

Indice

Prefazione alla seconda edizione	XXIII
Prefazione alla prima edizione	XXV
Capitolo 1 – L’evaporatore	
1.1 Nozioni fondamentali	1
1.2 Processi energetici nell’evaporatore	2
Capitolo 2 – Modi di evaporazione	
2.1 Evaporazione diretta	5
2.2 Evaporazione indiretta	6
2.3 Tipi di raffreddatori d’aria (per refrigerazione industriale e commerciale)	6
2.4 Tipi di raffreddatori di liquido	6
Capitolo 3 – Evaporatore per raffreddamento di liquidi a espansione secca	
3.1 Evaporatori a fascio tubolare	7
3.2 Evaporatore coassiale	12
3.3 Evaporatore a piastre	13
3.3.1 Vantaggi dell’evaporatore a piastre	13
3.3.2 Costruzione e funzione dell’evaporatore a piastre	14
3.3.3 Collaudo sotto pressione	19
3.3.4 Alimentazione dei fluidi nell’evaporatore a piastre	20
3.3.5 Materiali	21
3.3.6 L’evaporatore a piastre negli impianti frigoriferi	22
3.3.7 Scambiatore di calore a piastre per il raffreddamento di olio	24
3.4 Evaporatore a serpentina di tubo liscio	25
3.5 Agitatore per vasca	26
3.6 Accumulatore di ghiaccio	26

Capitolo 4 – Evaporatore allagato per raffreddamento di liquidi	
4.1 Introduzione	29
4.2 Evaporatore allagato a fascio tubolare	29
4.3 Evaporatore allagato a tubi ascendenti	31
4.4 Evaporatore a tubi spruzzati	32
Capitolo 5 – Aeroraffreddatori	
5.1 Aeroraffreddatori a tubi lisci	35
5.2 Evaporatore a piastra	36
5.3 Evaporatore a batteria alettata	36
5.4 Evaporatori per temperatura di evaporazione inferiore a 0 °C e temperatura dell'aria superiore a 0 °C	38
5.5 Evaporatori per temperature di evaporazione e dell'aria entrambe inferiori a 0 °C	39
5.6 Evaporatori per temperature di evaporazione e dell'aria entrambe superiori a 0 °C	40
5.7 Evaporatore a convezione naturale per applicazione a parete	41
5.8 Conclusioni	42
Capitolo 6 – Raffreddatore a piastre eutettiche	43
Capitolo 7 – Installazione dell'evaporatore statico in una cella frigorifera	
7.1 Introduzione	47
7.1.1 Un esempio numerico	47
7.2 Circolazione dell'aria	48
7.3 Vantaggi e svantaggi	51
Capitolo 8 – Evaporatori a ventilazione forzata: aereoevaporatori	55
Capitolo 9 – Caratteristiche principali degli aeroraffreddatori	63
Capitolo 10 – Gli aeroraffreddatori e il refrigerante	65
Capitolo 11 – Disposizione degli aeroraffreddatori	69
Capitolo 12 – Montaggio degli evaporatori	73
Capitolo 13 – Aeroraffreddatore centralizzato	
13.1 Introduzione	77
13.2 Aeroraffreddatore centralizzato a superficie di scambio asciutta	78
13.3 Aeroraffreddatore centralizzato a superficie di scambio bagnata	79
Capitolo 14 – Apporti di calore degli elettroventilatori	
14.1 Un esempio numerico	84

Capitolo 15 – Sbrinamento dell'aeroraffreddatore	
15.1	Introduzione 87
15.2	Sbrinamento con l'aiuto del ventilatore 88
15.3	Sbrinamento elettrico 89
15.3.1	Caratteristiche principali 89
15.3.2	Avviamento del ciclo di sbrinamento 90
15.3.3	Metodi di controllo dello sbrinamento 95
15.3.4	Sbrinamento con pump-down 95
15.4	Sbrinamento con gas caldo o freddo 97
15.4.1	Sbrinamento con regolazione di bypass di gas caldo 99
15.4.2	Sbrinamento con valvola di inversione 101
15.5	Sbrinamento con il metodo Thermobank 103
15.6	Sbrinamento con acqua calda 104
Capitolo 16	
Differenza di temperatura media logaritmica	
16.1	Considerazioni sulle temperature variabili locali dei fluidi in circolazione in un evaporatore 107
16.2	Influenza della direzione del flusso dei fluidi sulla differenza di temperatura media logaritmica 107
16.2.1	Flusso equicorrente – I due fluidi scorrono nella stessa direzione 108
16.2.2	Flusso controcorrente – I due fluidi scorrono in direzione opposta 108
16.2.3	Flusso a correnti incrociate – I due fluidi si incontrano a croce 109
16.2.4	Un esempio numerico 111
16.3	L'aeroraffreddatore e la differenza media di temperatura 113
16.4	Definizione della differenza logaritmica di temperatura 115
Capitolo 17 – Calcoli semplificati di un aeroraffreddatore	
17.1	Nozioni principali 119
17.2	Osservazioni sullo sbrinamento 120
17.3	Capacità frigorifera 121
17.3.1	La superficie raffreddante 121
17.3.2	Coefficiente di scambio di calore 123
17.4	Esercizi 135
Capitolo 18 – La temperatura della cella e la sua umidità relativa	
18.1	Un esempio pratico 143
Capitolo 19 – Scelta pratica di un aeroevaporatore	
19.1	Un esempio pratico 148
Capitolo 20 – Dimensionamento di un raffreddatore di liquido	
20.1	Nozioni fondamentali 153
20.2	Scelta di un evaporatore 155
20.3	Funzionamento di evaporatori multipli in serie o in parallelo 158

