

CESARE RIMINI

FONDAMENTI
DI
RADIOTECNICA GENERALE



NICOLA ZANICHELLI EDITORE

BOLOGNA 1948

CESARE RIMINI

FONDAMENTI

DI

RADIOTECNICA GENERALE



NICOLA ZANICHELLI EDITORE

BOLOGNA 1948

INDICE DELLE MATERIE

<i>Prefazione alla prima edizione</i>	Pag. VII
» » <i>seconda edizione</i>	» IX
<i>Avvertenza</i>	» XI

PARTE PRIMA

CAPITOLO PRIMO. — *Richiami di elettromagnetismo e di elettrostatica.*

1. — Energia magnetica	Pag. 3
2. — Coefficienti di induzione propria e mutua	» 6
3. — Calcolo di induttanze	» 10
4. — Induttanze di circuiti incompleti. — Induttanze parziali	» 13
5. — Induttanza di una linea a due fili paralleli	» 15
6. — Campi elettrostatici. — Coefficienti di capacità	» 18
7. — Casi particolari di $n = 2$ ed $n = 3$	» 23
8. — Capacità di una linea a due fili	» 25
9. — Principio delle immagini	» 26
10. — Principio di dualità elettrica	» 28
11. — Trasformazione di una stella di impedenze (o di capacità, o di induttanze) nel triangolo equivalente, e viceversa	» 30
12. — Trasformazione di un sistema a tensione costante con due impedenze in serie in uno a corrente costante con due ammettenze in parallelo	» 32

CAPITOLO SECONDO. — *Elementi dei circuiti elettrici (Resistenza - Induttanza - Capacità).*

1. — Resistenza. — Densità di corrente	Pag. 35
2. — Effetto pellicolare	» 38
3. — Relazioni quantitative. — Caso generale	» 39
4. — Soluzioni approssimate	» 42
5. — Resistenza apparente. — Penetrazione	» 46
6. — Caso del conduttore a nastro	» 48
7. — Osservazioni tecniche	» 50
8. — Caso dei conduttori avvolti a bobina	» 50
9. — Induttanze. — Variometri	» 52

10. - Alcune regole pel calcolo di mutue induttanze	Pag. 57
11. - Induttanze con ferro. - Effetto pellicolare magnetico	» 60
12. - Circuito equivalente ad una bobina	» 63
13. - Capacità parassite delle bobine	» 66
14. - Circuito equivalente ad un condensatore reale. - Angolo di perdita	» 68
15. - Condensatori a capacità variabili	» 69
16. - Condensatori fissi. - Condensatori elettrolitici	» 72

CAPITOLO TERZO. - *Complementi alla teoria dei circuiti elettrici.*

A) Circuiti semplici a costanti concentrate.

1. - Scarica e carica di un condensatore attraverso una resistenza .	Pag. 75
2. - Fenomeni transitori alla apertura e chiusura di un circuito con induttanza e resistenza	» 80
3. - Scarica di un condensatore attraverso una resistenza e una induttanza	» 81
4. - Esame energetico dei fenomeni descritti nel numero precedente .	» 87
5. - Significato del decremento	» 88
6. - Carica di un condensatore attraverso resistenza e induttanza .	» 90
7. - Regime forzato. - Coefficiente di risonanza. - Coefficiente di sovratensione. - Selettività	» 91
8. - Diagramma universale di risonanza	» 97
9. - Variazione della corrente al variare di L o di C	» 101
10. - Circuiti con resistenza, induttanza e capacità in parallelo . . .	» 103
11. - Caratterizzazione di un circuito serie (o parallelo) mediante ε , ω_0 ed R (o g)	» 106
12. - Sistema costituito da capacità e induttanza in parallelo, con resistenze in serie in uno o in entrambi i rami	» 106
13. - Resistenza e reattanza in serie equivalenti ai sistemi del n. prec.	» 110
14. - Sistemi circuitali derivabili dai precedenti	» 113
15. - Selettività dei circuiti precedenti. - Artifici per modificarla . .	» 118

B) Circuiti accoppiati a costanti concentrate.

