

Indice

Prefazione all'edizione italiana	XI
Terminologia CECOMAF	XIII
Capitolo 1 – Elementi di fisica	1
1.1 Temperatura	1
1.1.1 Sensazione di calore	1
1.1.2 Scale di temperatura	1
1.1.3 Zero assoluto e sistema internazionale di unità (SI)	3
1.1.4 Misura della temperatura	4
1.1.4.1 Termometri a dilatazione di liquido	4
1.1.4.2 Termometri a dilatazione di liquido e molla	5
1.1.4.3 Termometri bimetallici	6
1.1.4.4 Termocoppie	6
1.1.4.5 Termometri a resistenza elettrica	7
1.1.5 Precauzioni da adottare nella misura delle temperature	9
1.1.6 Termografi	10
1.2 Forza e pressione	11
1.2.1 Unità del sistema internazionale (SI)	11
1.2.2 Misura delle pressioni	12
1.2.2.1 Manometri a liquido	12
1.2.2.2 Manometri a molla	13
1.2.2.3 Manometri elettrici	14
1.3 Fenomeni di dilatazione	14
1.3.1 Dilatazione dei solidi	14
1.3.2 Dilatazione dei liquidi	17
1.3.3 Dilatazione dei gas	18
1.4 Stati della materia	24
1.4.1 Entalpia	24
1.4.2 Punto di fusione	26

1.4.3	Entalpia di fusione	26
1.4.4	Punto di ebollizione	28
1.4.5	Calore latente di vaporizzazione	30
1.4.6	Comportamento dei vapori	31
1.5	Lavoro, energia, calore	32
1.5.1	Primo principio della termodinamica	33
1.5.2	Secondo principio della termodinamica	35
1.5.3	Modalità diverse di trasmissione del calore	35
1.6	Impianti di condizionamento dell'aria e aria ambiente	36
1.6.1	Scopo di un impianto di condizionamento dell'aria	36
1.6.2	Pressione atmosferica, barometri	37
1.6.3	Umidità dell'aria	42
1.6.3.1	Legge di Dalton	42
1.6.3.2	Umidità massima, assoluta e relativa dell'aria	43
1.6.3.3	Misura dell'umidità dell'aria	43
1.6.3.4	Punto di rugiada dell'aria	47
1.7	Cambiamenti di stato dell'aria umida	48
1.7.1	Capacità termica specifica dell'aria	48
1.7.2	Diagramma dell'aria umida di Mollier	49
1.7.2.1	Riscaldamento	51
1.7.2.2	Raffreddamento	53
1.7.2.3	Miscela	57
1.7.2.4	Diagramma dell'aria umida e tabelle psicrometriche	60
1.7.2.5	Considerazioni particolari sugli impianti di condizionamento dell'aria	62
1.7.2.6	Scambiatori di calore per il recupero di energia	64
1.8	Fluidi frigoriferi	66
1.8.1	Relazione fra pressione e temperatura di un fluido frigorifero	68
1.8.2	Entalpia dei fluidi frigoriferi	70
1.8.3	Fluidi frigoriferi impiegati attualmente	72
1.8.4	Manipolazione dei refrigeranti HFC (HCFC e CFC)	76
1.8.5	I refrigeranti CFC nell'atmosfera	77
1.8.5.1	Punto di vista scientifico	77
1.8.5.2	Disposizioni regolamentari	78
1.8.5.3	Regolamenti in Europa e in Italia	79
1.8.5.4	Criteri ambientali dei fluidi frigoriferi	80
1.8.5.5	Fluidi frigoriferi di servizio	82
1.8.5.6	L'R-32 come possibile refrigerante sostitutivo	84
1.8.6	Ammoniaca	85
1.8.7	Anidride carbonica (CO ₂)	88
1.9	Il ciclo frigorifero	92
1.9.1	Esempio di un ciclo frigorifero che utilizza l'R-134a	95
1.9.1.1	Potenza assorbita dal compressore	96
1.9.2	Diagramma entalpia/pressione di Mollier	98
1.9.3	Rapporto di espansione (o rapporto di compressione)	105
1.9.4	Diagramma di Clapeyron o diagramma p,v	107