20.3.1	Funzionamento in parallelo con portata di acqua costante	158
20.3.2	Funzionamento in parallelo con portata d'acqua variabile	159
20.3.3	Funzionamento in serie con portata d'acqua costante	160
20.3.4	Funzionamento in serie con portata d'acqua variabile	160
20.4	Dimensionamento di un evaporatore coassiale	160
20.4.1	Un esempio pratico	164
20.5	Dimensionamento di un evaporatore a fascio tubiero	165
 Capitolo 21 – Come dimensionare il differenziale di temperatura partendo dall'evaporatore e dal compressore frigorifero		
21.1	Introduzione	167
21.1.1	Primo esempio	169
21.1.2	Secondo esempio	170
21.1.3	Terzo esempio	170
21.1.4	Quarto esempio	171
21.2	Correzione della capacità dell'aerovaporatore. Grado di surriscaldamento	173
21.2.1	Un esempio	173
21.3	Punto di esercizio dell'impianto frigorifero nella pratica	175
21.3.1	Un esempio	175
21.4	La capacità di offerta di un impianto frigorifero	176
21.4.1	Un esempio	177
 Capitolo 22 – Deumidificazione in una cella frigorifera		
 Capitolo 23 – Controllo dell'umidificazione nella cella frigorifera		
23.1	Concetti fondamentali	183
23.2	Umidificatore d'aria	184
23.2.1	Umidificazione adiabatica	184
23.2.2	Atomizzazione dell'acqua con ugelli	187
23.2.3	Umidificazione a ultrasuoni	188
 Capitolo 24 – Condensatori frigoriferi		
24.1	Nozioni fondamentali	191
24.2	Processi energetici nel condensatore	193
24.3	Il flusso di calore nelle zone del condensatore	195
24.4	Caratteristiche costruttive dei condensatori	196
24.5	Condensatore raffreddato ad aria	196
24.5.1	Circolazione d'aria naturale	196
24.5.2	Condensatore a batteria alettata con ventilatore elicoidale	199
24.5.3	Posizionamento del condensatore	205
24.5.4	Condensatore ad aria con ventilatore centrifugo	205
24.5.5	Pulizia di un condensatore	208
24.5.6	Propagazione del rumore	208

Capitolo 25 – Condensatore raffreddato ad acqua	
25.1 Concetti fondamentali	211
25.2 Condensatore ad acqua in controcorrente	213
25.3 Condensatore a fascio tubolare (controcorrente)	214
25.4 Condensatore coassiale	217
25.5 Condensatore a fascio di tubi	221
25.6 Condensatore evaporativo con ventilatore centrifugo	222
25.6.1 Funzionamento del condensatore evaporativo	223
25.6.2 Impiego di un condensatore evaporativo	224
25.6.3 Regolazione del condensatore evaporativo	226
25.7 Raffreddatore a secco ibrido (condensatore)	228
25.7.1 Generalità	228
25.7.2 Costruzione	228
25.7.3 Funzionamento del raffreddatore a secco ibrido	230
25.7.4 Raffreddatore a secco ibrido come condensatore	232
25.7.5 Scelta di un raffreddatore a secco ibrido	235
Capitolo 26 – Regolazione della pressione di condensazione	
26.1 Introduzione	245
26.2 Regolazione di un condensatore ad aria	247
26.2.1 Regolazione lato refrigerante	247
26.2.2 Regolazione sul lato aria	251
26.3 Regolazione dei condensatori raffreddati ad acqua	254
26.4 Regolazione di un impianto con torre di raffreddamento	255
26.5 Regolazione del raffreddatore a secco ibrido	256
Capitolo 27 – Ricevitore di liquido	
27.1 Introduzione	261
27.2 Disposizione del ricevitore di liquido in un impianto frigorifero con condensatore ad aria	263
27.3 Disposizione della linea di equalizzazione con un condensatore ad aria	265
27.4 Problemi con il ricevitore di liquido collegato a un condensatore raffreddato ad acqua	265
27.5 Disposizione della linea del liquido con un condensatore raffreddato ad acqua	266
27.6 Carica minima di refrigerante nel ricevitore di liquido	267
Capitolo 28 – Carica di refrigerante nell'impianto frigorifero	
28.1 Introduzione	269
28.2 Grado di riempimento del circuito	270
28.3 Grado di riempimento delle tubazioni	271
28.4 Grado di riempimento del condensatore	272
28.5 Grado di riempimento di un sottoraffreddatore	272
28.6 Grado di riempimento di un evaporatore	273

