

ÍNDICE ANALÍTICO

CAPÍTULO I

Intensidad y tensión de la corriente alterna	1
1. Campo general de utilización de la corriente alterna, 1.—2. Sinusoides, 3. 3. Período; frecuencia, 6.—4. Frecuencias industriales, 8.—5. Fórmula de la variación sinusoidal de la intensidad de corriente, 9.—6. La intensidad de la corriente alterna, 9.—7. Curva de variación de los cuadrados de la intensidad de la corriente; intensidad media, 12.—8. Escalares y vectores, 14.—9. Ohmio; voltio, 16.—10. Diferencias de fase, 17.—11. Suma de corrientes, 18.—12. Representación vectorial de las cantidades oscilatorias, 19.—13. Adición vectorial de curvas sinusoidales, 21.—14. Suma de sinusoides, 23.	

CAPÍTULO II

Circuitos de corriente alterna	25
15. Potencia en corriente alterna; tensión e intensidad de corriente en fase, 25. 16. Potencia en corriente alterna; tensión e intensidad en cuadratura, 28.—17. Potencia en corriente alterna; tensión e intensidad defasadas un ángulo θ , 28. 18. Circuito con resistencia óhmica solamente, 30.—19. Circuito con autoinducción, 32.—20. Circuito que tiene capacidad solamente, 35.—21. Resistencia y autoinducción en serie, 40.—22. Potencia, 42.—23. Resistencia y capacidad en serie, 43.—24. Resistencia, autoinducción y capacidad en serie, 44.—25. Resonancia en el circuito en serie, 47.—26. Curvas características de resonancia de los circuitos en serie, 48.—27. Selectividad de un circuito en resonancia, 50. 28. Circuitos en paralelo, 52.—29. Resonancia en el circuito en paralelo, 54. 30. Curvas características de resonancia del circuito en paralelo, 56.—31. Resistencia efectiva, 58.—32. Polígono de tensiones. Tres tensiones, 58.—33. Impedancia de capacidad, 61.—34. Polígono de tensiones. Cuatro tensiones, 62. 35. Polígono de intensidades, 64.—36. Energía y componente activa de la corriente, 65.—37. Voltamperios reactivos, 67.—38. Impedancias en paralelo, 68. 39. Potencia máxima en un circuito en serie, 69.—40. Armónicas, 70.	

CAPÍTULO III

Cantidades complejas	74
41. Representación de las cantidades complejas en coordenadas rectangulares, 74. 42. Vectores rectangulares, 75.—43. Adición y sustracción de vectores rectangulares, 76.—44. Producto de vectores rectangulares, 77.—45. Vectores inversos de los vectores rectangulares, 77.—46. División de vectores rectangulares, 78.	

47. Expresión exponencial de los vectores, 78.—48. Notación polar, 79.—49. Adición de vectores exponenciales y polares, 79.—50. Multiplicación de vectores polares, 80.—51. Vectores polares inversos, 80.—52. División de vectores polares, 80.—53. Potencias y raíces de los vectores polares, 81.—54. Operadores para rotación de vectores, 81.—APLICACIÓN DE LAS CANTIDADES COMPLEJAS A LA CORRIENTE ALTERNA.—55. Circuito elemental en serie, 83.—56. Determinación de la potencia, 86.—57. Método de los complejos conjugados, 87.—58. Circuitos en paralelo, 88.—59. Impedancia equivalente en paralelo, 89.—60. Circuitos en serie-paralelo, 91.—61. Estudio de los circuitos en serie-paralelo mediante vectores polares, 93.—62. Admitancia, conductancia y susceptancia, 93.—63. Estudio de los circuitos en paralelo con utilización de las admitancias, 96.—64. Estudio de los circuitos en serie-paralelo utilizando las admitancias, 96.

