

*Roberto Capucci*  
*Photo Office*

CÉSARI  
PRINCIPI  
DI  
ELETTECNICA

*12*

GIUSEPPE CÉSARI - EDITORE - ASCOLI

L. 20  
NETTO

BIBLIOTECA TECNICO-SCIENTIFICA

ING. PIETRO ENRICO CÈSARI

Direttore della R. Scuola Tecnica Industriale di Ascoli

PRINCIPI  
DI  
Elettrotecnica

*ad uso delle Scuole Industriali e Professionali*

*Quarta edizione*



Ascoli

*Casa Editrice di Giuseppe Cèsari*

1943-XXI

# INDICE

<i>Avvertenza</i> . . . . .	Pag. VII
<i>Programma ministeriale</i> . . . . .	» VIII
<i>Indice</i> . . . . .	» IX

## CAPITOLO I.

### *La corrente elettrica*

La corrente elettrica. Corpi conduttori e isolanti . . . . .	Pag. 1
Differenza di potenziale o tensione . . . . .	» 2
Effetti della corrente elettrica . . . . .	» 3
Misura della intensità della corrente elettrica . . . . .	» 4
Quantità di elettricità e sua misura . . . . .	» 5
Resistenza elettrica . . . . .	» 6
Unità di resistenza . . . . .	» 7
Resistenza specifica . . . . .	» 8
Calcolo della resistenza di un conduttore . . . . .	» 9
Variazione della resistenza con la temperatura . . . . .	» 11
Legge di Ohm . . . . .	» 12
Unità di differenza di potenziale . . . . .	» 14
Caduta di tensione . . . . .	» 15
Reostati . . . . .	» 16
Resistenze in serie . . . . .	» 17
Resistenze in parallelo . . . . .	» 18
Calcolo delle correnti derivate . . . . .	» 20
Resistenze in serie-parallelo . . . . .	» 21
Condensatori . . . . .	» 22
Capacità dei condensatori . . . . .	» 22
Calcolo e misura della capacità . . . . .	» 23
Collegamento dei condensatori . . . . .	» 24
Condensatori industriali . . . . .	» 25
Energia e potenza di una corrente . . . . .	» 27
Unità di energia e di potenza . . . . .	» 28
Rapporti tra le diverse unità di potenza e di lavoro . . . . .	» 30
Effetto termico della corrente . . . . .	» 31
Calcolo della sezione dei conduttori . . . . .	» 31

Legge di Joule . . . . .	Pag.	34
Applicazioni dell'effetto termico. Lampade elettriche ad incandescenza »		35
Lampade ad arco . . . . .	»	38
Stufe elettriche . . . . .	»	39
Fornelli e altre applicazioni termiche . . . . .	»	41
Forni elettrici . . . . .	»	43
Corto circuito e valvole di protezione . . . . .	»	43
Fenomeno Seebeck e pirometro elettrico . . . . .	»	45
Scariche elettriche . . . . .	»	47
Elettricit� atmosferica . . . . .	»	48
Scariche nei gas rarefatti. Tubi luminosi . . . . .	»	49
Raggi catodici e raggi Röntgen o raggi X . . . . .	»	50
Radioscopia e radiografia . . . . .	»	52
Teoria dell'elettricit� . . . . .	»	53

