

Plan 375 Máster en Energía: Generación, Gestión y Uso eficiente

Asignatura 51412 TURBOMAQUINAS HIDRAULICAS

Grupo 1

Presentación

Se desarrollan las teorías bidimensionales para los rodetes axiales y centrífugos, indicando los efectos tridimensionales que pueden producirse.

Se afronta el estudio de la semejanza dinámica en las turbomáquinas a partir de leyes semiempíricas. Se amplía el estudio de la cavitación. Se obtienen coeficientes asociados con el diseño de las máquinas.

Nociones sobre el diseño y comportamiento de las turbomáquinas. Se presta especial atención a regímenes de funcionamiento no deseados por su comportamiento inestable o periódico.

Se analiza el proceso de arranque deseable así como los dispositivos que permiten un equilibrado axial y radial aceptable para la máquina.

Se estudian los ventiladores.

Programa Básico

Objetivos

Estudio de procedimientos avanzados de diseño de bombas axiales y radiales.

Predicción del funcionamiento de bombas axiales y radiales.

Programa de Teoría

TEMA I. Teorema de Euler

LECCION 1ª Teorema de Euler.

Sistemas de referencia. Velocidades y triángulos de velocidad

Relación entre el par motor y la variación de momento cinético. Teorema de Euler

Condiciones de validez del Teorema de Euler

Relación entre la altura útil y la distribución de la velocidad tangencial

TEMA II. Teoría ideal de turbomáquinas axiales

LECCION 2ª Movimiento bidimensional a través de una cascada fija.

Introducción

Hipótesis de movimiento bidimensional

Generación de circulación en perfiles aerodinámicos

Teorema de Kutta-Joukowski

Circulación alrededor de un perfil aislado

Circulación alrededor de un perfil perteneciente a una cascada

LECCION 3ª Movimiento bidimensional a través de una cascada axial móvil.

Introducción

Composición de velocidades

Curva característica ideal de una cascada

Curva característica ideal de una bomba axial

Método de O'Brien y Folson

Método de Pfeleiderer y Spannhake

Ecuación fundamental para el diseño de un álabe

Hélices y molinos de viento

LECCION 4ª Efectos tridimensionales en turbomáquinas axiales.

Introducción

Alabeo de la superficie de corriente

Ecuaciones

Caso I: $H = \text{cte}$ y entrada con prerrotación nula

Caso II: $H = \text{cte}$ y momento cinético constante en la entrada

Caso III: $H = k \cdot r$ y entrada sin prerrotación

Caso IV: otras condiciones

Torbellinos desprendidos

Envergadura finita. Torbellino de punta

Circulación no constante a lo largo del álabe. Capa de cortadura

TEMA III. Teoría ideal de turbomáquinas radiales

LECCION 5ª Movimiento bidimensional a través de cascadas radiales fijas

Introducción

Transformación conforme

Concepto

Aplicación a un rodete radial

Flujo irrotacional a través de cascadas radiales fijas

LECCION 6ª Movimiento bidimensional a través de cascadas radiales móviles

Ecuaciones del movimiento a través de cascadas radiales

Leyes del movimiento relativo a través de rodetes radiales móviles

Métodos para describir el flujo en la entrada y salida de un rodete radial móvil

Corección de Stodola

Método de Pfeleiderer

Método de Buseman

TEMA IV. Análisis dimensional.

LECCION 7ª Análisis dimensional y leyes de escala en turbomáquinas.

Introducción

Curvas características adimensionales

Limitaciones en la utilización de la teoría de semejanza en turbomáquinas

Efectos de escala: Influencia del número de Reynolds y la rugosidad

Fórmula empíricas de corrección: Leyes de modelos

Ley de Moody

Ley de Davis, Kottas y Moody

Fórmula de Ackeret

Fórmula de Hutton

LECCION 8ª Velocidad específica

Introducción

Concepto de velocidad específica

Coefficientes de velocidad. Velocidad específica en función de los coeficientes característicos

Variación de la velocidad específica con la geometría del rodete

Influencia de la velocidad específica en el rendimiento

TEMA V. Cavitación.