28.6.1	Evaporatore allagato	273
28.6.2	Evaporatore a espansione diretta	274
Capitolo 29 – Capacità di condensazione e differenza media di temperatura		
29.1	Primo esempio	281
29.2	Secondo esempio	281
Capitolo 30 – Semplice calcolo del condensatore		
30.1	Capacità del condensatore	283
30.2	Coefficiente di scambio termico	283
30.2.1	Esempi	285
30.3	Esercizi	286
Capitolo 31 – Calcoli pratici del condensatore		
31.1	Condensatore raffreddato ad aria	289
31.1.1	Un esempio	290
31.2	Installazione di un condensatore ad aria	291
31.3	Condensatore raffreddato ad acqua	292
31.3.1	Fattore di sporcamento	292
31.3.2	Passaggi dell'acqua nel condensatore	293
31.3.3	Portata d'acqua	296
31.3.4	Impiego di acqua di acquedotto	297
31.3.5	Impiego di acqua da torre di raffreddamento	298
31.3.6	Acqua di reintegro nella torre di raffreddamento	299
31.3.7	Considerazioni sul calcolo dei condensatori raffreddati ad acqua	300
31.4	Valori pratici della temperatura di condensazione	301
Capitolo 32 – Dimensionamento del condensatore in base ai dati di catalogo		
32.1	Condensatore raffreddato ad aria	305
32.1.1	Primo esempio	306
32.1.2	Secondo esempio	306
32.2	Condensatore raffreddato ad acqua	307
32.2.1	Un esempio	308
32.3	Condensatore di tipo coassiale	310
32.3.1	Un esempio	311
32.4	Condensatore evaporativo	312
32.4.1	Portata d'acqua fresca	312
32.4.2	Variazione della velocità dei motori	312
32.4.3	Funzionamento del condensatore senza acqua	312
32.4.4	Calcoli	312
Capitolo 33 – Torre di raffreddamento		
33.1	Introduzione	317
33.2	Costruzione	320
33.3	Installazione	320
33.4	Dati di dimensionamento	320

33.5 Dimensionamento del ventilatore	321
33.6 Trattamento dell'acqua	321
33.7 Regolazione	322
33.8 Funzionamento invernale	322
33.9 Dimensionamento in base ai dati del fabbricante	322
33.9.1 Un esempio	323
Capitolo 34 – Compressore frigorifero a pistoni	
34.1 Introduzione	327
34.2 Compressore alternativo (a pistone tuffante)	328
34.3 Disposizione dei cilindri	331
34.4 Comandi del compressore frigorifero aperto	332
34.4.1 Accoppiamento diretto	332
34.4.2 Flangia a campana	333
34.4.3 Trasmissione a cinghie	333
34.5 Corpo del compressore	335
34.6 Pistone, anelli di tenuta e bielle	336
34.6.1 Un esempio	339
34.7 Testata del cilindro	340
34.8 Piastra valvole e valvole di lavoro	341
34.9 Tenuta dell'albero	344
34.10 Albero a gomiti	346
34.11 Compressori speciali	348
34.12 Guarnizioni	355
34.13 Raffreddamento delle testate dei cilindri	355
34.14 Avviamento parzializzato (a vuoto)	356
34.15 Esecuzione a equicorrente	357
34.16 Riscaldamento del carter	358
34.17 Regolazione della capacità frigorifera	359
34.17.1 Funzionamento intermittente (on-off)	360
34.17.2 Strozzamento dell'aspirazione	360
34.17.3 Bypass di gas caldo	361
34.17.4 Regolazione del flusso in aspirazione	362
34.17.5 Flusso invertito (parzializzazione cilindri)	365
34.18 Compressore alternativo ermetico	368
34.18.1 Capsula	368
34.18.2 Compressore semiermetico	370
34.18.3 Motocompressori semiermetici alternativi – GEA Bock	371
34.18.4 Compressore semiermetico alternativo HKT	374
Capitolo 35 – Silenziatore	377
Capitolo 36 – Compressore rotativo	
36.1 Introduzione	381
36.2 Compressore a pistone ruotante	381