1.9.5	Temperature nominali	110
1.9.6	Cicli frigoriferi con refrigerante CO ₂	111
Capitolo 2 – Componenti degli impianti frigoriferi		117
2.1	Compressori	117
2.1.1	Compressori alternativi a pistone	118
2.1.2	Compressori scroll	123
2.1.3	Compressori a vite	127
2.1.4	Compressori centrifughi	132
2.1.5	Organi di tenuta	135
2.1.6	Consigli pratici	137
2.1.7	Olio e compressore frigorifero	138
2.1.8	Sostituzione dell'olio	141
2.2	Condensatori	143
2.2.1	Condensatori raffreddati ad aria	143
2.2.1.1	Regolazione della pressione di condensazione	146
2.2.2	Condensatori raffreddati ad acqua	150
2.2.3	Torri di raffreddamento	152
2.2.3.1	Tipologia delle torri di raffreddamento	153
2.2.3.2	Elementi costitutivi di una torre di raffreddamento	154
2.2.3.3	Teoria del raffreddamento	155
2.2.3.4	Portata d'acqua di reintegro e precauzioni particolari	156
2.2.3.5	Trattamento dell'acqua di rinnovo nelle torri di raffreddamento	160
2.2.3.6	Pennacchio di vapore, rumore e manutenzione delle torri di raffreddamento	162
2.3	Regolatori di portata del fluido frigorifero	164
2.3.1	Organi di espansione a capillare	165
2.3.1.1	Impiego dei tubi capillari nei condizionatori d'aria residenziali	167
2.3.1.2	Stato del vapore nella tubazione di aspirazione dei motocompressori ermetici	168
2.3.2	Valvole di espansione termostatiche (TEV)	169
2.3.2.1	Principio di funzionamento delle valvole di espansione termostatiche	169
2.3.2.2	Equalizzazione interna o esterna di pressione nelle valvole di espansione termostatiche	172
2.3.2.3	Carica del bulbo delle valvole di espansione termostatiche	174
2.3.2.4	Valvole di espansione termostatiche a pressione di apertura limitata (MOP)	175
2.3.2.5	Distributori di liquido per iniezione multipla	177
2.3.2.6	Montaggio delle valvole di espansione termostatiche	178
2.3.2.7	Taratura delle valvole di espansione termostatiche	184

2.3.2.8	Esempio di impianto munito di valvola di espansione termostatica a pressione di apertura limitata	186
2.3.3	Valvole di espansione elettroniche	187
2.3.4	Regolatori di portata del fluido frigorifero per evaporatori allagati ..	189
2.3.4.1	Regolatori di livello	189
2.3.4.2	Valvole di espansione a galleggiante	191
2.4	Evaporatori	193
2.4.1	Evaporatori raffreddatori d'aria	194
2.4.1.1	Evoluzione tecnologica degli evaporatori raffreddatori d'aria ad alette	194
2.4.1.2	Funzionamento di una batteria di raffreddamento dell'aria ..	196
2.4.1.3	Sbrinamento con riscaldatori elettrici	200
2.4.1.4	Sbrinamento con gas caldi	204
2.4.2	Evaporatori raffreddatori di liquidi	209
2.4.3	Scambiatore di calore a piastre	214
 Capitolo 3 – Rete di tubazioni in un impianto frigorifero		217
3.1	Tubazione di scarico	219
3.2	Tubazione del condensato	221
3.3	Tubazione del liquido	223
3.4	Tubazione di iniezione	224
3.5	Tubazione di aspirazione	225
3.6	Installazione delle tubazioni frigorifere	229
3.6.1	Pressioni di esercizio ammissibili	230
3.6.2	Supporti delle tubazioni frigorifere	231
3.6.3	Brasature	234
3.7	Rottura dei tubi, cause e prevenzione	236
3.7.1	Variazioni meccaniche del compressore	237
3.7.2	Pulsazioni nelle tubazioni	237
3.7.3	Eventi meccanici del flusso del liquido nelle relative tubazioni	238
3.7.4	Errato montaggio delle tubazioni	239
3.7.5	Errato montaggio delle tubazioni (posizione dei supporti)	239
3.7.6	Effetti chimici sul punto di brasatura	240
3.8	Conclusioni	240
 Capitolo 4 – Avviamento di un impianto frigorifero e controllo del corretto funzionamento		241
4.1	Avviamento di un impianto frigorifero	242
4.1.1	Controllo della tenuta del circuito frigorifero	242
4.1.2	Messa in vuoto del circuito frigorifero	245
4.1.2.1	Perché si effettua il vuoto nell'impianto?	245
4.1.2.2	Metodi per fare il vuoto	249

