

Turbomáquinas Hidráulicas

Luis Parras Anguita, Carlos del Pino Peñas, Ramón Fernández Fera
E. T. S. Ingenieros Industriales.
Universidad de Málaga.

30 de diciembre de 2012

Índice general

1. Introducción a las máquinas hidráulicas	9
1.1. Generalidades y clasificaciones	9
1.2. Aplicaciones industriales	19
1.3. Magnitudes básicas	20
1.4. Descripción de las condiciones de operación de una bomba en una red	23
2. Teoría básica de las turbomáquinas	29
2.1. Diagramas de velocidad	29
2.2. Ecuaciones de conservación de masa, energía y momento cinético	32
2.3. Impulso y reacción. Grado de reacción	39
3. Teoría de las turbomáquinas centrífugas	43
3.1. Introducción	43
3.2. Teoría unidimensional	45
3.2.1. Curva característica teórica para una velocidad de giro .	45
3.2.2. Influencia del ángulo β_2 ; grado de reacción	48
3.2.3. Curvas características reales; pérdidas y rendimientos .	54
3.3. Desviación de la teoría unidimensional	64
3.3.1. Influencia del número de álabes	64

3.3.2.	Cálculo de la desviación de la corriente a la salida del rotor: métodos empíricos de Stodola y Pfeleiderer	66
3.4.	Teoría bidimensional: ecuaciones del movimiento en ejes relativos	75
4.	Semejanza física en turbomáquinas	93
4.1.	Introducción	93
4.2.	Parámetros adimensionales y relaciones de semejanza	94
4.3.	Curvas características de una máquina girando a distintas velocidades y de una serie semejante de máquinas con la misma velocidad de giro	96
4.4.	Diagramas característicos	99
4.5.	Ensayo de bombas	101
4.6.	Velocidad y diámetros específicos	103
4.7.	Influencia de la viscosidad y la rugosidad	107
5.	Turbinas hidráulicas I. Generalidades	111
5.1.	Introducción	111
5.2.	Clasificación y elementos básicos de las turbinas hidráulicas . .	114
5.3.	Funcionamiento teórico de una bomba centrífuga como una turbina centrípeta (turbina Francis)	122
5.4.	Funcionamiento de una turbina centrípeta en régimen variable	129
5.4.1.	Curvas características para una posición fija del distribuidor	129
5.4.2.	Grado de reacción en una turbina centrípeta	133
5.4.3.	Curvas características para diferentes posiciones del distribuidor	135
5.5.	Semejanza física en turbinas	139
5.5.1.	Ensayos de turbinas	140

5.5.2. Utilización de los diagramas de ensayo 143

5.5.3. La velocidad específica en las turbinas 146

5.6. Diversos regímenes de funcionamiento anómalo de una bomba . 150

6. Turbinas Hidráulicas II. Descripción de los distintos tipos de turbinas 163

6.1. Turbinas de acción. Turbina Pelton 163

6.1.1. El inyector y el chorro 165

6.1.2. El rotor y las “cucharas” 166

6.1.3. La pantalla deflectora 170

6.1.4. Velocidad específica de una turbina Pelton 171

6.1.5. Curvas de funcionamiento 172

6.1.6. Selección de las dimensiones principales del rotor y del inyector 173

6.2. Tubina Francis 175

6.2.1. Cámara espiral 179

6.2.2. Distribuidor 181

6.2.3. Rotor 186

6.2.4. Tubo difusor 187

6.3. Turbinas hélice y Kaplan 191

6.3.1. El rotor de las turbinas Kaplan 193

6.3.2. Curvas características de las turbinas Kaplan 197

6.3.3. Grupos bulbo 200

6.4. Turbinobombas 201

6.5. Límites de empleo de las turbinas hidráulicas 206

6.6. Regulación de las turbinas hidráulicas 208

7. Cavitación en turbomáquinas	217
7.1. Introducción	217
7.2. Teoría elemental del colapso de una burbuja	218
7.3. Cavitación en bombas centrífugas	224
7.3.1. Altura de aspiración. NPSH disponible y requerida . . .	224
7.3.2. Funcionamiento de una bomba con cavitación. Medida de la $NPSH_r$	228
7.3.3. Velocidad específica de aspiración y parámetro de cavitación	230
7.4. Cavitación en turbinas hidráulicas	233
7.5. Daños producidos por la cavitación y su reducción	238
8. Instalaciones con bombas hidráulicas. Selección	245
8.1. Redes de tuberías	245
8.1.1. Vertido de un depósito en otro	245
8.1.2. Llenado de uno o varios depósitos mediante una bomba	247
8.1.3. Cálculo de redes	253
8.2. Punto de funcionamiento de una bomba y su estabilidad. Fenómeno de bombeo.	259
8.3. Regulación del caudal	263
8.3.1. Regulación mediante una válvula	264
8.3.2. Regulación mediante la variación de la velocidad de giro	266
8.3.3. Regulación mediante álabes ajustables a la entrada del rotor	269
8.3.4. Otros mecanismos de regulación de caudal	272
8.4. Selección de bombas	273
8.5. Bombas en serie y en paralelo	280
8.5.1. Bombas en paralelo	280

8.5.2. Bombas funcionando en serie	283
8.6. Arranque de bombas centrífugas y axiales	285
9. Turbinas eólicas	291
9.1. Introducción	291
9.2. Teoría elemental de las turbinas eólicas	294
9.3. Turbinas de eje horizontal	298
9.3.1. Teoría bidimensional	299
9.3.2. Efectos tridimensionales	303
9.3.3. Algunas consideraciones constructivas	308
9.4. Turbinas de eje vertical	313
9.4.1. Teoría bidimensional	313

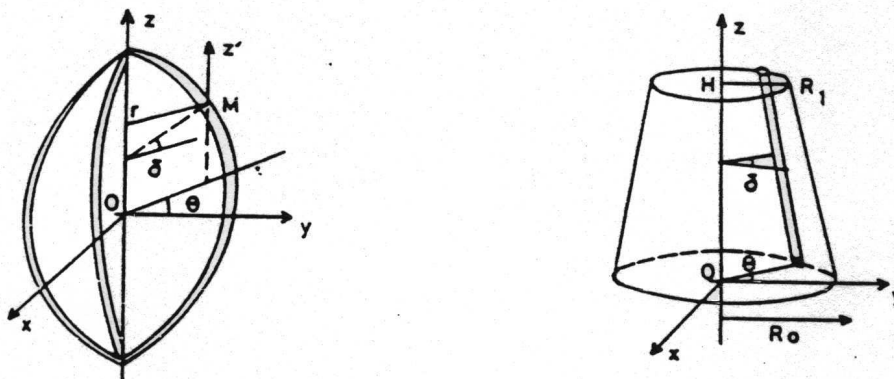


Figura 9.19: Turbinas eólicas de eje vertical con álabes con dependencia axial (z).