36.3	Compressore rotativo a palette multiple	384
36.4	Compressore a spirale (scroll)	386
36.4.1	Caratteristiche costruttive e funzioni principali	386
36.4.2	Principio di funzionamento	397
36.4.3	Capacità frigorifera	398
Capitolo 37 – Compressore a viti		
37.1	Introduzione	405
37.2	Dati fondamentali	406
37.2.1	Compressione	408
37.2.2	Variazione del rapporto volumetrico interno	410
37.2.3	Regolazione della capacità frigorifera	410
37.2.4	Sistema di lubrificazione	412
37.2.5	Circuito di lubrificazione	413
37.2.6	Raffreddamento dell'olio	414
37.2.7	Economizzatore	419
37.3	Compressore a viti aperto	420
37.3.1	Corpo del compressore	420
37.3.2	Rotori	420
37.3.3	Cuscinetti	420
37.3.4	Cuscinetti ad anello strisciante	421
37.3.5	Regolazione della capacità e del rapporto volumetrico V_i con indicazione di funzionamento	421
37.4	Compressore a viti aperto con motore flangiato	424
37.5	Compressore a viti semiermetico	424
37.5.1	Circuito di lubrificazione	425
37.5.2	Caratteristiche delle prestazioni	427
37.5.3	Rendimento prestazionale	427
37.5.4	Economizzatore	428
Capitolo 38		
Compressore centrifugo		
38.1	Introduzione	431
38.2	Caratteristiche di funzionamento	431
38.3	Scelta del refrigerante	432
38.4	Numero di stadi	433
38.5	Calcolo del numero di stadi	434
38.5.1	Un esempio numerico	434
38.6	Regolazione della capacità frigorifera	435
38.7	Funzione del compressore centrifugo: semplificazione	436
38.8	Compressore centrifugo Turbocor.	437
38.8.1	Sviluppo del compressore	438
38.8.2	Campo di impiego e applicazione / Dimensioni e peso	440
38.8.3	Costruzione e funzione	440
38.8.4	Cuscinetti magnetici del compressore	442

38.8.5 Motore del compressore e regolazione della capacità frigorifera	445
38.8.6 Compressione centrifuga a due stadi	449
38.8.7 Scelta del refrigerante	450
38.8.8 Elettronica di potenza e di controllo	451
38.8.9 Efficienza energetica	453
38.8.10 Vantaggi del compressore – Riassunto	455
38.9 Confronto dei compressori frigoriferi	456
Capitolo 39 – Motore di comando del compressore frigorifero	
39.1 Introduzione	459
39.2 Avviamento del motore	460
39.3 Potenza del motore e capacità frigorifera del compressore	462
39.3.1 Un esempio numerico	462
39.4 Protezione del motore	463
Capitolo 40 – Unità frigorifere condensanti	465
Capitolo 41 – Capacità frigorifera del compressore frigorifero alternativo	
41.1 Introduzione	469
41.2 Velocità di rotazione	469
41.3 Temperatura di evaporazione	470
41.3.1 Un esempio numerico	471
41.4 Temperatura di condensazione	472
41.4.1 Un esempio numerico	473
41.5 Il tipo di refrigerante e la capacità del compressore	474
41.6 Limiti di impiego di un compressore frigorifero	475
Capitolo 42 – Capacità frigorifera utile del compressore	
42.1 Capacità frigorifera del compressore e apporto di calore nella linea di aspirazione	481
42.2 Dati di capacità secondo la normativa EN 12900	481
42.3 Parametri per la capacità frigorifera	482
42.4 Apporti di calore nella linea di aspirazione	483
42.5 Capacità frigorifera limite (aeroevaporatore)	484
42.6 Calcolo della capacità frigorifera utile del compressore	486
42.6.1 Un esempio numerico	486
Capitolo 43 – Olio di lubrificazione nei compressori frigoriferi	
43.1 Introduzione	489
43.2 Generalità	489
43.2.1 Solubilità del refrigerante nell'olio	491
43.2.2 Viscosità dell'olio in un evaporatore	492
43.3 Ritorno dell'olio	492
43.3.1 Evaporazione diretta	493
43.3.2 Evaporatore allagato	493
43.3.3 Strati di liquido	494

