquina.	148
Figura 112. Dimensiones de un semiestátor. Cotas en mm.	149
Figura 113. Dimensiones del rotor. Cotas en mm.	149
Figura 114. Detalle del devanado inductor. Cotas en mm.	150
Figura 115. Entrehierro de la máquina RB.	151
Figura 116. Sector de la máquina analizada. Un par de polos de un semiestátor.	152
Figura 117. Dimensiones del medio rotor analizado. $p=20$.	153
Figura 118. Dimensiones de la porción de semiestátor analizado. $p=20$.	153
Figura 119. Elemento SOLID117 para cálculos magnéticos.	156
Figura 120. Mallado del par de polos analizados de la máquina de flujo axial.	157
Figura 121. Aspecto del semiestátor mallado. Representación de simetría cíclica de los 20 pares de polos.	158
Figura 122. Vista frontal del mallado del par de polos analizados.	158
Figura 123. Vista lateral del semiestátor mallado. Dividido en 4 tramos.	159
Figura 124. Aspecto del mallado de uno de los conductores del devanado inductor. Mallado a base de tetraedros de 10 nodos.	159
Figura 125. Aspecto del mallado de los 6 conductores de un par de polos del devanado inductor. Mallado a base de tetraedros de 10 nodos.	160
Figura 126. Aspecto del mallado del rotor. Elementos rectangulares de 30 nodos.	160
Figura 127. Aspecto del mallado del rotor. Representación en simetría cíclica de los 20 pares de polos.	161
Figura 128. Aspecto del mallado del aire de un par de polos de la máquina.	161
Figura 129. Vista lateral del mallado del aire. Se puede observar en el interior el espacio libre ocupado por los conductores del devanado inductor.	162
Figura 130. Condiciones de contorno aplicadas al modelo. Cara derecha y superior.	163
Figura 131. Condiciones de contorno aplicadas al modelo. Cara izquierda e inferior.	163
Figura 132. Condición de contorno de acoplamiento de las variables en los nodos de la cara inferior de los conductores.	164
Figura 133. Hexágono de corrientes aplicado al modelo.	165
Figura 134. Densidad de corriente activa en el rotor $J_{rr}=f(f)$ para $s=0,05$.	172
Figura 136. Densidad de corriente activa en el estator $J_{re}=f(f)$ para $s=0,05$.	173
Figura 137. Densidad de corriente reactiva en el rotor $J_{ie}=f(f)$ para $s=0,05$.	173
Figura 138. Campo real en el rotor $B_{rr}=f(f)$ para $s=0,05$.	174
Figura 139. Campo imaginario en el rotor $B_{ir}=f(f)$ para $s=0,05$.	174
Figura 140. Densidad de corriente activa en el rotor $J_{rr}=f(s)$ para $f=50$ Hz.	176
Figura 144. Densidad de corriente activa en el rotor $J_{rr}=f(s)$ para $f=100$ Hz.	181
Figura 148. Campo real en el rotor $B_{rr}=f(s)$ para $f=100$ Hz.	183
Figura 149. Campo imaginario en el rotor $B_{ir}=f(s)$ para $f=100$ Hz.	183
Figura 150. Densidad de corriente activa en el rotor $J_{rr}=f(s)$ para $f=300$ Hz.	186
Figura 151. Densidad de corriente reactiva en el rotor $J_{ir}=f(s)$ para $f=300$ Hz.	186
Figura 153. Campo real en el rotor $B_{rr}=f(s)$ para $f=300$ Hz.	187
Figura 154. Campo imaginario en el rotor $B_{ir}=f(s)$ para $f=300$ Hz.	188
Figura 155. Densidad de corriente activa en el rotor $J_{rr}=f(s)$ para $f=500$ Hz.	190
Figura 156. Densidad de corriente reactiva en el rotor $J_{ir}=f(s)$ para $f=500$ Hz.	191
Figura 158. Densidad de corriente activa en el rotor $J_{rr}=f(s)$ para $f=1000$ Hz.	193

Figura 159. Densidad de corriente reactiva en el rotor $J_{rr}=f(s)$ para $f=1000$ Hz.	194
Figura 162. Campo real en el rotor $B_{rr}=f(s)$ para $f=1000$ Hz.	195
Figura 163. Campo imaginario en el rotor $B_{ir}=f(s)$ para $f=1000$ Hz.	196
Figura 164. Densidad de corriente activa en el rotor $J_{rr}=f(s)$ para $f=3000$ Hz.	198
Figura 165. Densidad de corriente reactiva en el rotor $J_{rr}=f(s)$ para $f=3000$ Hz.	199
Figura 168. Campo real en el rotor $B_{rr}=f(s)$ para $f=3000$ Hz.	200
Figura 169. Campo imaginario en el rotor $B_{ir}=f(s)$ para $f=3000$ Hz.	201
Figura 170. Componente real de la J del rotor $f_e=50$ Hz - $f_r=2.375$ Hz - $s=0.05$. Distribución por par de polos $p=20$.	213
