

Indice

I	Energie e Richiami di Termodinamica	1
1	Espansioni e compressioni dinamiche nei condotti	3
1.1	Equazioni energetiche di base e definizioni	3
1.1.1	Equazioni cardinali per lo studio dei condotti	3
1.1.2	Velocità caratteristica adiabatica	5
1.1.3	Entalpia e temperatura totali, di ristagno e statiche	6
1.1.4	Pressione totale, di ristagno, statica e dinamica	8
1.2	Efflusso in condotti a sezione variabile	9
1.2.1	Le relazioni di Hugoniot	9
1.2.2	Andamenti comparati di pressione e velocità in funzione della sezione del condotto	10
1.2.3	Velocità di efflusso attraverso un condotto	11
1.2.4	Forma di un condotto in relazione al suo impiego	13
1.2.5	Portata elaborata da un ugello	13
1.2.6	Calcolo delle sezioni di passaggio	15
1.2.7	Compressioni per urto	17
1.3	Comportamento di un ugello convergente-divergente	22
1.3.1	Comportamento da ugello accelerante	22
1.3.2	Comportamento da diffusore	23
1.4	Ugelli non isoentropici	24
II	Sistemi di aspirazione e scarico per motori	29
2	Sistemi di aspirazione e scarico	31
2.1	Funzioni dei sistemi di aspirazione e scarico	31
2.2	Condizioni di moto dei fluidi	31
2.3	Effetti dinamici in un motore a quattro tempi	33
2.3.1	Effetto inerziale	33
2.3.2	Il fenomeno inerziale a due gradi di libertà	36
2.3.3	Effetti d'onda	41
2.4	Effetti dinamici in un due tempi veloce	44
2.4.1	Dimensionamento camera di espansione	45
2.4.2	Sistemi a geometria variabile con il regime del motore	47
2.5	Modelli per il calcolo del flusso in aspirazione e scarico	48
2.6	Modelli gasdinamici	49
2.6.1	Modelli monodimensionali	49
2.7	Moto della carica nel cilindro	51

2.7.1	Moti rotatori organizzati della carica	53
2.7.2	Moto di swirl	53
2.7.3	Moto di tumble	57
2.7.4	Moto di squish	61
2.7.5	Evoluzione del campo di moto durante il ciclo	62
III	Turbomacchine	65
3	Elementi per il progetto delle turbomacchine	67
3.1	Effetto del campo centrifugo	67
3.2	Il vortice libero	68
3.3	Metodi di calcolo per profili alari e schiere di profili	72
3.3.1	Forze di portanza e di resistenza	72
3.3.2	Definizioni	73
3.3.3	Circolazione e teorema di Kutta Joukosky	74
3.3.4	Coefficiente di portanza e di resistenza, diagramma polare	76
3.3.5	Applicazione della teoria delle ali portanti	79
3.3.6	Variazione della portanza per un profilo in schiera rispetto ad un profilo isolato	82
3.3.7	Ali di lunghezza finita ed infinita	84
3.3.8	Condizioni di stallo	87
3.4	Applicazione del criterio di similitudine alle turbomacchine	88
3.4.1	Gruppi adimensionali e loro significato fisico	89
3.4.2	La similitudine nelle turbomacchine	93
3.4.3	Parametri adimensionali per il progetto delle turbomacchine	94
4	Introduzione alle macchine operatrici	97
4.1	Tipologie di macchine operatrici	98
4.2	Caratteristiche tecniche	101
4.2.1	Macchine alternative a stantuffi	101
4.2.2	Macchine volumetriche rotative	102
4.2.3	Macchine turbodinamiche	102
4.3	Campi di impiego	103
4.4	Richiami di termodinamica relativi alle trasformazioni di compressione	104
4.4.1	Compressioni con interrefrigerazione	106
4.4.2	Compressione di una miscela di gas	111
5	Compressori dinamici	113
5.1	Compressori assiali	113
5.1.1	Processo di compressione in un compressore assiale	115
5.1.2	Analisi del processo di compressione in un compressore assiale	115
5.1.3	Caratteristica di funzionamento dei compressori assiali	117
5.1.4	Regolazione di un compressore assiale	118
5.1.5	Palettamenti per compressori assiali	119
5.1.6	Classificazione generale dei compressori assiali	121
5.1.7	Fattori che influenzano il massimo rapporto di compressione per stadio . .	126
5.1.8	Flusso tridimensionale nelle macchine assiali	133
5.2	Compressori centrifughi	139
5.2.1	Processo di compressione in un compressore centrifugo	140