43.4	Olio nel carter del compressore (alternativo)	496
43.4.1	Un esempio numerico	496
43.5	Massa di refrigerante e olio	499
43.5.1	Un esempio numerico	499
43.6	Provvedimenti	499
43.6.1	Messa in vuoto (pump-down)	499
43.6.2	Un esercizio numerico	500
Capitolo 44 – Compressori multipli in parallelo		
44.1	Introduzione	501
44.1.1	Capacità frigorifera	501
44.1.2	Regolazione di capacità	501
44.1.3	Funzionamento di ausilio e di riserva	502
44.2	Equalizzazione dei circuiti di olio e di vapore	502
44.2.1	Equalizzazione del vapore	503
44.2.2	Controllo del livello dell'olio	503
44.2.3	Collettore di aspirazione	503
44.2.4	Collettore di scarico	504
44.3	Messa in vuoto (pump-down)	505
44.4	Separatore d'olio	505
44.4.1	Funzionamento del separatore d'olio	506
44.4.2	Installazione	507
44.4.3	Scelta del separatore d'olio	507
44.4.4	Scelta dell'impianto a compressori multipli	510
44.5	Sistema di regolazione dell'olio	513
44.5.1	Installazione della linea di ritorno fra ricevitore e regolatore ...	517
44.5.2	Impianto con compressori multipli ermetici	519
44.6	Separatore di liquido	522
44.6.1	Generalità	522
44.6.2	Applicazione	523
44.6.3	Captazione di refrigerante	524
44.6.4	Temperatura minima di evaporazione	524
44.6.5	Capacità massima	525
44.6.6	Separatore di liquido negli impianti a compressori multipli ...	526
44.6.7	Scelta del separatore di liquido	527
44.6.8	Consigli per il montaggio	529
Capitolo 45 – Perdite di carico negli impianti frigoriferi		
45.1	Introduzione	531
45.2	Dimensionamento e installazione dell'impianto	531
45.2.1	Esempio n. 1	532
45.2.2	Esempio n. 2	532
45.2.3	Condensatori ed evaporatori aria-aria	533
45.2.4	Perdita di carico di un impianto frigorifero monostadio su un diagramma $lg p, h$	533

45.2.5 Esempio n. 3	534
45.2.6 Perdita di carico e quotazione dell'impianto	535
Capitolo 46 – Ciclo frigorifero ad acqua (aqua-turbo)	
46.1 Nozioni fondamentali	537
46.2 Costruzione	538
46.3 Vantaggi e resa frigorifera	538
46.4 Regolazione della capacità frigorifera	540
46.5 Rendimento della macchina frigorifera aqua-turbo	541
46.6 Funzionamento	541
46.7 Schema dei collegamenti idraulici fra il gruppo refrigeratore d'acqua aqua-turbo e i circuiti di acqua refrigerata e di acqua di raffreddamento ..	542
Capitolo 47 – Ghiaccio binario: un frigovettore a due fasi	
47.1 Nozioni fondamentali	543
47.2 Ghiaccio binario	543
47.2.1 Produzione del ghiaccio binario	544
47.3 Metodo Flo-Ice	544
47.4 Metodo con ghiaccio sottovuoto	546
47.4.1 Campi di applicazione	549
47.5 Vantaggi e svantaggi del ghiaccio binario	550
47.5.1 Vantaggi del ghiaccio binario	550
47.5.2 Svantaggi del ghiaccio binario	551
47.6 Applicazioni	552
47.6.1 Circuito base	552
47.6.2 Accumulatore di ghiaccio aperto o chiuso	553
47.6.3 Il ghiaccio binario nella climatizzazione	555
47.6.4 Supermercati	556
47.6.5 Industria alimentare	556
Capitolo 48 – Regolazione e controllo degli impianti frigoriferi	
48.1 Introduzione	559
48.1.1 Controllo	562
48.2 Controllo di un ciclo di sbrinamento elettrico in un aereoevaporatore (controllo programmato)	563
48.3 Regolazione	564
48.3.1 Variabile controllata	566
48.3.2 Variabile di correzione	566
48.3.3 Variabile di disturbo	567
48.3.4 Valore di taratura	567
48.3.5 Sistema controllato	567
48.3.6 Regolatore	568
48.3.7 Attuatore	568
48.3.8 Circuito di regolazione	568