CAPÍTULO IV

Instrumentos de medición para corriente alterna. 100

65. Principio del electrodinamómetro, 100.—66. Voltímetro electrodinamométrico, 101.—67. Voltímetros de bobina inclinada, 102.—68. Amperímetros electrodinamométricos, 102.—69. Vatímetros, 103.—70. Conexiones de los vatímetros, 104.—71. Capacidad nominal de los vatímetros, 106.—72. Vatímetro polifásico, 106.—73. Graduación de los vatímetros, 108.—INSTRUMENTOS CON NÚCLEO DE HIERRO MÓVIL.—74. Voltímetros, 109.—75. Amperímetros, 110. 76. Instrumentos de par termoeléctrico, 110.—77. Instrumentos con rectificador, 112.—78. Contadores de energía para corriente alterna, 113.—79. Verificación de los contadores de inducción, 116.—80. Frecuencímetros, 117.—81. Indicadores de factor de potencia, 118.—82. Sincronoscopio, 120.—83. Osciloscopio y oscilógrafo electromagnéticos, 122.—84. Osciloscopio de rayos catódicos, 125.—85. Puente de impedancias, 128.

CAPÍTULO V

Sistemas polifásicos 130

86. Motivos que justifican el empleo de sistemas polifásicos, 130.—87. Notación con doble subíndice, 131.—88. Generación de fuerzas electromotrices en circuitos trifásicos, 134.—89. Conexión en Y o en estrella, 137.—90. Intensidades de corriente en los sistemas en estrella, 139.—91. La potencia en los sistemas en estrella, 140.—92. Montaje en triángulo o delta, 142.—93. Corrientes de la carga en el acoplamiento en triángulo, 143.—94. Potencia en el acoplamiento en triángulo, 145.—MÉTODOS PARA MEDIR LA POTENCIA EN UN SISTEMA TRIFÁSICO. 95. Método de los tres vatímetros, 146.—96. Método de los dos vatímetros, 148. SISTEMAS BIFÁSICOS.—97. Sistemas bifásicos y tetrafásicos, 154.—98. Medición de la potencia en los sistemas bifásicos y tetrafásicos, 157.—99. Suma de cargas por el método del kilovoltamperio, 158.—100. Aplicación del álgebra compleja a los circuitos polifásicos, 159.—101. Sistemas en triángulo y en estrella equivalentes, 163.

CAPÍTULO VI

El alternador. 166

102. Alternador de campo giratorio, 166.—DEVANADOS DE ALTERNADORES. 103. Principios generales, 167.—104. Devanados monofásicos, 168.—105. Devanado imbricado bifásico de paso entero, 170.—106. Devanado imbricado trifásico de paso entero, 171.—107. Devanados de paso fraccionario, 172.—108. Devanados en espiral y de cadena, 174.—CONSTRUCCIÓN DE LOS ALTERNADORES. 109. Tipos de alternadores, 176.—110. Estator o inducido, 177.—111. Ranuras, 181.—112. Ventilación, 182.—113. Estructura del rotor, 183.—FUERZAS ELECTROMOTRICES Y POTENCIA DE LOS ALTERNADORES.—114. Fuerza electromotriz inducida, 186.—115. Forma de la onda, 189.—116. Fuerza magnetomotriz de los devanados inductores distribuidos, 191.—117. Acoplamiento de los devanados de los alternadores, 193.—118. Características nominales de los alternadores, 194.

CAPÍTULO VII

Regulación y funcionamiento de los alternadores. 195

119. Regulación o caída relativa de tensión del alternador, 195.—120. Reactancia de dispersión del inducido, 196.—121. Resistencia del inducido, 198. REACCIÓN DE LOS INDUCIDOS MONOFÁSICOS.—122. Corriente y fuerza electromotriz en fase, 198.—123. Intensidad de corriente con retraso de fase de 90°, 201. 124. Intensidad de corriente con avance de fase de 90°, 202.—125. Pulsación de la reacción de un inducido monofásico, 203.—126. Reacción de un inducido polifásico, 205.—127. F.m.m. inductora, inducida y resultante, 208.—128. Caída de tensión por impedancia del inducido, 211.—129. Regulación o caída relativa de tensión del alternador, 215.—130. Vectores de espacio y tiempo, 216.—131. Diagramas vectoriales de espacio y tiempo, 218.—132. Método general, 220. 133. Método de la impedancia sincrónica o de la fuerza electromotriz, 222. 134. Determinación de la reactancia sincrónica, 223.—135. Aplicación a los alternadores trifásicos, 225.—136. Regulación del alternador en estrella, 227. 137. Regulación del alternador en triángulo, 229.—138. Método de la fuerza magnetomotriz, 229.—139. Diagrama de Potier, 233.—140. Método de la «American Standards Association», 237.—141. Rendimiento de los alternadores, 241. 142. Reguladores de tensión, 244.—143. Acoplamiento en paralelo de los alternadores, 246.—144. Potencia de sincronización, 248.—145. Potencia reactiva, 250.—146. Sincronización, 252.—147. Oscilaciones pendulares, 254.