Figura 171. Componente imaginaria de la J del rotor $f_e=50$ Hz - $f_r=2.375$ Hz - $s=0.05$. Distribución por par de polos $p=20$.	213
Figura 172. Componente real de la J del rotor. $f_e=50$ Hz - $f_r=2.375$ Hz - $s=0.05$. $p=20$.	214
Figura 173. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=50$ Hz - $f_r=2.375$ Hz - $s=0.05$. $p=20$.	214
Figura 174. Componente real de las corrientes estatísticas. $f_e=50$ Hz - $f_r=2.375$ Hz - $s=0.05$. $p=20$.	215
Figura 175. Componente real de la J del rotor. $f_e=100$ Hz - $f_r=4.75$ Hz - $s=0.05$. Distribución por par de polos $p=20$.	216
Figura 176. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=100$ Hz - $f_r=4.75$ Hz - $s=0.05$. Distribución por par de polos $p=20$.	216
Figura 177. Componente real de la J del rotor. $f_e=100$ Hz - $f_r=4.75$ Hz - $s=0.05$. $p=20$.	217
Figura 178. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=100$ Hz - $f_r=4.75$ Hz - $s=0.05$. $p=20$.	217
Figura 179. Componente real de las corrientes estatísticas. $f_e=100$ Hz - $f_r=4.75$ Hz - $s=0.05$. $p=20$.	218
Figura 180. Componente imaginaria de las corrientes estatísticas. $f_e=100$ Hz - $f_r=4.75$ Hz - $s=0.05$. $p=20$.	218
Figura 181. Componente real de la densidad de campo B. $f_e=100$ Hz - $f_r=4.75$ H - $s=0.05$. Distribución por par de polos $p=20$.	219
Figura 182. Componente imaginaria de la densidad de campo B. $f_e=100$ Hz - $f_r=4.75$ Hz - $s=0.05$. Distribución por par de polos $p=20$.	219
Figura 183. Componente real de la J del rotor. $f_e=200$ Hz - $f_r=9.5$ Hz - $s=0.05$. Distribución por par de polos $p=20$.	220
Figura 184. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=200$ Hz - $f_r=9.5$ Hz - $s=0.05$. Distribución por par de polos $p=20$.	220
Figura 185. Componente real de la J del rotor. $f_e=200$ Hz - $f_r=9.5$ Hz - $s=0.05$. $p=20$.	221
Figura 186. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=200$ Hz - $f_r=9.5$ Hz - $s=0.05$. $p=20$.	221
Figura 187. Componente real de las corrientes estatísticas. $f_e=200$ Hz - $f_r=9.5$ Hz - $s=0.05$. $p=20$	222
Figura 188. Componente imaginaria de las corrientes estatísticas. $f_e=200$ Hz - $f_r=9.5$ Hz - $s=0.05$. $p=20$	222
Figura 189. Componente real de la densidad de campo B. $f_e=200$ Hz - $f_r=9.5$ Hz - $s=0.05$. Distribución por par de polos $p=20$.	223
Figura 190. Componente imaginaria de la densidad de campo B. $f_e=200$ Hz - $f_r=9.5$ Hz - $s=0.05$. Distribución por par de polos $p=20$.	223
Figura 191. Componente real de la J del rotor. $f_e=300$ Hz - $f_r=14.25$ Hz - $s=0.05$. Distribución por par de polos $p=20$.	224
Figura 192. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=300$ Hz - $f_r=14.25$ Hz - $s=0.05$. Distribución por par de polos $p=20$.	224
Figura 193. Componente real de la J del rotor. $f_e=300$ Hz - $f_r=14.25$ Hz - $s=0.05$. $p=20$.	225
Figura 194. Componente real de las corrientes estatísticas. $f_e=300$ Hz - $f_r=14.25$ Hz - $s=0.05$. $p=20$.	225
Figura 195. Componente imaginaria de las corrientes estatísticas. $f_e=300$ Hz - $f_r=14.25$ Hz - $s=0.05$. $p=20$.	226
Figura 196. Componente real de la densidad de campo B. $f_e=300$ Hz - $f_r=14.25$ Hz - $s=0.05$. Distribución por par de polos $p=20$.	226
Figura 197. Componente imaginaria de la densidad de campo B. $f_e=300$ Hz - $f_r=14.25$ Hz - $s=0.05$. Distribución por par de polos $p=20$.	227
Figura 198. Componente real de la J del rotor. $f_e=500$ Hz - $f_r=23.75$ Hz - $s=0.05$. Distribución por par de polos $p=20$.	228
Figura 199. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=500$ Hz - $f_r=23.75$ Hz - $s=0.05$. Distribución por par de polos. $p=20$.	228
Figura 200. Componente real de la J del rotor. $f_e=1000$ Hz - $f_r=47.5$ Hz - $s=0.05$. Distribución por par de polos $p=20$.	229
Figura 201. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=1000$ Hz - $f_r=47.5$ Hz - $s=0.05$. Distribución por par de polos $p=20$.	229