16. - Sistema costituito da due circuiti. - Accoppiamento	» 121
17. - Coppia di circuiti non dissipativi senza d. d. p. applicata . . .	» 124
18. - Caso particolare di circuiti isocroni	» 125
19. - Circuiti accoppiati con resistenza, in regime libero	» 130
20. - Regolazione della corrente secondaria	» 131
21. - Potenza corrispondente all'accoppiamento critico	» 134
22. - Caso di primario e secondario accordati. - Filtri di banda . . .	» 135
23. - Curva di risonanza dei filtri di banda.	» 139
24. - Coefficiente apparente di risonanza. - Coefficiente di trasferimento energetico	» 141
25. - Rendimento dei filtri di banda	» 143
26. - Rami in parallelo accoppiati magneticamente	» 144
27. - Trasformazione dei sistemi precedenti	» 146
28. - Generalizzazione dei sistemi precedenti	» 153

CAPITOLO QUARTO. — *Reti di impedenze. — Quadripoli.*

1. — Generalità. — Leggi di Kirchhoff	Pag. 159
2. — Principio di sovrapposizione	» 161
3. — Principio di compensazione	» 162
4. — Teorema di Thévenin	» 163
5. — Legge di reciprocità	» 166
6. — Quadripoli. — Relazioni fondamentali	» 167
7. — Equivalenza di un quadripolo ad un sistema di tre impedenze a T o a Π	» 170
8. — Quadripoli simmetrici. — Impedenza caratteristica	» 173
9. — Esponente di trasduzione	» 175
10. — Digressione sulle unità logaritmiche	» 178
11. — Quadripoli simmetrici in cascata	» 180
12. — Significato della impedenza caratteristica e della costante di propagazione	» 181
13. — Quadripoli generali. — Impedenze immagini. — Esponente di trasduzione	» 184
14. — Reti di reattanze	» 186

CAPITOLO QUINTO. — *Circuiti elettrici a costanti distribuite.*

1. — Generalità	Pag. 191
2. — Linea a costanti distribuite	» 192
3. — Distribuzione dei valori di tensione e di corrente	» 195
4. — Riflessione	» 198
5. — Sulle costanti secondarie	» 202
6. — Alcuni casi particolari	» 204
7. — Cenno sulle linee per trasmissioni foniche	» 209
8. — Regime stazionario	» 212
9. — Linee in regime stazionario aperte o cortocircuitate a un estremo	» 216
10. — Diversa deduzione dei risultati precedenti	» 218
11. — Distribuzione delle correnti e delle tensioni in una antenna r. t.	» 222
12. — Antenna con capacità terminale	» 224
13. — Antenna caricata con induttanza alla base	» 225
14. — Antenna caricata con capacità alla base	» 227
15. — Rappresentazione grafica	» 228
16. — Linee dissipative con estremo aperto	» 230
17. — Linee dissipative con estremo cortocircuitato	» 238
18. — Linee dissipative chiuse comunque	» 239
19. — Quadripolo equivalente ad una linea. — Determinazione di Z_0 e di γ	» 240
20. — Relazioni energetiche	» 243
21. — Bobine di induttanza considerate come linee	» 251

CAPITOLO SESTO. — *Applicazioni varie. — Trasformatori. — Filtri.*

1. — Impedenza semplice	Pag. 253
2. — Cellule a squadra	» 253
3. — Dispositivi a ponte	» 255

4. - Trasformatori	Pag. 259
5. - Quadripolo equivalente. - Curve di risposta	» 262
6. - Quadripoli a carattere filtrante	» 268
7. - Condizioni di filtrazione. - Filtri tipici elementari	» 269
8. - Filtri simmetrici	» 276
9. - Filtri derivati. - Filtri composti	» 279
10. - Esempio	» 282
11. - Filtri per alternatori e per rettificatori	» 284
12. - Strutture a II	» 287
13. - Azione filtrante di sistemi semplici serie e parallelo	» 287