48.4	Apparecchi di regolazione	568
48.4.1	Apparecchi di regolazione funzionanti in modo discontinuo (tutto o niente)	568
48.4.2	Apparecchi di regolazione ad azione continua	572
48.5	Sistema controllato	580
48.5.1	Sistema controllato con un ritardo del primo ordine	581
48.5.2	Sistema controllato con un ritardo del secondo ordine	582
48.5.3	Sistema controllato senza compensazione	583
48.6	Circuito di regolazione	584
48.6.1	Circuito di controllo combinato	585
48.7	Regolazione dei compressori frigoriferi	589
48.7.1	Compressore alternativo	589
48.7.2	Compressore frigorifero a ricircolo di liquido	595
48.7.3	Compressore centrifugo	596
48.8	Regolazione del condensatore	596
48.8.1	Regolazione della pressione di condensazione	597
48.8.2	Regolazione dei condensatori raffreddati ad acqua	597
48.8.3	Regolazione dei condensatori raffreddati ad aria	600
48.9	Regolazione degli evaporatori	602
48.9.1	Regolazione dell'alimentazione di refrigerante liquido	603
48.9.2	Regolazione di un evaporatore allagato	603
48.10	Regolatore di livello ad alta pressione	612
48.10.1	Caratteristiche costruttive	613
48.10.2	Dimensionamento di un regolatore a galleggiante	615
48.11	Regolazione dell'espansione diretta (secca)	617
48.11.1	Valvola di espansione automatica	617
48.11.2	Valvola di espansione termostatica	618
48.11.3	Valvola di espansione elettronica	619
48.11.4	Regolazione della temperatura di evaporazione	619
48.11.5	Regolatore di pressione (pressostato)	620
48.12	Controllo della temperatura del prodotto da conservare	621
48.12.1	Controllo ad azione discontinua	622
48.12.2	Controllo ad azione continua	623
48.12.3	Attuatori e valvole di controllo	625
Capitolo 49 – Nozioni fondamentali di fluidodinamica		
49.1	Introduzione	627
49.2	Nozioni fondamentali di calcolo	628
49.2.1	Coefficiente di flusso k_v	630
49.2.2	Portata volumetrica dei gas incompressibili	633
49.2.3	Portata volumetrica di un gas comprimibile transcritico	633
49.2.4	Portata volumetrica di un gas comprimibile subcritico	633
49.3	Calcolo della capacità frigorifera con il coefficiente k_v	635
49.3.1	Un esempio	638

Capitolo 50 – Valvola a solenoide	
50.1	Dati costruttivi generali 643
50.2	Funzionamento 643
50.3	Comando diretto 645
50.4	Valvola a solenoide servoassistita 647
50.4.1	Servocomando con una membrana 647
50.4.2	Servocomando con pistone 648
50.5	Disturbi di funzionamento 651
50.5.1	La valvola a solenoide si apre anche se la bobina non è eccitata 651
50.5.2	La valvola a solenoide si chiude anche se il circuito elettrico non viene interrotto 652
50.5.3	Sostanze contaminanti magnetizzabili nel refrigerante 652
50.5.4	Sostanze inquinanti in sospensione nella valvola 652
 Capitolo 51 – Attuatori	
51.1	Introduzione 653
51.2	Attuatori elettrici (servocomandi) 653
51.3	Sistema a chiusura rapida elettro-idraulica 656
51.4	Attuatori pneumatici 657
51.5	Valvole di regolazione motorizzate Danfoss 658
51.5.1	Nozioni di base 658
51.5.2	Funzionamento 659
51.5.3	Calcolo 661
51.6	Regolatori Danfoss 661
51.6.1	Vantaggi dei regolatori: 661
51.6.2	Funzionamento 661
51.6.3	Funzioni 662
51.6.4	Applicazioni 662
51.6.5	Refrigerazione 662
51.6.6	Regolazione della temperatura 663
51.6.7	Controllo della temperatura 663
51.6.8	Sbrinamento 663
51.6.9	Sbrinamento a vapore surriscaldato 664
51.6.10	Regolazione con due compressori 664
51.6.11	Aeroevaporatore 665
51.6.12	Funzione illuminazione 665
 Capitolo 52 – Valvole di espansione con funzionamento manuale	
52.1	Compito e funzionamento 667
52.2	Principio di funzionamento 668
 Capitolo 53 – Valvola di espansione automatica	
53.1	Introduzione 673
53.2	Dati costruttivi principali 673
53.3	Funzionamento 673