Figura 202. Componente real de la J del rotor. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=47.5\text{Hz} - s=0.05. p=20.$	230
Figura 203. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=47.5\text{Hz} - s=0.05. p=20.$	230
Figura 204. Componente real de las corrientes estat3ricas. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=47.5\text{Hz} - s=0.05. p=20.$	231
Figura 205. Componente imaginaria de las corrientes estat3ricas. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=47.5\text{Hz} - s=0.05. p=20.$	231
Figura 206. Componente real de la densidad de campo B. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=47.5\text{Hz} - s=0.05.$ Distribuci3n por par de polos $p=20.$	232
Figura 207. Componente imaginaria de la densidad de campo B. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=47.5\text{Hz} - s=0.05.$ Distribuci3n por par de polos $p=20.$	232
Figura 208. Componente real de la J del rotor. $f_e=2000\text{Hz} - f_r=95\text{Hz} - s=0.05.$ Distribuci3n por par de polos $p=20.$	233
Figura 209. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=2000\text{Hz} - f_r=95\text{Hz} - s=0.05.$ Distribuci3n por par de polos $p=20.$	233
Figura 210. Componente real de la J del rotor. $f_e=2000\text{Hz} - f_r=95\text{Hz} - s=0.05. p=20.$	234
Figura 211. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=2000\text{Hz} - f_r=95\text{Hz} - s=0.05. p=20.$	234
Figura 212. Componente real de las corrientes estat3ricas $f_e=2000\text{Hz} - f_r=95\text{Hz} - s=0.05. p=20.$	235
Figura 213. Componente imaginaria de las corrientes estat3ricas. $f_e=2000\text{Hz} - f_r=95\text{Hz} - s=0.05. p=20.$	235
Figura 214. Componente real de la densidad de campo B. $f_e=2000\text{Hz} - f_r=95\text{Hz} - s=0.05.$ Distribuci3n por par de polos $p=20.$	236
Figura 215. Componente imaginaria de la densidad de campo B. $f_e=2000\text{Hz} - f_r=95\text{Hz} - s=0.05.$ Distribuci3n por par de polos $p=20.$	236
Figura 216. Componente real de la J del rotor. $f_e=3000\text{Hz} - f_r=142.5\text{Hz} - s=0.05.$ Distribuci3n por par de polos $p=20.$	237
Figura 217. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=3000\text{Hz} - f_r=142.5\text{Hz} - s=0.05.$ Distribuci3n por par de polos $p=20.$	237
Figura 218. Componente real de la J del rotor. $f_e=3000\text{Hz} - f_r=142.5\text{Hz} - s=0.05. p=20.$	238
Figura 219. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=3000\text{Hz} - f_r=142.5\text{Hz} - s=0.05. p=20.$	238
Figura 220. Componente real de las corrientes estat3ricas. $f_e=3000\text{Hz} - f_r=142.5\text{Hz} - s=0.05. p=20.$	239
Figura 221. Componente imaginaria de las corrientes estat3ricas. $f_e=3000\text{Hz} - f_r=142.5\text{Hz} - s=0.05. p=20.$	239
Figura 222. Componente real de la densidad de campo B. $f_e=3000\text{Hz} - f_r=142.5\text{Hz} - s=0.05. p=20.$	240
Figura 223. Componente imaginaria de la densidad de campo B. $f_e=3000\text{Hz} - f_r=142.5\text{Hz} - s=0.05. p=20.$	240
Figura 224. Componente real de la J del rotor. $f_e=4000\text{Hz} - f_r=190\text{Hz} - s=0.05.$ Distribuci3n por par de polos $p=20.$	241
Figura 225. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=4000\text{Hz} - f_r=190\text{Hz} - s=0.05.$ Distribuci3n por par de polos $p=20.$	241
Figura 226. Componente real de la J del rotor. $f_e=4000\text{Hz} - f_r=190\text{Hz} - s=0.05. p=20.$	242
Figura 227. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=4000\text{Hz} - f_r=190\text{Hz} - s=0.05. p=20.$	242
Figura 228. Componente real de las corrientes estat3ricas. $f_e=4000\text{Hz} - f_r=190\text{Hz} - s=0.05. p=20.$	243
Figura 229. Componente imaginaria de las corrientes estat3ricas. $f_e=4000\text{Hz} - f_r=190\text{Hz} - s=0.05. p=20.$	243
Figura 230. Componente real de la densidad de campo B. $f_e=4000\text{Hz} - f_r=190\text{Hz} - s=0.05.$ Distribuci3n por par de polos $p=20.$	244
Figura 231. Componente imaginaria de la densidad de campo B. $f_e=4000\text{Hz} - f_r=190\text{Hz} - s=0.05.$ Distribuci3n por par de polos $p=20.$	244