## CAPITOLO II.

*Pile e accumulatori. Effetti chimici della corrente*

Pila di Volta . . . . .	Pag.	55
Forza elettromotrice e resistenza interna di una pila . . . . .	»	55
Polarizzazione delle pile . . . . .	»	56
Pile a depolarizzante . . . . .	»	57
Pila italiana . . . . .	»	58
Pila Leclanch� a liquido . . . . .	»	59
Pila Leclanch� a carbone poroso . . . . .	»	61
Pile a secco e a semisecco . . . . .	»	62
Corrente nel circuito di una pila . . . . .	»	63
Batterie di pile . . . . .	»	65
Pile in serie . . . . .	»	65
Pile in parallelo . . . . .	»	66
Pile in serie-parallelo . . . . .	»	67
Corrente e tensione di una batteria . . . . .	»	67
Rendimento e collegamento pratico delle pile . . . . .	»	67
Elettrolisi . . . . .	»	68
Leggi elettrochimiche . . . . .	»	69
Applicazioni elettrochimiche. Galvanizzazione . . . . .	»	70
Accumulatori a piombo . . . . .	»	72
Processi di formazione delle piastre . . . . .	»	74
F. e. m. e resistenza interna degli accumulatori . . . . .	»	76
Diagrammi di carica e scarica . . . . .	»	78
Manutenzione e verifica degli accumulatori . . . . .	»	80
Capacit� degli accumulatori . . . . .	»	81
Costituzione e caratteristiche degli accumulatori . . . . .	»	82

Rendimento in energia ed in capacità . . . . .	Pag.	84
Accumulatori leggeri Edison a ferro-nichel o a nichel-cadmio . . . . .	»	85
Batterie d'accumulatori . . . . .	»	86
Calcolo e funzionamento di una batteria . . . . .	»	87
Uso degli accumulatori . . . . .	»	90

## CAPITOLO III.

*Magnetismo ed elettromagnetismo*

Magnetismo . . . . .	Pag.	93
Polarità magnetica . . . . .	»	93
Costituzione di un magnete . . . . .	»	94
Attrazioni e repulsioni tra magneti . . . . .	»	95
Magnetismo terrestre e bussola . . . . .	»	96
Declinazione ed inclinazione magnetica . . . . .	»	97
Spettri magnetici e linee di flusso di un magnete . . . . .	»	99
Magnetizzazione per induzione . . . . .	»	101
Linee di induzione nell'interno di un materiale . . . . .	»	102
Effetto magnetico della corrente . . . . .	»	103
Campo magnetico di una corrente rettilinea . . . . .	»	105
Campo magnetico di una spira e di una bobina . . . . .	»	106
Azioni elettrodinamiche e magnetoelettriche . . . . .	»	108
Circuito magnetico. Riluttanza e permeabilità . . . . .	»	110
Curva di magnetizzazione e saturazione magnetica . . . . .	»	112
Isteresi magnetica . . . . .	»	113
Cicli d'isteresi dei materiali magnetici comuni . . . . .	»	115
Magneti permanenti . . . . .	»	116
Applicazioni dell'elettromagnetismo. Elettromagneti . . . . .	»	117
Forza portante. Elettromagnete di sollevamento . . . . .	»	118
Interruttori automatici . . . . .	»	120
Le suonerie elettriche . . . . .	»	121
Il telegrafo - Apparecchi e segnali . . . . .	»	123
Induzione elettromagnetica . . . . .	»	127
Legge di Faraday sulla f. e. m. indotta . . . . .	»	128
Direzione della f. e. m. indotta . . . . .	»	130
Legge di Lenz sulle correnti indotte . . . . .	»	131
Applicazioni della induzione elettromagnetica . . . . .	»	133
Il telefono - Ricevitore elettromagnetico e microfono . . . . .	»	134
Correnti parassite o di Foucault . . . . .	»	136
Freni e smorzatori elettromagnetici . . . . .	»	138
Laminazione dei nuclei . . . . .	»	140
Mutua induzione di due circuiti . . . . .	»	142
Applicazione ed effetti della mutua induzione . . . . .	»	142

Fenomeno di autoinduzione . . . . .	Pag.	144
Paragone dell' autoinduzione con l'inerzia . . . . .	»	146
Induttanza di un circuito . . . . .	»	147

## CAPITOLO IV.

*Dinamo e motori a corrente continua*

Costituzione delle dinamo . . . . .	Pag.	149
Induttore . . . . .	»	149
Indotto ad anello . . . . .	»	150
Collettore e spazzole . . . . .	»	153
Indotto a tamburo . . . . .	»	156
Spostamento delle spazzole ed angolo di calaggio . . . . .	»	158
Poli ausiliari di compensazione . . . . .	»	159
Sistemi di eccitazione delle dinamo . . . . .	»	160
Potenza e rendimento delle dinamo . . . . .	»	163
Reversibilità delle dinamo. Motori elettrici . . . . .	»	164
Avviamento dei motori . . . . .	»	166
Tipi di motori e loro caratteristiche . . . . .	»	167
Potenza e rendimento dei motori . . . . .	»	170