53.4 Impiego in un impianto frigorifero	677
53.5 Valvola di espansione automatica con bypass	679

Capitolo 54 – Valvola di espansione termostatica

54.1 Dati generali costruttivi	681
54.2 Funzionamento	683
54.2.1 Grado di surriscaldamento	685
54.2.2 Valvola di espansione con compensazione pressostatica interna	695
54.2.3 Valvola di espansione con compensazione di pressione esterna	699
54.2.4 Valvola di espansione con limite di pressione (MOP)	702
54.2.5 Posizionamento del bulbo della valvola	704
54.3 Condizioni di funzionamento nell'impianto	707
54.4 Capacità frigorifera della valvola	710
54.4.1 Un esempio	714
54.5 Valvola di post-iniezione	715
54.5.1 Un esempio	715
54.6 Distributore di liquido	716
54.6.1 Distributore a camera di ristagno	717
54.6.2 Distributore tipo Venturi	719
54.6.3 Il distributore negli impianti frigoriferi	721
54.6.4 Scelta del distributore di liquido	722
54.6.5 Scelta di un distributore di liquido anche per gas caldo	725

Capitolo 55 – Valvola di espansione elettronica

55.1 Introduzione	727
55.2 Alimentazione di refrigerante con modulazione di larghezza degli impulsi	727
55.2.1 Regolatore	728
55.2.2 Sistema di regolazione di un impianto frigorifero	730
55.2.3 Capacità della valvola	732
55.2.4 Determinazione della capacità della valvola di espansione elettronica AKV	732
55.3 Alimentazione dell'evaporatore per mezzo di una regolazione continua	735
55.3.1 Funzionamento	735
55.3.2 Circuito di controllo sistema evaporatore-valvola di espansione	738
55.3.3 Requisiti pratici delle caratteristiche di controllo	739
55.3.4 Elementi costruttivi della valvola di espansione ETS con motore passo-passo	743
55.3.5 Valvole di espansione elettroniche negli impianti frigoriferi	745
55.3.6 Dimensionamento della valvola di espansione ETS	746

Capitolo 56 – Regolazione della pressione

56.1 Regolazione della pressione di evaporazione	747
56.1.1 Elementi costruttivi del regolatore	747

56.1.2	Funzione del regolatore ad azione diretta	747
56.1.3	Il regolatore della pressione di evaporazione in un impianto frigorifero	752
56.1.4	Determinazione della capacità di un regolatore della pressione di evaporazione	754
56.2	Regolatore della pressione di aspirazione	756
56.2.1	Caratteristiche costruttive	756
56.2.2	Funzionamento del regolatore ad azione diretta	757
56.2.3	I regolatori della pressione di aspirazione negli impianti frigoriferi	760
56.2.4	Dimensionamento di un regolatore della pressione di aspirazione	760
56.3	Regolatore di capacità	762
56.3.1	Caratteristiche costruttive	762
56.3.2	Funzionamento del regolatore di capacità	763
56.3.3	Punto di esercizio della capacità del regolatore	769
56.3.4	Regolatore di capacità applicato all'impianto frigorifero	771
56.3.5	Determinazione della temperatura finale di compressione isoentropica	773
56.3.6	Il regolatore di capacità nel circuito di regolazione	774
56.3.7	Dimensionamento del regolatore di capacità	775
56.4	Regolazione della pressione di condensazione	778
56.4.1	Caratteristiche costruttive del regolatore	778
56.4.2	Funzionamento del regolatore a comando diretto (autonomo) ..	779
56.4.3	Il regolatore di pressione di condensazione nell'impianto frigorifero	781
56.4.4	Dimensionamento del regolatore di pressione di condensazione	781
56.5	Regolatore pressostatico dell'acqua di raffreddamento	782
56.5.1	Caratteristiche costruttive	783
56.5.2	Funzionamento del regolatore pressostatico dell'acqua di raffreddamento	783
56.5.3	Il regolatore pressostatico dell'acqua di raffreddamento nell'impianto frigorifero	784
56.5.4	Dimensionamento di un regolatore d'acqua pressostatico	787
56.6	Regolatore ad azione elettrica della capacità di evaporazione (Siemens)	790
56.6.1	Valvola di regolazione motorizzata per il controllo del bypass di gas caldo	790
56.6.2	Caratteristiche costruttive	791
56.6.3	Consigli per il montaggio	792
56.6.4	Valvola MVL661 per il controllo della capacità di evaporazione	793
56.6.5	Controllo della capacità dell'evaporatore mediante il bypass di gas caldo e una valvola deviatrice a tre vie	794
56.6.6	Controllo del recupero di calore	795
56.6.7	Valvola di regolazione della pressione di aspirazione	796
56.6.8	Dimensionamento di una valvola motorizzata di regolazione del bypass di gas caldo	797

