

Indice

Presentazione

Capitolo 1 - *Introduzione*

1.1	Elettromagnetismo ed elettrotecnica	1
1.2	Limiti della teoria dei circuiti	3
1.3	Grandezze elettriche su un multipolo e leggi di Kirchhoff	6
1.4	Bipoli elettrici	11
1.4.1	Potenza entrante e passività	11
1.4.2	Relazioni costitutive	12
1.4.3	Resistore ideale	15
1.4.4	Generatori ideali di tensione	17
1.4.5	Generatori ideali di corrente	19
1.4.6	Induttore ideale	20
1.4.7	Condensatore ideale	22
1.4.8	Bipoli composti	24
1.5	Multipoli e Multiporta	25
1.5.1	Multipoli	25
1.5.2	Multiporta	27
1.6	Principio di sostituzione e definizioni sulle reti	28

Capitolo 2 - *Reti resistive o senza memoria*

2.1	Circuiti elementari	31
2.2	Resistore costituito da una rete di resistori	32
2.2.1	Connessione in serie di resistori	34
2.2.2	Connessione in parallelo di resistori	36
2.2.3	Trasformazione triangolo-stella	41

2.2.4	Trasformazione stella-triangolo	42
2.3	Metodi particolari per il calcolo di una rete con un solo generatore . .	43
2.3.1	Partitore di tensione	43
2.3.2	Partitore di corrente	46
2.4	Metodi di calcolo di reti con più di un generatore	48
2.4.1	Trasformazione di generatori	48
2.4.2	Connessioni serie e parallelo di generatori	52
2.4.2.1	Connessione in serie di generatori indipendenti di tensione	52
2.4.2.2	Connessione in parallelo di generatori indipendenti di corrente	53
2.4.2.3	Connessioni tra generatori indipendenti di tensione e di corrente . . .	54
2.4.2.4	Parallelo tra generatori di tensione identici	56
2.4.2.5	Serie tra generatori di corrente identici	58
2.4.3	Teorema di Millman	61
2.4.4	Principio di sovrapposizione degli effetti	63
2.5	Applicazioni del principio di sostituzione	67
2.5.1	Introduzione	67
2.5.2	Teorema di Thevenin	68
2.5.3	Teorema di Norton	74
2.6	Metodi generali	80
2.6.1	Introduzione	80
2.6.2	Reti di bipoli	81
2.6.3	Metodo dei nodi	84
2.6.4	Metodo degli anelli	91
2.7	Generatori controllati	98
2.7.1	Classificazione	98
2.7.2	Analisi di reti resistive in presenza di generatori controllati	100
2.7.3	Teoremi di Thevenin e Norton per circuiti contenenti generatori controllati	104
2.8	Multipoli resistivi	112
2.8.1	Trasformatore ideale	112
2.8.2	Circuito equivalente del trasformatore ideale	118
2.8.3	Amplificatore operazionale ideale	120
2.8.4	Analisi di reti con amplificatori operazionali ideali	123
2.9	Resistori non ideali	126
2.9.1	Resistori variabili nel tempo	126
2.9.2	Resistori non lineari	128
2.9.3	Calcolo di reti resistive in presenza di un resistore non lineare	129
2.9.4	Diodo ideale	131
2.10	Appendice: Nozioni di base sulla Teoria dei Grafi	136
2.11	Appendice: Matrice di incidenza e Teorema di Tellegen	143
2.11.1	Matrice di incidenza	143
2.11.2	Proprietà delle matrici di incidenza	144
2.11.3	Teorema di Tellegen	146

Capitolo 3 - Reti in regime sinusoidale

3.1	Funzioni sinusoidali nel tempo e loro rappresentazione mediante fasori	149
3.1.1	Funzioni del tempo sinusoidali	149
3.1.2	Fasori	153
3.1.3	Proprietà dei fasori	156
3.2	Reti nel dominio dei fasori	158
3.2.1	Equazioni di Kirchhoff nel dominio dei fasori	161
3.2.2	Relazioni costitutive nel dominio dei fasori	161
3.3	Impedenza ed ammettenza di un bipolo inerte	164
3.3.1	Impedenze in serie	167
3.3.2	Ammettenze in parallelo	169
3.3.3	Trasformazioni triangolo–stella e stella–triangolo	170
3.3.4	Partitore di tensione	171
3.3.5	Partitore di corrente	171
3.4	Calcolo simbolico mediante fasori	173
3.5	Diagrammi fasoriali	175
3.6	Potenze in regime sinusoidale	181
3.6.1	Potenza istantanea	181
3.6.2	Potenza fluttuante, potenza attiva P e significato fisico della potenza attiva	182
3.6.3	Potenza reattiva Q e suo significato fisico	184
3.6.4	Conservazione della potenza attiva e della potenza reattiva	186
3.6.5	Potenza complessa P_c e potenza apparente A	190
3.6.6	Potenze sui multipoli e multiporta in regime sinusoidale	191
3.7	Teorema della massima potenza	192
3.7.1	Circuiti adattatori	194
3.8	Rifasamento	195
3.9	Diagrammi polari	199
3.10	Regime stazionario	200
3.11	Bipoli induttivi e capacitivi	201
3.12	Multipoli e multiporta induttivi	204
3.12.1	Doppi bipoli induttivi	204
3.12.2	Induttori accoppiati	210
3.12.3	Trasformatori a più porte	211