CAPITOLO SETTIMO. - *Elementi circuitali non lineari. - Circuiti differenziali.*

1. - Resistenze in senso generale. - Resistenze positive e negative	Pag. 293
2. - Significato energetico del segno della resistenza	» 295
3. - Curva caratteristica di un apparecchio. - Conduttanza e resistenza differenziale	» 296
4. - Circuiti differenziali	» 299
5. - Relazioni energetiche	» 301
6. - Particolari funzionamenti di circuiti differenziali a conduttanza differenziale negativa	» 302
7. - Sistema non lineare in serie con un carico	» 304
8. - Sulla sostituzione di f. e. m. variabili a resistenze variabili	» 305
9. - Induttanze e capacità non lineari. - Relativi elem. differenziali	» 307

CAPITOLO OTTAVO. - *Tubi elettronici.*

A) Diodi.

1. - Effetto Edison. - Tubi a due elettrodi	Pag. 309
2. - Dipendenza della corrente elettronica dalla temperatura del catodo	» 310
3. - Dipendenza della corrente elettronica dalla tensione anodica	» 315
4. - Caratteristica del diodo	» 325
5. - Raddrizzatori a diodi	» 327
6. - Diodi a vuoto non spinto	» 331

B) Triodi.

7. - Tubi a tre elettrodi	» 332
8. - Dipendenza della corrente dalle tensioni dell'anodo e della griglia	» 334
9. - Caratteristiche	» 336
10. - Conduttanza anodica e mutua in un punto qualunque della caratteristica	» 339
11. - Osservazioni sul circuito differenziale equivalente	» 340
12. - Capacità interelettrodiche	» 341
13. - Dipendenza delle costanti fondamentali dalla geometria del tubo	» 343
14. - Capacità griglia-anodo	» 343
15. - Caratteristiche anodiche proprie e mutue	» 344

C) Tetrodi e pentodi.	
16. - Tubi a quattro elettrodi	Pag. 346
17. - Tetrodo a griglia di campo	» 347
18. - Tetrodo a griglia schermante	» 347
19. - Pentodi	» 350
20. - Riduzione della capacità griglia-anodo. - Bigriglie	» 351
D) Altri tubi elettronici.	
21. - Tubi multipli	» 351
22. - Magnetron	» 352
E) Connessioni di più triodi.	
23. - Connessione in parallelo	» 353
24. - Tubi a coefficiente d'amplificazione variabile	» 356
25. - Connessione semisimmetrica di due triodi	» 357
26. - Connessione simmetrica (push-pull) di due triodi	» 359
F) Dati pratici e costruttivi.	
27. - Tubi di piccola potenza	» 361
28. - Tubi di grande potenza	» 364

PARTE SECONDA

CAPITOLO NONO. - *Irradiazione e propagazione delle onde elettromagnetiche*

1. - Campo elettromagnetico	Pag. 369
2. - Campo di un dipolo	» 371
3. - Calcolo della intensità del campo in un punto qualunque	» 373
4. - Energia del campo di un dipolo. - Potenza irradiata	» 379
5. - Semidipolo. - Antenna elementare	» 382
6. - Antenna di lunghezza finita. - Altezza equivalente	» 382
7. - Resistenza di radiazione	» 387
8. - Antenne chiuse o telai.	» 388
9. - Distribuzione del campo a distanza sul suolo	» 389
10. - Distribuzione del campo per un'antenna verticale qualunque. - Applicazione all'antenna verticale in mezz'onda	» 390
11. - Potenza irradiata e resistenza di radiazione per le antenne considerate nel numero precedente	» 392
12. - Antenna qualunque in presenza della terra	» 398
13. - D. d. p. alla ricezione. - Le radiocomunicazioni	» 402
14. - Propagazione in un gas ionizzato	» 404
15. - Presenza di un campo magnetico	» 410
16. - Propagazione alla superficie del suolo. - Teoria di Zenneck	» 412
17. - Cenno sulla teoria di Sommerfeld	» 419
18. - Propagazione delle onde elettromagnetiche	» 422
19. - Altezza degli strati ionizzati	» 429
20. - Velocità di gruppo	» 430