CAPÍTULO VIII

Transformadores 255

148. Principio del transformador, 255.—149. Fuerza electromotriz inducida, 256. 150. Amperios-vuelta, 258.—151. Reactancia de dispersión, 261.—152. Diagrama vectorial del transformador, 263.—153. Diagrama simplificado, 266.—154. Re-

sistencia y reactancia equivalentes, 266.—155. Ensayo en circuito abierto, 269. 156. Ensayo en corto circuito o de impedancia, 272.—157. Regulación, 274. 158. Rendimiento, 274.—159. Valores unitarios, 277.—160. Rendimiento diario, 278.—161. Transformadores que se encuentran en el mercado, 279.—CLASES DE TRANSFORMADORES.—162. Transformadores de tipo acorazado y no acorazado, 279.—163. Transformador de núcleo arrollado, 281.—164. Transformadores con núcleo en espiral, 283.—165. Núcleos «hipersil», 286.—166. Otros tipos de transformadores de hierro curvado o arrollado, 288.—167. Refrigeración de los transformadores, 290.—168. Respiración de los transformadores, 293. 169. Transformadores trifásicos, 295.—170. Autotransformadores, 297.—171. Conexión de los arrollamientos de los transformadores, 301.—172. Conexiones de los transformadores en estrella y en triángulo, 302.—173. Montaje en V, 304. 174. Conexión en V con carga monofásica, 305.—175. Conexión Scott o en T, 306. 176. Regulación de tensión con carga, 309.—177. Transformadores de intensidad constante, 311.—TRANSFORMADORES DE MEDIDA.—178. Mediciones eléctricas en alta tensión, 312.—179. Transformadores de tensión, 312.—180. Transformadores de intensidad, 313.

CAPÍTULO IX

Motores de inducción 317

181. Principio, 317.—182. Campo giratorio, 319.—183. Campos giratorios, 320. 184. Velocidad de sincronismo: deslizamiento, 325.—185. Frecuencia del rotor y fuerza electromotriz inducida, 326.—186. Par con corriente alterna, 327. 187. Estator y ranuras, 331.—188. Motor de jaula de ardilla, 333.—189. Características de funcionamiento del motor de jaula de ardilla, 334.—190. Características del par de los motores de jaula de ardilla, 336.—191. Motor de inducción con rotor devanado, 338.—192. Rotores de doble jaula de ardilla, 343.—193. Puesta en marcha de los motores de jaula de ardilla, 345.—194. Clasificación de los motores, 348.—195. Entrehierro de los motores de inducción, 350.—196. Circuito equivalente de un motor de inducción, 351.—197. Diagrama vectorial del motor de inducción, 354.—198. Diagrama circular, 357.—199. Regulación de la velocidad en los motores de inducción, 360.—200. Generador de inducción, 365. 201. Medida del deslizamiento, 369.—202. Regulador de inducción, 370.

CAPÍTULO X

Motores monofásicos 373

203. Motor serie, 373.—204. Polos de conmutación, 377.—205. Diagrama vectorial de los motores serie, 378.—206. Motor de repulsión, 380.—207. Motor monofásico de inducción, 385.—208. Reacciones en los motores monofásicos de inducción, 388.—209. Funcionamiento de los motores trifásicos como monofásicos, 389.—ARRANQUE DE LOS MOTORES MONOFÁSICOS DE INDUCCIÓN.—210. Método de la fase partida, 390.—211. Motores con condensador, 391.—212. Método del polo blindado, 392.—213. Arranque de los motores de repulsión, 393.—214. El motor de inducción como convertidor de fases, 395.