Figura 232. Componente real de la J del rotor. $f_e=5000\text{Hz} - f_r=237.5\text{Hz} - s=0.05.$ Distribuci3n por par de polos $p=20.$	245
Figura 233. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=5000\text{Hz} - f_r=237.5\text{Hz} - s=0.05.$ Distribuci3n por par de polos $p=20.$	245
Figura 234. Componente real de la J del rotor. $f_e=5000\text{Hz} - f_r=237.5\text{Hz} - s=0.05. p=20.$	246
Figura 235. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=5000\text{Hz} - f_r=237.5\text{Hz} - s=0.05. p=20.$	246
Figura 236. Componente real de las corrientes estat3ricas. $f_e=5000\text{Hz} - f_r=237.5\text{Hz} - s=0.05. p=20.$	247
Figura 237. Componente imaginaria de las corrientes estat3ricas. $f_e=5000\text{Hz} - f_r=237.5\text{Hz} - s=0.05. p=20.$	247
Figura 238. Componente real de la densidad de campo B. $f_e=5000\text{Hz} - f_r=237.5\text{Hz} - s=0.05. p=20.$	248
Figura 239. Componente imaginaria de la densidad de campo B. $f_e=5000\text{Hz} - f_r=237.5\text{Hz} - s=0.05. p=20.$	248
Figura 240. Componente real de la J del rotor. $f_e=50\text{Hz} - f_r=2.25\text{Hz} - s=0.10.$ Distribuci3n por par de polos $p=20.$	249
Figura 241. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=50\text{Hz} - f_r=2.25\text{Hz} - s=0.10.$ Distribuci3n por par de polos $p=20.$	249
Figura 242. Componente real de la J del rotor. $f_e=50\text{Hz} - f_r=2.25\text{Hz} - s=0.10. p=20.$	250

Figura 243. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=50\text{Hz} - f_r=2.25\text{Hz} - s=0.10$. $p=20$.	250
Figura 244. Componente real de las corrientes estat3ricas. $f_e=50\text{Hz} - f_r=2.25\text{Hz} - s=0.10$. $p=20$.	251
Figura 245. Componente imaginaria de las corrientes estat3ricas. $f_e=50\text{Hz} - f_r=2.25\text{Hz} - s=0.10$. $p=20$.	251
Figura 246. Componente real de la J del rotor. $f_e=50\text{Hz} - f_r=2\text{Hz} - s=0.20$. Distribuci3n por par de polos $p=20$.	252
Figura 247. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=50\text{Hz} - f_r=2\text{Hz} - s=0.20$. Distribuci3n por par de polos $p=20$.	252
Figura 248. Componente real de la J del rotor. $f_e=50\text{Hz} - f_r=2\text{Hz} - s=0.20$. $p=20$.	253
Figura 249. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=50\text{Hz} - f_r=2\text{Hz} - s=0.20$. $p=20$.	253
Figura 250. Componente real de las corrientes estat3ricas. $f_e=50\text{Hz} - f_r=2\text{Hz} - s=0.20$. $p=20$.	254
Figura 251. Componente imaginaria de las corrientes estat3ricas. $f_e=50\text{Hz} - f_r=2\text{Hz} - s=0.20$. $p=20$.	254
Figura 252. Componente real de la densidad de campo B. $f_e=50\text{Hz} - f_r=2\text{Hz} - s=0.20$. Distribuci3n por par de polos $p=20$.	255
Figura 253. Componente imaginaria de la densidad de campo B. $f_e=50\text{Hz} - f_r=2\text{Hz} - s=0.20$. Distribuci3n por par de polos $p=20$.	255
Figura 254. Componente real de la J del rotor. $f_e=50\text{Hz} - f_r=1.5\text{Hz} - s=0.40$. Distribuci3n por par de polos $p=20$.	256
Figura 255. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=50\text{Hz} - f_r=1.5\text{Hz} - s=0.40$. Distribuci3n por par de polos $p=20$.	256
Figura 256. Componente real de la J del rotor. $f_e=50\text{Hz} - f_r=1.5\text{Hz} - s=0.40$. $p=20$.	257
Figura 257. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=50\text{Hz} - f_r=1.5\text{Hz} - s=0.40$. $p=20$.	257
Figura 258. Componente imaginaria de las corrientes estat3ricas. $f_e=50\text{Hz} - f_r=1.5\text{Hz} - s=0.40$. $p=20$.	258
Figura 259. Componente imaginaria de las corrientes estat3ricas. $f_e=50\text{Hz} - f_r=1.5\text{Hz} - s=0.40$. $p=20$.	258
Figura 260. Componente real de la J del rotor. $f_e=50\text{Hz} - f_r=1.25\text{Hz} - s=0.50$. Distribuci3n por par de polos $p=20$.	259
Figura 261. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=50\text{Hz} - f_r=1.25\text{Hz} - s=0.50$. Distribuci3n por par de polos $p=20$.	259