CAPITOLO DECIMO. — *Generatori a scintilla e ad arco. — Alternatori ad alta frequenza.*

1. — Principio del generatore a scintilla. — Spinterometro	Pag. 433
2. — Potenza. — Modi per elevarla. — Spinterometro rotante	» 435
3. — Accoppiamento all'antenna. — Sistemi a scintilla spenta. — Diagrammi di trasmissione	» 437
4. — Proprietà dell'arco voltaico. — Principio del generatore ad arco	» 438
5. — Oscillazioni di prima, di seconda e di terza specie. — Arco Poulsen	» 441
6. — Alternatori ad alta frequenza	» 444
7. — Moltiplicatore di frequenza Goldschmidt	» 446
8. — Moltiplicatori statici di frequenza	» 449
9. — Manipolazione	» 451

CAPITOLO DECIMOPRIMO. — *Generatori differenziali (convertitori) a triodi.*

1. — Generalità	Pag. 453
A) Generatori a triodi funzionanti in classe A.	
2. — Principio dei generatori a triodi	» 455
3. — Correnti e tensioni anodiche. — Rapporto di amplificazione della tensione. — Conservazione della forma	» 456
4. — Funzionamento in classe A. — Impedenza di carico	» 458
5. — Caratteristiche di funzionamento con impedenza ohmica	» 459
6. — Risoluzione grafica dei problemi inerenti al funzionamento in classe A	» 461
7. — Potenza. — Condizione di massimo	» 464
8. — Carico non ohmico	» 466
9. — Dipendenza dell'amplificazione dalla frequenza	» 467
10. — Rendimento di conversione.	» 468
11. — Impedenza d'entrata e suoi effetti	» 470
12. — Neutralizzazione degli effetti della capacità C_{ag}	» 473
13. — Influenza dei valori delle costanti del triodo	» 476
14. — Funzionamento in classe A'	» 477
15. — Alimentazione dei circuiti del triodo. — Polarizzazione automatica (catodica) della griglia	» 477
B) Generatori di classe B e C. — Moltiplicatori di frequenza.	
16. — Elementi influenti sul rendimento di conversione	» 479
17. — Generatori di classe B e C	» 480
18. — Determinazione della corrente anodica note le ampiezze delle tensioni di griglia e di anodo	» 481
19. — I diagrammi $(I_{c1}, E_g)E_{g0} = \text{cost.}$ ed $(I_{c1}, E_g)R = \text{cost.}$	» 484
20. — Potenza massima	» 487
21. — Rendimento. — Considerazioni sul funzionamento in classe C	» 488
22. — Studio analitico dei generatori di classe B e C	» 491
23. — Generatori di classe B'	» 494

24. - Potenza. - Rendimento. - Dissipazioni anodiche e di griglia . Pag. 496
 25. - Esempio di calcolo di un generatore » 499
 26. - Moltiplicatori di frequenza a triodi » 506

C) Generatori autoeccitati.

27. - Principio dell'autoeccitazione » 508
 28. - Condizioni per l'autoeccitazione » 510
 29. - L'amplificazione a retroazione » 514
 30. - Determinazione dell'ampiezza I_{a1} » 515
 31. - Regolazione. - Polarizzazione automatica della griglia con condensatore shuntato » 517
 32. - Altra forma della condizione di autoeccitazione. - Rapporto di accoppiamento » 522
 33. - Generatori dei tipi Meissner, Hartley, Colpitt » 523
 34. - Sistemi generatori a tre punti » 527
 35. - Esempio » 530

D) Controllo della frequenza dei generatori autoeccitati.