## CAPITOLO V.

*La corrente alternata*

Produzione di una corrente alternata . . . . .	Pag.	171
Vantaggi della corrente alternata . . . . .	»	172
Effetti della corrente alternata . . . . .	»	173
Diagramma sinusoidale di una f. e. m. alternata . . . . .	»	175
Diagramma sinusoidale di una corrente alternata . . . . .	»	177
Ampiezza, periodo e frequenza . . . . .	»	178
Frequenze industriali e frequenze speciali . . . . .	»	179
Grandezze alternate in fase e sfasate . . . . .	»	180
Valore efficace di una corrente alternata . . . . .	»	182
Valore efficace di una tensione alternata . . . . .	»	183
Corrente alternata in una resistenza ohmica . . . . .	»	184
Corrente alternata in un circuito induttivo. F. e. m. induttiva . . . . .	»	184
Analogia meccanica di una corrente induttiva . . . . .	»	185
Calcolo della corrente. Impedenza e reattanza . . . . .	»	186
Angolo di sfasamento in un circuito induttivo. Fattore di potenza . . . . .	»	187
Effetto di un condensatore in un circuito a corrente alternata. Corrente di scarica . . . . .	»	188
Circuito con capacità e resistenza in serie. Impedenza e capacitanza. Calcolo della corrente e del fattore di potenza . . . . .	»	189

Impedenza di un circuito con resistenza, induttanza e capacità in serie . . . . .	Pag.	191
Potenza di una corrente alternata . . . . .	»	192
Vantaggi per le macchine di un fattore di potenza elevato . . . . .	»	193
Potenza termica di una corrente alternata in un circuito . . . . .	»	194
Perdite per effetto termico nelle linee. Effetto dello sfasamento . . . . .	»	195
Fattori di potenza industriali . . . . .	»	196
Sistemi polifasi . . . . .	»	197
Sistema trifase . . . . .	»	198
Collegamento a stella . . . . .	»	199
Collegamento a triangolo . . . . .	»	201
Collegamento di apparecchi utilizzatori su una linea trifase . . . . .	»	202
Potenza di un circuito trifase equilibrato . . . . .	»	203

## CAPITOLO VI.

*Alternatori e motori a corrente alternata*

Costituzione degli alternatori . . . . .	Pag.	205
Alternatori con indotto ruotante . . . . .	»	205
Inconvenienti dell'indotto ruotante . . . . .	»	207
Alternatore a induttore ruotante . . . . .	»	208
Frequenza, numero dei poli e velocità . . . . .	»	211
Caduta di tensione sotto carico. Caratteristica esterna . . . . .	»	213
Regolazione degli alternatori . . . . .	»	214
Potenza effettiva ed apparente degli alternatori . . . . .	»	216
Rendimento degli alternatori . . . . .	»	217
Collegamento degli alternatori . . . . .	»	218
Accoppiamento in parallelo . . . . .	»	218
Parallelo con lampada e voltmetro di fase . . . . .	»	220
Parallelo con lampada spenta . . . . .	»	221
Diagramma della corrente nella lampada . . . . .	»	222
Reversibilità degli alternatori. Motori sincroni . . . . .	»	224
Corrente di eccitazione. Statore e rotore . . . . .	»	225
Difficoltà e metodi di avviamento dei motori sincroni . . . . .	»	226
Motori sincroni come correttori di fase. Compensatori sincroni . . . . .	»	227
Riepilogo delle caratteristiche dei motori sincroni . . . . .	»	228
Motori ad induzione . . . . .	»	229
Campo magnetico rotante . . . . .	»	229
Campo rotante bipolare con corrente bifase o trifase . . . . .	»	230
Campo rotante multipolare. Velocità del campo rotante . . . . .	»	232
Inversione di un campo rotante . . . . .	»	233
Collegamento a stella e a triangolo . . . . .	»	233
Rotore a gabbia . . . . .	»	234