5.2.2	Calcolo teorico della prevalenza	142
5.2.3	Insufficienza della teoria di Eulero	145
5.2.4	Limitazioni al numero di Mach	149
5.2.5	Curva di funzionamento di un compressore	152
5.2.6	Quantità adimensionali per il tracciamento delle curve caratteristiche	154
6	Pompe dinamiche	159
6.1	Organi principali di una pompa a palettamenti rotanti	159
6.2	Rendimento di una turbopompa e potenza necessaria all'azionamento	160
6.3	Curve caratteristiche	162
6.4	Parametri adimensionali	162
6.5	Pompe centrifughe	164
6.5.1	Pompe centrifughe multiple	168
6.6	Pompe a flusso misto e pompe assiali	171
6.7	La cavitazione	176
6.7.1	Regimi di cavitazione	177
6.7.2	Altezza positiva di aspirazione (<i>NPSH</i>)	178
6.7.3	Andamento dell' <i>NPSH</i> in funzione della portata	179
6.7.4	Legame tra <i>NPSH</i> e velocità specifica della pompa	181
6.8	Comportamento di più pompe funzionanti in serie od in parallelo su una condotta	184
6.8.1	Collegamento in serie	184
6.8.2	Collegamento in parallelo	184
7	Calcolo della girante di una turbomacchina	187
7.1	Determinazione delle dimensioni principali della girante	187
7.1.1	Determinazione del diametro esterno	188
7.1.2	Determinazione del diametro interno	188
7.1.3	Superfici di passaggio nelle macchine radiali	193
7.2	Calcolo della superficie delle pale	193
7.2.1	Determinazione della superficie portante necessaria	194
7.2.2	Macchine a flusso assiale	194
7.2.3	Macchine a flusso radiale	195
8	Altri sistemi di pompaggio	199
8.0.4	Eiettori acqua-acqua	199
8.0.5	Eiettori impiegati per l'alimentazione di generatori di vapore	206
8.0.6	Eiettori per l'estrazione di incondensabili	207
IV	Macchine volumetriche	209
9	Gli espansori volumetrici	211
9.1	Introduzione	211
9.2	Cenni Storici	213
9.3	Ciclo Limite	214
9.4	Ciclo Reale	217
9.5	Esempi di cicli d'espansione	221
9.5.1	Ciclo con piena ammissione	221
9.5.2	Ciclo con completa espansione	222

9.5.3	Ciclo con completa ricompressione	222
9.5.4	Ciclo generico	223
9.6	Espansori volumetrici rotativi: il prototipo Wankel	223
9.6.1	Descrizione Prototipo	223
9.6.2	Ciclo di funzionamento	225
10	Compressori volumetrici	227
10.1	I compressori volumetrici a stantuffo	227
10.1.1	Generalità	227
10.1.2	Il ciclo ideale	228
10.1.3	Il ciclo reale	229
10.1.4	Compressione in più stadi	236
10.1.5	Dimensionamento del compressore	238
10.2	I compressori Roots	240
10.2.1	Rendimento teorico	242
10.2.2	Rendimento volumetrico	242
10.2.3	Il rendimento dinamico e altre perdite aggiuntive	244
10.2.4	Il rendimento meccanico	245
10.2.5	Il rendimento interno ed effettivo	246
10.2.6	Tracciamento del profilo dei lobi	246
10.3	Compressori a vite	248
10.4	Compressori a palette	250
11	Pompe volumetriche	253
11.1	Pompe alternative a stantuffi	253
11.2	Pompe rotative a capsulismi	258
11.2.1	Pompe ad ingranaggi bielicoidali	258
11.2.2	Pompe con rotori a vite	259
11.2.3	Pompe con rotori ad alette mobili	262
11.2.4	Pompe rotative con rotori a lobi	262
11.2.5	Pompe rotative a disco cavo equilibrato	263
11.2.6	Pompe rotative ad anello liquido	264