36. - Elementi da cui dipende la stabilità della frequenza » 532
 37. - Generalità sui sistemi meccanici oscillanti. - Eventuali circuiti elettrici equivalenti » 534
 38. - Controllo della frequenza col diapason. - Controllo per magnetostrizione » 535
 39. - Proprietà piezoelettriche del quarzo. - Circuito equivalente » 537
 40. - Frequenza propria e frequenza di risonanza in parallelo di una lamina di quarzo. - Reattanza equivalente » 539
 41. - Generatori a frequenza controllata dal quarzo » 540
 42. - Regolazione automatica della frequenza » 542

E) Generatori in cascata.

43. - Generalità » 548
 44. - Accoppiamento a resistenza e controbatteria » 548
 45. - Accoppiamento a resistenza e capacità » 549
 46. - Accoppiamento con impedenza anodica e con circuito anodico accordato » 552
 47. - Accoppiamento con circuito accordato sulla griglia » 553
 48. - Accoppiamento a trasformatore (per alte frequenze) » 554
 49. - Accoppiamento a trasformatore (per basse frequenze) » 558

CAPITOLO DECIMOSECONDO. - *Modulazione e rivelazione.*

1. - Grandezze modulate Pag. 561
 2. - Modulazione mediamente lenta » 563
 3. - Caso particolare della modulante sinusoidale. - Profondità di modulazione. - Potenza » 564
 4. - Modulazione periodica non sinusoidale. - Bande laterali » 566
 5. - Soppressione della portante o di una banda laterale. - Considerazioni sulla sottrazione elettrica » 567

6. - Modificazione della pulsazione portante e rivelazione ottenuta per mezzo di modulazioni. - Supereterodina (primo metodo) . . .	Pag. 569
7. - Variazione nella pulsazione portante per via di somma. - Etero- dina. - Supereterodina (secondo metodo)	» 570
8. - Rivelatori lineari	» 573
9. - Rivelatori quadratici	» 576
10. - Caratteristiche di rivelazione	» 580
11. - Rivelazione a triodo per caratteristica anodica	» 581
12. - Rivelazione a triodo per caratteristica di griglia	» 582
13. - Dimensionamento della resistenza R e della capacità C	» 588
14. - Caratteristiche della rivelazione per griglia.	» 591
15. - Rivelazione con diodo-triodo, e con binodo	» 593
16. - Rivelazione con due triodi in connessione semisimmetrica	» 594
17. - Generalità sui metodi di modulazione	» 595
18. - Alcuni modulatori della prima categoria	» 596
19. - Modulazione col metodo Heising o a corrente costante	» 596
20. - Varianti del metodo precedente	» 601
21. - Altri metodi di modulazione della prima categoria	» 603
22. - Modulatori della seconda categoria	» 604
23. - Soppressione dell'onda portante.	» 606

CAPITOLO DECIMOTERZO. - *Stazioni radiobrasmittenti e radioriceventi.*

1. - Generalità	Pag. 609
2. - Complessi generatori.	» 610
3. - Stadi modulatori. - Modulazione. - Manipolazione	» 611
4. - Sorgenti di tensione continua. - Raddrizzatori di tensioni alternate	» 615
5. - Raddrizzatori monofasi	» 616
6. - Raddrizzatori trifasi	» 618
7. - Filtri	» 622
8. - Raddrizzatori a tre elettrodi	» 627
9. - Filtrazione delle tensioni fornite da generatori elettromeccanici	» 628
10. - Alimentazione dell'aereo	» 629
11. - Vari tipi di antenne per onde lunghe e medie	» 630
12. - Prese di terra	» 633
13. - Potenza irradiata e dissipata. - Rendimento	» 634
14. - Generalità sulle radioricezioni	» 637
15. - Ricevitori per radiodiffusione	» 639
16. - Struttura di un sistema radioricevente	» 640
17. - Cambiamento di frequenza	» 641
18. - Realizzazione effettiva del cambiamento di frequenza	» 644
19. - Stadi di bassa frequenza. - Accessori di regolazione	» 649
20. - Sorgenti di tensioni continue per i ricevitori.	» 652
21. - Esempi.	» 654
22. - Ricezione radiotelegrafica	» 657
23. - Ricezione di emissioni mancanti di alcuni degli elementi com- ponenti un'onda modulata	» 659
24. - Disturbi alla ricezione	» 661