Capitolo 4 - Sistemi di potenza

4.1	Linee di tensione sinusoidale per il trasporto dell'energia elettrica . .	213
4.2	Sistemi monofase	214
4.3	Sistemi trifase	215
4.3.1	Generatore trifase	215
4.3.2	Carico trifase	218
4.3.3	Rete trifase simmetrica ed equilibrata	219
4.3.4	Potenze in reti trifase simmetriche ed equilibrate	224

4.3.5	Confronto tra potenze dissipate in linea con alimentazione trifase e monofase	225
4.3.6	Rifasamento di carichi trifase	226
4.3.7	Caduta di tensione su linea trifase	228
4.3.8	Sistemi con un quarto filo di neutro	230
4.4	Trasformatore	232
4.4.1	Generalità	232
4.4.2	Circuiti equivalenti	232
4.4.3	Determinazione dei parametri del circuito equivalente	236
4.4.4	Regolazione di tensione (caduta di tensione)	241
4.4.5	Rendimento	243
4.4.6	Autotrasformatore	245
4.4.7	Trasformatori trifasi	247
4.4.8	Trasformazione mediante tre unità monofasi	252
4.4.9	Trasformazione con nucleo magnetico unico (a tre colonne)	256
4.4.10	Collegamento a zig-zag (simbolo Z)	256
4.4.11	Trasformatori di misura	258
4.4.12	Parallelo dei trasformatori	259
4.5	Conversione elettromeccanica dell'energia	261
4.5.1	Richiami	261
4.5.2	Trasduttori (macchine) rotanti	264
4.5.3	Macchina a induzione (asincrona)	267
4.5.3.1	Generalità	267
4.5.3.2	Caratteristiche costruttive	268
4.5.3.3	Analogie con il trasformatore: trasformatore a campo rotante	272
4.5.3.4	Macchina asincrona a rotore libero	273
4.5.4	Caratteristica meccanica	278
4.5.4.1	Regolazione della velocità	281
4.5.4.2	Raffreddamento e sistemi di chiusura	282
4.5.4.3	Rendimento	282
4.5.4.4	Motori asincroni monofase	285
4.5.5	Macchine sincrone	289
4.5.5.1	Generalità	289
4.5.5.2	Funzionamento e modelli	293
4.5.5.3	Potenza Coppia-Rendimento	305
4.5.5.4	Modelli di Potier e di Blondel	307
4.5.5.5	Motori sincroni monofase	311

Capitolo 5 - Reti dinamiche nel dominio del tempo

5.1	Introduzione	315
5.2	Determinazione dei valori iniziali nelle reti non degeneri	317
5.3	Reti ad una costante di tempo	321
5.3.1	Presenza di generatori costanti	321
5.3.2	Presenza di generatori sinusoidali	334
5.3.3	Presenza di generatori discontinui	336

5.4	Reti a due costanti di tempo	339
5.4.1	Equazioni di uscita	339
5.4.2	Poli di una rete	341
5.4.2.1	Determinazione pratica dei poli di una rete	344
5.4.3	Transitori in presenza di generatori costanti	348
5.4.4	Presenza di generatori sinusoidali	351
5.4.5	Forme d'onda dei transitori nelle reti a due costanti di tempo	357
5.4.6	Dinamica delle reti con più costanti di tempo	363
5.4.7	Analisi di reti dinamiche arbitrarie	363
5.4.7.1	Equazioni differenziali di una rete	364
5.4.7.2	Equazioni di stato	366
5.4.8	Soluzione numerica delle equazioni differenziali di una rete	368

Capitolo 6 - *L'uso delle trasformate di Laplace per le reti lineari*

6.1	Introduzione	371
6.2	Leggi di Kirchhoff nel dominio delle Trasformate di Laplace	372
6.3	Relazioni costitutive nel dominio delle Trasformate di Laplace	373
6.4	Impedenza ed ammettenza di un bipolo	376
6.5	Calcolo simbolico con le Trasformate di Laplace	378
6.6	Calcolo di Trasformate	383
6.6.1	Casi particolari	383
6.6.2	Trasformate di Laplace di funzioni definite diversamente in intervalli contigui	384
6.6.3	Trasformata di una funzione periodica	387
6.7	Calcolo di Antitrasformate	388
6.7.1	Casi particolari	388
6.7.2	Antitrasformate di funzioni razionali fratte	390
6.7.3	Decomposizione in fratti semplici	390
6.7.4	Antitrasformate di funzioni del tipo $G(s)/(1 - \exp(-Ts))$	395
6.8	Teorema del valore iniziale e finale	396
6.9	Applicazioni	397