LECCION 9ª Cavitación: mecanismos de daño y parámetros para su detección

Naturaleza del fenómeno

Presión de vapor y cavitación

Procesos en los que aparece. Estados y tipos de cavitación

Tipos de cavidades de vapor

Lugares de aparición de la cavitación

Regímenes de cavitación

Parámetros de cavitación

El parámetro de cavitación sv

El parámetro de cavitación incipiente svi

La depresión relativa a la cavidad sc

Órdenes de magnitud característicos

Velocidad específica de aspiración

Mecanismos de daño de la cavitación

Ondas de presión

Microchorro

Otros efectos de la cavitación

Efectos negativos

Soluciones

TEMA VI. Bombas centrífugas

LECCION 10ª Descripción bombas centrífugas.

Descripción general

Rodete

Cámara

Difusor

Voluta

Diseños normales típicos

LECCION 11ª Aplicación de la teoría ideal a rodets centrífugos.

Altura transmitida con número infinito de álabes

Variación de la curva característica ideal en función de b_2

Efecto de número finito de álabes

Influencia del espesor de los álabes

Efecto de la viscosidad

LECCION 12ª Generalidades sobre el diseño de rodets centrífugos.

Características de las distintas formas de rodete

Elección del ángulo b_2^* del álabe a la salida del rodete

Metodología en el diseño de un rodete centrífugo

Introducción

Diseño del rodete

Parámetros de diseño. Extensión al diseño de bombas helico-centrífugas

Diseño de los álabes del rodete

LECCION 13ª Curvas características.

Introducción

Curvas características ideales

Cascadas axiales

Cascadas radiales

Curvas características

Curvas características teóricas

Curvas características reales

Influjo de la variación de los triángulos de velocidad

Válvula de impulsión totalmente cerrada $Q = 0$

Curvas $H - Q$ para distintas velocidades de giro

Curvas de isorrendimiento

Influencia de la velocidad específica en las curvas características

Curvas características en régimen de bombeo, frenado y turbinación.

Velocidad de giro de la bomba positiva $w = \text{cte} > 0$

Velocidad de giro de la bomba negativa $w = \text{cte} < 0$

Velocidad de giro de la bomba variable

Bombeo de líquidos viscosos

Cálculo de las curvas características para el caso de líquidos viscosos

TEMA VII. Funcionamiento no estacionario de bombas

LECCION 14ª Arranque y parada de bombas.

Introducción

Procedimientos de arranque

Bombas centrífugas

Bombas axiales

Paradas bruscas y lentas

Transitorios

Funcionamiento inestable de una bomba

Fenómenos pendulares

Fenómenos de desprendimiento del caudal

LECCION 15ª Comportamiento mecánico de una bomba.

Introducción

Empuje axial

Rodetes radiales

Rodetes axiales

Compensación del empuje axial

Empuje radial
Compensación del empuje radial

TEMA VIII. Ventiladores.

LECCION 16ª Ventiladores.

Introducción

Compresibilidad del gas

Particularidades de diseño

Ventiladores centrífugos

Ventiladores axiales

Funcionamiento de ventiladores con gases y partículas en suspensión

Programa Práctico

Los objetivos del programa de prácticas de "Turbomáquinas Hidráulicas" son que el alumno pueda verificar experimentalmente los principios básicos de la teoría de perfiles aerodinámicos y realice ensayos de caracterización de turbomaquinaria hidráulica.

En cada sesión de prácticas de una duración aproximada de tres horas, primero se presentan las practicas a realizar y a continuación se realizan las practicas en el laboratorio.

SESIÓN ÚNICA

A.1: Determinación de los coeficientes de sustentación y de arrastre de un perfil aerodinámico (NACA 0015).

A.2: Comportamiento bidimensional-tridimensional de un perfil.

A.3: Efectos de escala en una bomba centrífuga

Evaluación

Examen escrito: Cuestiones teórico-prácticas y dos problemas.

Bibliografía