Figura 262. Componente real de la J del rotor. $f_e=50\text{Hz} - f_r=1.25\text{Hz} - s=0.50$. $p=20$.	260
Figura 263. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=50\text{Hz} - f_r=1.25\text{Hz} - s=0.50$. $p=20$.	260
Figura 264. Componente real de las corrientes estat3ricas. $f_e=50\text{Hz} - f_r=1.25\text{Hz} - s=0.50$. $p=20$.	261
Figura 265. Componente imaginaria de las corrientes estat3ricas. $f_e=50\text{Hz} - f_r=1.25\text{Hz} - s=0.50$. $p=20$.	261
Figura 266. Componente real de la J del rotor. $f_e=50\text{Hz} - f_r=1\text{Hz} - s=0.60$. Distribuci3n por par de polos $p=20$.	262
Figura 267. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=50\text{Hz} - f_r=1\text{Hz} - s=0.60$. Distribuci3n por par de polos $p=20$.	262
Figura 268. Componente real de la J del rotor. $f_e=50\text{Hz} - f_r=1\text{Hz} - s=0.60$. $p=20$.	263
Figura 269. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=50\text{Hz} - f_r=1\text{Hz} - s=0.60$. $p=20$.	263
Figura 270. Componente real de las corrientes estat3ricas. $f_e=50\text{Hz} - f_r=1\text{Hz} - s=0.60$. $p=20$.	264
Figura 271. Componente imaginaria de las corrientes estat3ricas. $f_e=50\text{Hz} - f_r=1\text{Hz} - s=0.60$. $p=20$.	264
Figura 272. Componente real de la J del rotor. $f_e=50\text{Hz} - f_r=0.0025\text{Hz} - s=0.999$. Distribuci3n por par de polos $p=20$.	265
Figura 273. Componente real de la J del rotor. $f_e=50\text{Hz} - f_r=0.0025\text{Hz} - s=0.999$. $p=20$.	265
Figura 274. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=50\text{Hz} - f_r=0.0025\text{Hz} - s=0.999$. $p=20$.	266
Figura 275. Componente real de las corrientes estat3ricas. $f_e=50\text{Hz} - f_r=0.0025\text{Hz} - s=0.999$. $p=20$.	266
Figura 276. Componente imaginaria de las corrientes estat3ricas. $f_e=50\text{Hz} - f_r=0.0025\text{Hz} - s=0.999$. $p=20$.	267
Figura 277. Componente real de la J del rotor. $f_e=100\text{Hz} - f_r=4\text{Hz} - s=0.20$. Distribuci3n por par de polos $p=20$.	268
Figura 278. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=100\text{Hz} - f_r=4\text{Hz} - s=0.20$. Distribuci3n por par de polos $p=20$.	268
Figura 279. Componente real de la J del rotor. $f_e=100\text{Hz} - f_r=4\text{Hz} - s=0.20$. $p=20$.	269
Figura 280. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=100\text{Hz} - f_r=4\text{Hz} - s=0.20$. $p=20$.	269
Figura 281. Componente real de las corrientes estat3ricas. $f_e=100\text{Hz} - f_r=4\text{Hz} - s=0.20$. $p=20$.	270
Figura 282. Componente imaginaria de las corrientes estat3ricas. $f_e=100\text{Hz} - f_r=4\text{Hz} - s=0.20$. $p=20$.	270
Figura 283. Componente real de la densidad de campo B. $f_e=100\text{Hz} - f_r=4\text{Hz} - s=0.20$. Distribuci3n por par de polos $p=20$.	271
Figura 284. Componente imaginaria de la densidad de campo B. $f_e=100\text{Hz} - f_r=4\text{Hz} - s=0.20$. Distribuci3n por par de polos $p=20$.	271

Figura 285. Componente real de la J del rotor. $f_e=100\text{Hz} - f_r=2.5\text{Hz} - s=0.50$. Distribución por par de polos $p=20$.	272
Figura 286. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=100\text{Hz} - f_r=2.5\text{Hz} - s=0.50$. Distribución por par de polos $p=20$.	272
Figura 287. Componente real de la J del rotor. $f_e=100\text{Hz} - f_r=2.5\text{Hz} - s=0.50$. $p=20$.	273
Figura 288. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=100\text{Hz} - f_r=2.5\text{Hz} - s=0.50$. $p=20$.	273
Figura 289. Componente real de las corrientes estáticas. $f_e=100\text{Hz} - f_r=2.5\text{Hz} - s=0.50$. $p=20$.	274
Figura 290. Componente imaginaria de las corrientes estáticas. $f_e=100\text{Hz} - f_r=2.5\text{Hz} - s=0.50$. $p=20$.	274
Figura 291. Componente real de la densidad de campo B. $f_e=100\text{Hz} - f_r=2.5\text{Hz} - s=0.50$. Distribución por par de polos $p=20$.	275
Figura 292. Componente imaginaria de la densidad de campo B. $f_e=100\text{Hz} - f_r=2.5\text{Hz} - s=0.50$. Distribución por par de polos $p=20$.	275