CAPÍTULO XI

Motores sincrónicos 398

215. Motores sincrónicos, 398.—216. Principios de funcionamiento, 398. 217. Funcionamiento en carga de los motores sincrónicos, 399.—218. Influencia del aumento de excitación, 402.—219. Influencia de la disminución de excitación, 404.—220. Motor y alternador, 406.—221. Excitación en un sistema a tensión constante, 407.—222. Acción de enclavamiento de los polos salientes, 408. 223. Diagrama vectorial en los motores sincrónicos, 409.—224. Curvas en V de los motores sincrónicos, 411.—225. Diagrama de excitación del motor sincrónico, 415.—226. Devanados amortiguadores, 416.—227. Arranque del motor sincrónico, 418.—ARRANQUE DE LOS MOTORES SINCRÓNICOS CON CARGA.—228. Motores de elevado par de arranque, 421.—229. Condensadores sincrónicos, 422. 230. Corrección del factor de potencia mediante condensadores sincrónicos, 423. 231. Los motores sincrónicos como correctores del factor de potencia, 426. 232. Método de los Kw y Kvar, 427.—233. Los motores sincrónicos como reguladores de tensión, 428.—234. Aplicaciones industriales de los motores sincrónicos, 431.—235. Propulsión eléctrica de buques, 432.—236. Convertidores de frecuencia, 434.—237. Empleo de los motores sincrónicos para medidas de tiempo, 434.—238. Autosincronizadores, 437.

CAPÍTULO XII

Convertidores sincrónicos o conmutatrices 440

239. Sistemas de transformación de la corriente alterna en continua, 440. 240. Principio de los convertidores sincrónicos, 441.—241. Convertidores polifásicos, 442.—242. Relación de tensiones en las conmutatrices monofásicas, 443. 243. Relación de tensiones en los convertidores sincrónicos polifásicos, 444. 244. Relaciones entre las intensidades de corriente en los convertidores sincrónicos, 445.—245. Corrientes en los conductores del inducido de la conmutatriz, 448.—246. Influencia del número de fases y del factor de potencia sobre la potencia útil de los convertidores sincrónicos, 451.—247. Influencia del factor de potencia sobre la capacidad de los convertidores, 451.—248. Reacción del inducido en los convertidores, 452.—249. Regulación de la tensión, 454.—250. Rendimiento, 458.—251. Determinación experimental de las relaciones entre la tensión y la corriente en una conmutatriz, 459.—252. Conexiones de los convertidores sincrónicos, 460.—253. Convertidor sincrónico invertido, 461.—254. Arranque de los convertidores sincrónicos por el lado de la corriente alterna, 462. 255. Métodos para conseguir una polaridad correcta, 465.—256. Puesta en marcha de los convertidores sincrónicos por medio de un motor auxiliar, 466. 257. Puesta en marcha de los convertidores sincrónicos por el lado de la corriente continua, 466.—258. Funcionamiento en paralelo de los convertidores sincrónicos, 467.—259. Amortiguadores de los convertidores, 468.—260. Convertidor trifilar, 468.

CAPÍTULO XIII

Transporte de energía por corriente alterna 470

261. Sistemas de transporte, 470.—262. Reactancia de las líneas monofásicas de transporte, 473.—263. Reactancia de las líneas trifásicas, 475.—264. Capacidad de una línea monofásica, 476.—265. Capacidad de una línea trifásica, 478.—266. Línea trifásica con conductores dispuestos asimétricamente, 479.—267. Cálculo de una línea monofásica, 479.—268. Cálculo de líneas trifásicas, 482.—269. Líneas de gran capacidad, 485.—270. Cálculo de las líneas de mucha capacidad utilizando las cantidades complejas, 487.—271. Líneas con capacidad distribuida, 488.—272. Efecto corona, 492.—273. Energía del efecto corona, 494. RAYOS Y CORRIENTES TRANSITORIAS.—274. Acción del rayo, 495.—275. Protección contra los rayos y sobretensiones, 497.—276. Pararrayos de antenas, 497.—277. Pararrayos de película de óxido, 498.—278. Pararrayos de bolas, 499.—279. Pararrayos de autoválvula SV, 499.—280. Pararrayos de tirita, 500.—281. Tubos de protección, 501.—282. Conexión de los pararrayos, 502.—CONSTRUCCIÓN DE LAS LÍNEAS DE TRANSPORTE.—283. Aisladores de espiga, 502.—284. Aisladores de suspensión, 504.—285. Postes y torres para líneas de transporte, 505.—SUBESTACIONES Y DISTRIBUCIÓN.—286. Subestaciones transformadoras, 507.—287. Líneas de distribución, 508.—288. Sistemas trifilares, 509.—289. Redes de corriente alterna en baja tensión, 511.—290. Subestaciones con grupos motor-generator y con convertidores sincrónicos, 513.—291. Cortacircuitos, 514.—292. Disyuntor de rejilla de desionización, 516.—293. Subestaciones automáticas, 517.—294. Subcentrales al aire libre, 518.