CAPITOLO DECIMOQUARTO. — Radiocomunicazioni direttive. — Cenni di radiogoniometria.

1. — Il problema della direttività delle onde e.m.	Pag. 665
2. — Allineamento di radiatori verticali	» 666
3. — Coppia di allineamenti paralleli	» 668
4. — Casi particolari. — Coppie di radiatori	» 669
5. — Allineamenti semplici e doppi	» 674
6. — Economia realizzabile coi sistemi direttivi	» 676
7. — Alimentazione degli allineamenti	» 677
8. — Allineamenti doppi. — Riflettori parassiti. — Riflettori parabolici	» 682
9. — Direttività zenitale di un radiatore verticale	» 684
10. — Radiatore isolato. — Antenne orizzontali	» 687
11. — L'aereo bifilare (R.C.A.)	» 688
12. — Proprietà direttive dell'antenna ad L	» 689
13. — Antenna Beverage.	» 690
14. — Estensione al caso di onde corte	» 693
15. — Proprietà direttive dei telai	» 693
16. — Selettività geometrica degli aerei riceventi direttivi. — Radio-	» 695
goniometria	
17. — Radiogoniometro	» 697
18. — Applicazioni. — Radiofari	» 698

APPENDICE

A) Richiami e complementi di matematica.

1. — Serie esponenziale e serie trigonometriche	Pag. 703
2. — Serie binomiale e serie logaritmica	» 705
3. — Funzioni iperboliche	» 705
4. — Le funzioni $\text{Si}(x)$ e $\text{Ci}(x)$	» 711
5. — Integrali di prodotti di seni e coseni	» 714
6. — Funzioni periodiche. — Sviluppo di Fourier	» 715
7. — Coefficienti dello sviluppo di Fourier. — Valore efficace. — Per-	» 716
centuale di armoniche	
8. — Valutazione delle ampiezze delle armoniche. — Esempi	» 718
9. — Equazioni differenziali lineari	» 724
10. — Sistemi di equazioni differenziali	» 727

B) Vettori. — Operatori vettoriali. — Potenziale.

1. — Vettori e scalari. — Somma e prodotti di vettori	» 728
2. — Vettori e scalari funzioni di punto. — Flusso. — Circuitazione	» 730
3. — Gli operatori differenziali grad, div, rot. — Teoremi della diver-	» 733
genza e della circuitazione	
4. — Proprietà degli operatori grad, div, rot. — Il vettore $P-O$	» 737
5. — Potenziali ordinari	» 739
6. — Potenziali ritardati	» 742

C) Principi della teoria di Maxwell.

1. - Campo elettrostatico	Pag. 746
2. - Correnti elettriche permanenti. - Campo magnetico	» 748
3. - Corrente totale. - Equazioni di Maxwell	» 751
4. - Relazioni energetiche. - Teorema di Poynting	» 755
5. - Velocità di propagazione dei fatti elettromagnetici	» 757
6. - Propagazione di un'onda sinusoidale	» 760
7. - Determinazione del campo elettromagnetico date le correnti e le cariche	» 764
8. - Campo elettromagnetico dovuto ad una distribuzione di dipoli	» 768
9. - Applicazione del principio delle immagini	» 772
INDICE ANALITICO	» 777