Figura 293. Componente real de la J del rotor. $f_e=100\text{Hz} - f_r=0.005\text{Hz} - s=0.999$. Distribución por par de polos $p=20$.	276
Figura 294. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=100\text{Hz} - f_r=0.005\text{Hz} - s=0.999$. Distribución por par de polos $p=20$.	276
Figura 295. Componente real de la J del rotor. $f_e=100\text{Hz} - f_r=0.005\text{Hz} - s=0.999$. $p=20$.	277
Figura 296. Componente real de las corrientes estáticas. $f_e=100\text{Hz} - f_r=0.005\text{Hz} - s=0.999$. $p=20$.	277
Figura 297. Componente imaginaria de las corrientes estáticas. $f_e=100\text{Hz} - f_r=0.005\text{Hz} - s=0.999$. $p=20$.	278
Figura 298. Componente real de la densidad de campo B. $f_e=100\text{Hz} - f_r=0.005\text{Hz} - s=0.999$. $p=20$.	278
Figura 299. Componente imaginaria de la densidad de campo B. $f_e=100\text{Hz} - f_r=0.005\text{Hz} - s=0.999$. $p=20$.	279
Figura 300. Componente real de la J del rotor. $f_e=300\text{Hz} - f_r=12\text{Hz} - s=0.20$. Distribución por par de polos $p=20$.	280
Figura 301. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=300\text{Hz} - f_r=12\text{Hz} - s=0.20$. Distribución por par de polos $p=20$.	280
Figura 302. Componente real de la J del rotor. $f_e=300\text{Hz} - f_r=12\text{Hz} - s=0.20$. $p=20$.	281
Figura 303. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=300\text{Hz} - f_r=12\text{Hz} - s=0.20$. $p=20$.	281
Figura 304. Componente imaginaria de las corrientes estáticas. $f_e=300\text{Hz} - f_r=12\text{Hz} - s=0.20$. $p=20$.	282
Figura 305. Componente real de la densidad de campo B. $f_e=300\text{Hz} - f_r=12\text{Hz} - s=0.20$. $p=20$.	282
Figura 306. Componente imaginaria de la densidad de campo B. $f_e=300\text{Hz} - f_r=12\text{Hz} - s=0.20$. $p=20$.	283
Figura 307. Componente real de la J del rotor. $f_e=300\text{Hz} - f_r=7.5\text{Hz} - s=0.50$. Distribución por par de polos $p=20$.	284
Figura 308. Componente real de la J del rotor. $f_e=300\text{Hz} - f_r=7.5\text{Hz} - s=0.50$. Distribución por par de polos $p=20$.	284
Figura 309. Componente real de la J del rotor. $f_e=300\text{Hz} - f_r=7.5\text{Hz} - s=0.50$. $p=20$.	285
Figura 310. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=300\text{Hz} - f_r=7.5\text{Hz} - s=0.50$. $p=20$.	285
Figura 311. Componente real de las corrientes estáticas. $f_e=300\text{Hz} - f_r=7.5\text{Hz} - s=0.50$. $p=20$.	286
Figura 312. Componente real de la densidad de campo B. $f_e=300\text{Hz} - f_r=7.5\text{Hz} - s=0.50$. $p=20$.	286
Figura 313. Componente real de la densidad de campo B. $f_e=300\text{Hz} - f_r=7.5\text{Hz} - s=0.50$. $p=20$.	287
Figura 314. Componente real de la J del rotor. $f_e=300\text{Hz} - f_r=0.015\text{Hz} - s=0.999$. Distribución por par de polos $p=20$.	288
Figura 315. Componente real de la J del rotor. $f_e=300\text{Hz} - f_r=0.015\text{Hz} - s=0.999$. Distribución por par de polos $p=20$.	288
Figura 316. Componente real de la J del rotor. $f_e=300\text{Hz} - f_r=0.015\text{Hz} - s=0.999$. $p=20$.	289
Figura 317. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=300\text{Hz} - f_r=0.015\text{Hz} - s=0.999$. $p=20$.	289
Figura 318. Componente real de las corrientes estáticas. $f_e=300\text{Hz} - f_r=0.015\text{Hz} - s=0.999$. $p=20$.	290
Figura 319. Componente real de las corrientes estáticas. $f_e=300\text{Hz} - f_r=0.015\text{Hz} - s=0.999$. $p=20$.	290
Figura 320. Componente real de la J del rotor. $f_e=500\text{Hz} - f_r=20\text{Hz} - s=0.20$. Distribución por par de polos $p=20$.	291
Figura 321. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=500\text{Hz} - f_r=20\text{Hz} - s=0.20$. Distribución por par de polos $p=20$.	291
Figura 322. Componente real de la J del rotor. $f_e=500\text{Hz} - f_r=20\text{Hz} - s=0.20$. $p=20$.	292
Figura 323. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=500\text{Hz} - f_r=20\text{Hz} - s=0.20$. $p=20$.	292