56.7	Esercizi di calcolo	799
56.7.1	Esercizio	799
56.7.2	Esercizio	799
56.7.3	Esercizio	800
56.7.4	Esercizio	800
56.7.5	Esercizio	800
56.7.6	Esercizio	801
56.7.7	Esercizio	801
Capitolo 57 – Regolazione della temperatura		
57.1	Regolazione della temperatura sul lato aspirazione	803
57.1.1	Regolatore di temperatura a comando pilotato	806
57.1.2	Regolatore di temperatura servocomandato	806
57.1.3	La valvola principale	808
57.1.4	La regolazione termostatica pilotata	809
57.2	Controllo elettronico della temperatura	812
57.2.1	Principali caratteristiche costruttive	813
57.2.2	Funzionamento del sistema di controllo elettronico	815
57.2.3	Sistema di controllo elettronico negli impianti frigoriferi	815
57.3	Termostati	817
57.3.1	Caratteristiche costruttive	817
57.3.2	Funzionamento	819
57.3.3	Il termostato nell'impianto frigorifero	823
57.3.4	Termostato a zona neutra	825
Capitolo 58 – Valvole di intercettazione		
58.1	Valvole comandate a mano	829
58.1.1	Valvole di intercettazione a membrana	829
58.1.2	Caratteristiche costruttive	829
58.1.3	Valvola manuale a sfera	830
58.1.4	Valvola manuale di intercettazione negli impianti frigoriferi ..	831
58.2	Valvola di ritegno	835
58.2.1	Caratteristiche costruttive	835
58.2.2	Valvola di ritegno negli impianti frigoriferi	836
Capitolo 59 – Organi di sicurezza degli impianti frigoriferi		
59.1	Valvola di sicurezza	843
59.1.1	Caratteristiche costruttive	844
59.1.2	Dimensionamento delle valvole di sicurezza e di sovrafflusso ..	847
59.2	Pressostato di sicurezza	850
59.2.1	Caratteristiche costruttive	850
59.2.2	Funzionamento	851
59.2.3	Funzionamento del pressostato negli impianti frigoriferi	853
59.3	Pressostato a cartuccia	854

59.4	Deprimostato	855
59.4.1	Caratteristiche costruttive	855
59.4.2	Funzionamento del deprimostato nell'impianto frigorifero	855
59.5	Pressostato differenziale dell'olio	856
59.5.1	Caratteristiche costruttive	857
59.5.2	Funzionamento del pressostato differenziale dell'olio nell'impianto frigorifero	858
Capitolo 60 – Accessori di controllo e di supervisione		
60.1	Filtro essiccatore	861
60.1.1	Caratteristiche costruttive	861
60.1.2	Funzionamento del filtro essiccatore ermetico	861
60.1.3	Applicazione del filtro essiccatore nell'impianto frigorifero	863
60.2	Vetro-spia	865
60.2.1	Caratteristiche costruttive	865
60.2.2	Funzionamento	865
60.2.3	Il vetro-spia nell'impianto frigorifero	866
60.3	Surriscaldatore (scambiatore di calore)	867
60.3.1	Caratteristiche costruttive	867
60.3.2	Funzionamento	868
60.3.3	Il surriscaldatore nell'impianto frigorifero	871
Capitolo 61 – Tubazioni frigorifere		
61.1	Nozioni principali	877
61.2	Pianificazione	878
61.2.1	Perdita di carico	878
61.2.2	Ritorno dell'olio al compressore	880
61.2.3	Protezione del compressore frigorifero	881
61.3	Dimensionamento delle tubazioni frigorifere	882
61.4	Materiale delle tubazioni frigorifere	883
61.5	Perdita di carico	883
61.6	Velocità	885
61.7	Portata di refrigerante (volumetrica)	886
61.8	Dimensionamento della linea di aspirazione	887
61.8.1	Esempio	888
61.9	Linea di aspirazione a doppio montante	891
61.9.1	Esempio	892
61.10	Calcolo della linea di scarico	895
61.10.1	Esempio	896
61.11	Calcolo della linea del liquido	899
61.11.1	Esempio	899
61.12	Calcolo della linea del condensatore	903
61.12.1	Esempio	903
61.13	Disposizione delle tubazioni frigorifere	903
61.14	Osservazioni conclusive	914

Indice

61.15 Tabelle di scelta per R-134a, R-404A, R-407C, R-290, R-744, R-717	915
61.16 Schede di calcolo	946
61.17 Esercizi di calcolo delle linee frigorifere	949
Capitolo 62 – Soluzioni degli esercizi	
– Capitolo 17	955
– Capitolo 30	959
– Capitolo 56	962
– Capitolo 61	968
Appendice – Tabelle delle proprietà termofisiche dei refrigeranti R-134a, R-290, R-404A, R-410A, R-600a, R-717 e R-744 (estratti)	981