Funzionamento del motore ad induzione . . . . .	Pag.	235
Velocità di rotazione . . . . .	»	237
Scorrimento. Caratteristica di marcia . . . . .	»	237
Condizioni di avviamento di un motore ad induzione . . . . .	»	239
Motori in corto circuito . . . . .	»	240
Motori ad anelli . . . . .	»	241
Reostato e manovre di avviamento . . . . .	»	242
Variazione del fattore di potenza col carico . . . . .	»	244
Potenza e rendimento dei motori . . . . .	»	244
Motori monofasi . . . . .	»	245

## CAPITOLO VII.

*Impianto e manutenzione dei motori*

Scelta dei motori . . . . .	Pag.	246
Impianto dei motori . . . . .	»	247
Norme di impianto, linea di alimentazione e protezioni . . . . .	»	249
Salvamotore . . . . .	»	250
Schemi di collegamento e inversione di marcia . . . . .	»	251
Avviamento e regolazione . . . . .	»	253
Manutenzione dei motori . . . . .	»	255
Inconvenienti e guasti nei motori . . . . .	»	255

## CAPITOLO VIII.

*Trasformatori, convertitori e raddrizzatori*

Costituzione dei trasformatori . . . . .	Pag.	257
Rapporti tra le f. e. m. e le tensioni . . . . .	»	258
Rapporto tra le correnti . . . . .	»	259
Trasformatori elevatori e riduttori . . . . .	»	260
Uso e vantaggi dei trasformatori . . . . .	»	262
Potenza effettiva e apparente . . . . .	»	263
Rendimento di un trasformatore . . . . .	»	263
Trasformatori monofasi e trifasi . . . . .	»	264
Raffreddamento in aria dei trasformatori . . . . .	»	266
Trasformatori in olio a ventilazione naturale e forzata . . . . .	»	267
Trasformatori in olio con raffreddamento ad acqua . . . . .	»	270
Conversione della corrente alternata in corrente continua . . . . .	»	272
Gruppi convertitori . . . . .	»	272
Convertitori ruotanti o convertitrici . . . . .	»	274
Raddrizzatori di corrente . . . . .	»	275
Raddrizzatori Kuprox o ad ossido di rame . . . . .	»	276
Raddrizzatori a vapore di mercurio . . . . .	»	278

Raddrizzatori moderni in cassa metallica . . . . .	Pag.	280
Vantaggi ed uso dei raddrizzatori . . . . .	»	281
Raddrizzatori termoionici . . . . .	»	283
Rocchetto di Ruhmkorff . . . . .	»	285
Dispositivi di accensione nei motori a scoppio . . . . .	»	287

## CAPITOLO IX.

*Misure elettriche e tarifficazione dell'energia*

Unità elettriche di misura . . . . .	Pag.	291
Strumenti ed apparecchi per le misure elettriche . . . . .	»	292
Funzionamento degli apparecchi di misura . . . . .	»	293
Galvanometri . . . . .	»	297
Amperometri . . . . .	»	299
Collegamento degli amperometri . . . . .	»	301
Voltometri. Funzionamento e disposizione in circuito . . . . .	»	302
Misura delle resistenze . . . . .	»	306
Misura della potenza e wattometri . . . . .	»	308
Tipi, collegamento ed uso dei wattometri . . . . .	»	310
Misura della potenza in un circuito trifase . . . . .	»	310
Contatori . . . . .	»	312
Tarifficazione dell'energia elettrica . . . . .	»	314
Oneri speciali della fornitura di energia elettrica . . . . .	»	315
Misura della frequenza. Frequenzimetri . . . . .	»	317

## CAPITOLO X.

*Prevenzione degli infortuni e soccorsi d'urgenza*

Pericoli della corrente elettrica . . . . .	Pag.	319
Principali norme d'impianto . . . . .	»	320
Effetti fisiologici della corrente . . . . .	»	322
Soccorsi d'urgenza ai colpiti da corrente elettrica . . . . .	»	323