Figura 324. Componente real de las corrientes estáticas. $f_e=500\text{Hz} - f_r=20\text{Hz} - s=0.20$. $p=20$.	293
Figura 325. Componente imaginaria de las corrientes estáticas. $f_e=500\text{Hz} - f_r=20\text{Hz} - s=0.20$. $p=20$.	293
Figura 326. Componente real de la densidad de campo B. $f_e=500\text{Hz} - f_r=20\text{Hz} - s=0.20$. $p=20$.	294
Figura 327. Componente imaginaria de la densidad de campo B. $f_e=500\text{Hz} - f_r=20\text{Hz} - s=0.20$. $p=20$.	294

Figura 328. Componente real de la J del rotor. $f_e=500\text{Hz} - f_r=12.5\text{Hz} - s=0.50$. Distribución por par de polos $p=20$.	295
Figura 329. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=500\text{Hz} - f_r=12.5\text{Hz} - s=0.50$. Distribución por par de polos $p=20$.	295
Figura 330. Componente real de la J del rotor. $f_e=500\text{Hz} - f_r=12.5\text{Hz} - s=0.50$. $p=20$.	296
Figura 331. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=500\text{Hz} - f_r=12.5\text{Hz} - s=0.50$. $p=20$.	296
Figura 332. Componente real de las corrientes estáticas. $f_e=500\text{Hz} - f_r=12.5\text{Hz} - s=0.50$. $p=20$.	297
Figura 333. Componente real de la densidad de campo B. $f_e=500\text{Hz} - f_r=12.5\text{Hz} - s=0.50$. $p=20$. $p=20$.	297
Figura 334. Componente imaginaria de la densidad de campo B. $f_e=500\text{Hz} - f_r=12.5\text{Hz} - s=0.50$. $p=20$. $p=20$.	298
Figura 335. Componente real de la J del rotor. $f_e=500\text{Hz} - f_r=0.025\text{Hz} - s=0.999$. Distribución por par de polos $p=20$.	299
Figura 336. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=500\text{Hz} - f_r=0.025\text{Hz} - s=0.999$. Distribución por par de polos $p=20$.	299
Figura 337. Componente real de la J del rotor. $f_e=500\text{Hz} - f_r=0.025\text{Hz} - s=0.999$. $p=20$.	300
Figura 338. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=500\text{Hz} - f_r=0.025\text{Hz} - s=0.999$. $p=20$.	300
Figura 339. Componente real de las corrientes estáticas. $f_e=500\text{Hz} - f_r=0.025\text{Hz} - s=0.999$. $p=20$.	301
Figura 340. Componente imaginaria de las corrientes estáticas. $f_e=500\text{Hz} - f_r=12.5\text{Hz} - s=0.50$. $p=20$.	301
Figura 341. Componente real de la J del rotor. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=40\text{Hz} - s=0.20$. Distribución por par de polos $p=20$.	302
Figura 342. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=40\text{Hz} - s=0.20$. Distribución por par de polos $p=20$.	302
Figura 343. Componente real de la J del rotor. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=40\text{Hz} - s=0.20$. $p=20$.	303
Figura 344. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=40\text{Hz} - s=0.20$. $p=20$.	303
Figura 345. Componente real de las corrientes estáticas. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=40\text{Hz} - s=0.20$.	304
Figura 346. Componente imaginaria de las corrientes estáticas. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=40\text{Hz} - s=0.20$.	304
Figura 347. Componente real de la densidad de campo B. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=40\text{Hz} - s=0.20$. Distribución por par de polos $p=20$.	305
Figura 348. Componente imaginaria de la densidad de campo B. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=40\text{Hz} - s=0.20$. Distribución por par de polos $p=20$.	305
Figura 349. Componente real de la J del rotor. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=25\text{Hz} - s=0.50$. Distribución por par de polos $p=20$.	306
Figura 350. Componente real de la J del rotor. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=25\text{Hz} - s=0.50$. Distribución por par de polos $p=20$.	306
Figura 351. Componente real de la J del rotor. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=25\text{Hz} - s=0.50$. $p=20$.	307
Figura 352. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=25\text{Hz} - s=0.50$. $p=20$.	307
Figura 353. Componente real de las corrientes estáticas. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=25\text{Hz} - s=0.50$.	308