4.1.2.3 Vuoto e disidratazione dei piccoli impianti frigoriferi dotati di motocompressori	255
4.1.2.4 Durata della messa in vuoto	256
4.2 Carica del fluido frigorifero	257
4.2.1 Carica iniziale di un impianto frigorifero nuovo	258
4.2.2 Carica di reintegro di un impianto frigorifero	262
4.2.3 Controllo del corretto funzionamento di un impianto frigorifero	264
4.2.3.1 Controllo dell'assenza di perdite	264
4.2.4 Controllo dell'assenza di umidità	266
4.2.4.1 Umidità e idrofluorocarburi	266
4.2.4.2 Indicatori igrometrici di passaggio	269
4.2.4.3 Filtri essiccatori	271
4.3 Oli per macchine frigorifere	273
4.3.1 Caratteristiche di un olio frigorifero	274
4.3.2 Influenza del fluido frigorifero sulla qualità dell'olio	278
4.3.3 Circolazione dell'olio	285
4.3.4 Ramatura di un impianto frigorifero	290
4.4 Controllo dell'assenza d'aria	291
4.4.1 Conseguenze della penetrazione d'aria in un circuito frigorifero	291
4.4.2 Come rilevare la presenza d'aria in un circuito frigorifero	292
4.4.3 Disaeratori	293
4.4.4 Esempio di spurgo di un impianto frigorifero con o senza disaeratore ..	295
Capitolo 5 – Impianti frigoriferi con gruppo di compressione premontato ..	299
5.1 Definizione e campo di applicazione	299
5.2 Descrizione del circuito frigorifero	300
5.3 Regolazione degli impianti con gruppo di compressione premontato	304
5.3.1 Regolazione dei compressori	304
5.3.2 Regolazione delle celle frigorifere	306
5.3.3 Regolazione dei condensatori	307
5.4 Impianti frigoriferi a CO ₂	310
5.4.1 La CO ₂ come fluido frigovettore	310
5.4.2 Impianti frigoriferi a CO ₂ con ciclo subcritico	312
5.4.3 Impianti frigoriferi a CO ₂ con ciclo transcritico	313
5.4.4 Sicurezza	317
Capitolo 6 – Pompe di calore	319
6.1 Definizione e principio di funzionamento	319
6.2 Coefficiente di potenza e coefficiente di effetto calorifico	322
6.3 Tipologia delle pompe di calore	326
6.4 Prospettive di sviluppo	329
6.5 Prescrizioni di sicurezza e manutenzione	330

Capitolo 7 – Interventi sugli impianti frigoriferi	333
7.1 La tenuta dell'impianto. La manutenzione	333
7.2 Attrezzatura del montatore frigorista	335
7.3 Stoccaggio e travaso dei fluidi frigoriferi	352
7.3.1 Stoccaggio temporaneo della carica in una zona dell'impianto frigorifero	352
7.3.2 Travaso di un fluido frigorifero da un contenitore a un altro	355
7.3.2.1 Impianti di travaso dei fluidi frigoriferi	357
7.3.2.2 Travaso per gravità	357
7.3.2.3 Travaso per mezzo di un compressore frigorifero	358
7.3.2.4 Travaso per mezzo di una pompa	359
7.3.2.5 Come svuotare al massimo una bombola	361
7.3.2.6 La sostituzione del refrigerante R-22	362
7.4 Ispezione e manutenzione degli impianti frigoriferi	363
7.5 Codice di buona condotta degli impianti frigoriferi	367