CAPÍTULO XIV

Tubos electrónicos. 519

295. Electrones, 519.—296. Emisión, 519.—297. Velocidad crítica, 520.—298. Ley de Richardson, 520.—299. Rendimiento termiónico, 521.—300. Carga espacial, 522.—301. Válvula de dos electrodos, 523.—302. Saturación de la carga espacial, 523.—303. Ley del exponente $3/2$ o de Child, 524.—304. Efecto Edison, 525.—305. Válvula de Fleming, 525.—306. Rectificación de onda completa, 526.—307. Válvulas rectificadoras, 527.—308. Tubos de Rayos X, 528.—309. Válvulas de tres electrodos, 528.—310. Características estáticas de la válvula de tres electrodos, 529.—311. Coeficientes de los tubos, 532.—312. Medición de los coeficientes del tubo, 534.—313. Válvulas receptoras de tres electrodos, 537.—314. Amplificación, 537.—315. Características dinámicas, 539.—316. Potencia y rendimiento, 539.—317. Amplificación de tensión, 541.—318. Medida de la amplificación de tensión, 543.—319. Tubos de cuatro electrodos, 544.—320. Tubos de cinco electrodos, 546.—321. Tubos multielectrodos, 548.—322. Regeneración, 548.—OSCILADORES.—323. Oscilación, 549.—324. Tubos de potencia, 554.—MODULACIÓN.—325. Modulación, 554.—326. Modulación en amplitud, 556.—327. Modulación de frecuencia, 558.—DETECCIÓN.—328. Rectificación con tubos de dos electrodos, 560.—329. Detección con válvula triodo de rejilla polarizada, 561.—330. Detección con válvula triodo con resistencia de rejilla,

562.—331. Detección y regeneración, 563.—332. Recepción heterodina o por pulsaciones, 563.—333. Discriminadores de modulación en frecuencia, 565.—RECEPTORES.—334. Circuitos receptores, 566.—335. Receptores superheterodinos, 567.

CAPÍTULO XV

Rectificadores. 570

336. Rectificadores de media onda y de onda completa, 571.—337. Rectificadores mecánicos, 572.—338. Rectificadores electrolíticos, 573.—339. Rectificadores de óxido de cobre, 573.—340. Rectificadores de selenio, 574.—341. Rectificador termiónico, 575.—342. Rectificadores termiónicos de gas enrarecido, 577. RECTIFICADORES DE VAPOR DE MERCURIO.—343. Arco de mercurio, 579.—344. Funcionamiento de los rectificadores monofásicos, 579.—345. Tensiones y corrientes con carga constituida por resistencias, 581.—346. Carga exterior constituida por una batería, 582.—347. Autoinducción del ánodo, 584.—348. Autoinducción de compensación, 585.—349. Rectificador monofásico con recipiente de vidrio, 587.—350. Rectificadores trifásicos, 588.—351. Rectificador de seis fases y autoinducción anódica, 589.—352. Fluctuaciones de la tensión y de la intensidad, 592.—353. Fuerza electromotriz media en corriente continua, 593. RECTIFICADORES Y ONDULADORES DE ATMÓSFERA DE GAS CON MANDO DE REJILLA.—354. Tubo termiónico de cátodo caliente con mando de rejilla (tiratrón), 594.—355. Tiratrón de la General Electric, 595.—356. Mando de rejilla, 596.—357. Métodos de mando de rejilla, 598.—358. El tiratrón como rectificador, 599. EL TIRATRÓN COMO ONDULADOR.—359. Ondulación simple, 600.—360. Circuito del ondulator, 602.—361. Capacidad de los tiratrones, 604.—362. Rectificadores potentes con mando de rejilla, 604.—363. Conexiones para el mando de rejilla, 606.—364. Mando de rejilla en los rectificadores de gran potencia, 608.—365. Ignitrón, 608.—366. Conexiones del ignitrón, 611.—367. Excitrón, 612.—368. Retroceso del arco, 613.—369. Rendimiento de los rectificadores, 613.—370. Regulación electrónica de los motores, 614.

APÉNDICES. 617

PREGUNTAS Y PROBLEMAS. 636

ÍNDICE ALFABÉTICO. 723