Capitolo 7 - *Reti dinamiche nel dominio della frequenza*

7.1	Introduzione	421
7.2	Ingressi sinusoidali non isofrequenziali	421
7.3	Ingressi arbitrari nel tempo	424
7.4	Segnali periodici	426
7.5	Alcune definizioni	427
7.5.1	Spettro di un segnale	427
7.5.2	Banda di un segnale	428
7.5.3	Confronto tra spettri di segnali aperiodici e periodici	430
7.5.4	Proprietà delle Trasformate di Fourier	431
7.6	Funzione di trasferimento	433
7.6.1	Introduzione	433

7.6.2	Esempi di calcolo di funzioni di trasferimento	439
7.6.3	Una applicazione: i Risuonatori	442
7.6.4	Realizzazione di filtri con amplificatori operazionali	445
7.7	Diagrammi di Bode	446
7.7.1	Valutazioni in decibel	446
7.7.1.1	Decibel di tensione	446
7.7.1.2	Decibel di corrente	449
7.7.1.3	Decibel di potenza	449
7.7.1.4	Scale logaritmiche	450
7.7.2	Diagrammi di Bode di spettro di ampiezza	452
7.7.2.1	Zeri (o poli) semplici e reali	453
7.7.2.2	Zeri (o poli) multipli e reali	459
7.7.2.3	Zeri e poli complessi coniugati	462
7.7.2.4	Zeri e poli complessi coniugati multipli	468
7.7.2.5	Ricostruzione della funzione di trasferimento dalla maschera dello spettro di ampiezza	468
7.7.3	Diagrammi di fase	469
7.7.3.1	Zero reale	470
7.7.3.2	Polo reale	470
7.7.3.3	Coppia poli (o di zeri) complessi coniugati	471

Capitolo 8 - *Parametri di reti una-porta e di reti due-porte*

8.1	Premessa	479
8.2	Reti "Una-porta"	479
8.3	Reti "Due-porte"	485
8.3.1	Generalità	485
8.3.2	Parametri Z	488
8.3.3	Parametri y	495
8.3.4	Parametri h	504
8.3.5	Parametri g	508
8.3.5.1	Parametri A, B, C, D , o di trasmissione diretta	511
8.3.6	Parametri di trasmissione inversa	517
8.3.7	Relazioni tra i parametri due porte	519
8.3.8	Impiego dei parametri due-porte	523
8.4	Esercizi	528

Capitolo 9 - *Simulazione dei circuiti*

9.1	Il Programma SPICE	545
9.2	Modalità d'uso del programma PSpice	546
9.3	Simulazione di circuiti in corrente continua	547
9.3.1	Componenti reattivi e analisi in corrente continua	554
9.3.2	Analisi in continua con variazioni nei generatori indipendenti	555
9.4	Simulazione della risposta in frequenza	557
9.5	Un esempio di simulazione in frequenza	559

9.6	Simulazione nel dominio del tempo	561
9.6.1	Generatori indipendenti	563
9.6.2	Impostazioni per la simulazione nel dominio del tempo	565
9.6.3	Esempio di simulazione nel dominio del tempo	566
9.6.4	Uso di condizioni iniziali	566
9.6.5	Accuratezza nei risultati della simulazione transitoria	571
9.7	Altri tipi di analisi	572
9.8	Simulazione di circuiti non lineari	572
9.8.1	Dispositivi a semiconduttore	572
9.9	Esempi	573
9.9.1	Circuito con amplificatore operazionale	573
9.9.2	Inseguitore d'emettitore	576
9.9.3	Simulazioni ripetute con variazioni dei parametri	577

Capitolo 10 - *Esercizi Riepilogativi*

Appendice A - *Distribuzioni, Trasformate di Fourier, Trasformate di Laplace*

A.1	Considerazioni sulle distribuzioni	633
A.2	Trasformate di Fourier	639
A.3	Cenni sulle funzioni analitiche	641
A.4	Trasformate di Laplace	646
A.5	Proprietà fondamentali delle Trasformate di Laplace	647
A.6	Singolarità delle Trasformate di Laplace	649
A.7	Antitrasformata di Laplace	652
A.8	Legami fra Trasformata di Laplace e Trasformata di Fourier	654