Figura 354. Componente imaginaria de las corrientes estáticas. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=25\text{Hz} - s=0.50$.	308
Figura 355. Componente real de la densidad de campo B. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=25\text{Hz} - s=0.50$. Distribución por par de polos $p=20$.	309
Figura 356. Componente imaginaria de la densidad de campo B. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=25\text{Hz} - s=0.50$. Distribución por par de polos $p=20$.	309
Figura 357. Componente real de la J del rotor. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=0.05\text{Hz} - s=0.999$. Distribución por par de polos $p=20$.	310
Figura 358. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=0.05\text{Hz} - s=0.999$. Distribución por par de polos $p=20$.	310
Figura 359. Componente real de la J del rotor. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=0.05\text{Hz} - s=0.999$. $p=20$.	311
Figura 360. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=0.05\text{Hz} - s=0.999$. $p=20$.	311
Figura 361. Componente real de las corrientes estáticas. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=0.05\text{Hz} - s=0.999$.	312
Figura 362. Componente imaginaria de las corrientes estáticas. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=0.05\text{Hz} - s=0.999$.	312
Figura 363. Componente real de la densidad de campo B. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=0.05\text{Hz} - s=0.999$. Distribución por par de polos $p=20$.	313
Figura 364. Componente imaginaria de la densidad de campo B. $f_e=1000\text{Hz} - f_r=0.05\text{Hz} - s=0.999$. Distribución por par de polos $p=20$.	313
Figura 365. Componente real de la J del rotor. $f_e=3000\text{Hz} - f_r=120\text{Hz} - s=0.20$. Distribución por par de polos $p=20$.	314
Figura 366. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=3000\text{Hz} - f_r=120\text{Hz} - s=0.20$. Distribución por par de polos $p=20$.	314

Figura 367. Componente real de la J del rotor. $f_e=3000\text{Hz}$ - $f_r=120\text{Hz}$ - $s=0.20$. $p=20$.	315
Figura 368. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=3000\text{Hz}$ - $f_r=120\text{Hz}$ - $s=0.20$. $p=20$.	315
Figura 369. Componente imaginaria de las corrientes estatóricas. $f_e=3000\text{Hz}$ - $f_r=120\text{Hz}$ - $s=0.20$.	316
Figura 370. Componente imaginaria de las corrientes estatóricas. $f_e=3000\text{Hz}$ - $f_r=120\text{Hz}$ - $s=0.20$.	316
Figura 371. Componente real de la densidad de campo B. $f_e=3000\text{Hz}$ - $f_r=120\text{Hz}$ - $s=0.20$. Distribución por par de polos $p=20$.	317
Figura 372. Componente imaginaria de la densidad de campo B. $f_e=3000\text{Hz}$ - $f_r=120\text{Hz}$ - $s=0.20$. Distribución por par de polos $p=20$.	317
Figura 373. Componente real de la J del rotor. $f_e=3000\text{Hz}$ - $f_r=75\text{Hz}$ - $s=0.50$. Distribución por par de polos $p=20$.	318
Figura 374. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=3000\text{Hz}$ - $f_r=75\text{Hz}$ - $s=0.50$. Distribución por par de polos $p=20$.	318
Figura 375. Componente real de las corrientes estatóricas. $f_e=3000\text{Hz}$ - $f_r=75\text{Hz}$ - $s=0.50$. $p=20$.	319
Figura 376. Componente imaginaria de las corrientes estatóricas. $f_e=3000\text{Hz}$ - $f_r=75\text{Hz}$ - $s=0.50$. $p=20$.	319
Figura 377. Componente real de la densidad de campo B. $f_e=3000\text{Hz}$ - $f_r=75\text{Hz}$ - $s=0.50$. Distribución por par de polos $p=20$.	320
Figura 378. Componente imaginaria de la densidad de campo B. $f_e=3000\text{Hz}$ - $f_r=75\text{Hz}$ - $s=0.50$. Distribución por par de polos $p=20$.	320
Figura 379. Componente real de la J del rotor. $f_e=3000\text{Hz}$ - $f_r=0.15\text{Hz}$ - $s=0.999$. Distribución por par de polos $p=20$.	321
Figura 380. Componente imaginaria de la J del rotor. $f_e=3000\text{Hz}$ - $f_r=0.15\text{Hz}$ - $s=0.999$. Distribución por par de polos $p=20$.	321