



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE
INGENIEROS DE MINAS

Ríos Rosas, 21
28003 MADRID.

DEPARTAMENTO DE
FÍSICA APLICADA A LOS RECURSOS NATURALES

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA
ANÁLISIS DINÁMICO FRECUENCIAL

Curso : 3º
Cuatrimestre : 2º
Carácter : Optativa

Créditos totales
Teóricos : 2
Prácticos : 2,5

PLAN DE ESTUDIOS 1996

Edición 1: 2000-09-22

ANÁLISIS DINÁMICO FRECUENCIAL: PROGRAMA

a) OBJETIVOS Y CONTENIDOS

BLOQUE 1. La respuesta dinámica y las herramientas para el análisis

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.1 *Determinar el movimiento resultante de la composición de dos movimientos armónicos e la misma dirección con frecuencias iguales o cercanas.*
- 1.2 *Describir el movimiento vibratorio forzado de un sistema amortiguado con un solo grado de libertad y comprender el fenómeno de resonancia.*
- 1.3 *Comprender la extensión del análisis frecuencial a movimientos no periódicos y el significado del espectro de frecuencias.*
- 1.4 *Obtener las frecuencias que caracterizan el espectro de un pulso rectangular.*
- 1.5 *Analizar los cambios de fase en la convolución de una función con una delta de Dirac.*
- 1.6 *Comprender los efectos que produce la utilización de filtros y ventanas.*
- 1.7 *Comprender la relación entre los espectros continuos y discretos.*

CONTENIDOS

1.1: COMPORTAMIENTO CINEMÁTICO ARMÓNICO.

- Descripción del movimiento armónico simple.
- Velocidad; plano de fase. Aceleración: condición armónica.
- Composición de movimientos armónicos de igual dirección y con una misma frecuencia.
- Movimientos en fase, en cuadratura y en oposición.
- Movimientos de igual dirección y con frecuencias diferentes.
- Frecuencia de valores próximos. Pulsaciones.

1.2: EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA.

- Composición de armónicos.
- Descripción de un fenómeno periódico: la serie de Fourier.
- Forma compleja de la serie.
- Cálculo de los coeficientes de la serie.
- El espacio recíproco.

1.3: DINÁMICA DE SISTEMAS OSCILANTES.

- Respuesta dinámica en el movimiento armónico simple.
- La energía en el movimiento armónico simple.
- Movimiento amortiguado. Amortiguamientos subcrítico, crítico y supercrítico.
- Movimiento forzado y no amortiguado de sistemas con un grado de libertad. Condición de resonancia.
- Movimiento vibratorio forzado y amortiguado. Soluciones transitoria y permanente.
- Condiciones generales de excitación. Integral de convolución.

1.4: RESPUESTA FRECUENCIAL DE UN COMPORTAMIENTO NO PERIÓDICO.

- Espectros de funciones no periódicas: la transformada de Fourier.
- Transformada de un pulso rectangular y de una delta de Dirac.
- El peine de Dirac como tren de impulsos.
- Correlación y convolución.
- Transformada de una convolución.
- Filtros y ventanas.

1.5: DISCRETIZACIÓN DE LOS ESPECTROS.

- La respuesta del sistema como serie temporal.
- La transformada discreta.
- Integral discreta de la convolución.
- Algoritmo FFT.

BLOQUE 2. Obtención del espectro. Aplicación al mantenimiento predictivo de maquinaria rotativa.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 2.1 Conocer la técnica de medida de las vibraciones y la instrumentación esencial requerida.*
- 2.2 Discutir si los espectros obtenidos en una instalación mecánica revelan problemas de equilibrado.*
- 2.3 Analizar la posibilidad de existencia de problemas de desalineación y de holguras, mediante el estudio de los espectros registrados.*
- 2.4 Analizar los espectros de una instalación mecánica para descubrir si existen o no problemas en los rodamientos o debidos a las transmisiones.*
- 2.5 Describir las acciones que permitan reconocer si una vibración registrada en una instalación es debida a un fenómeno de resonancia.*

CONTENIDOS

2.1: MEDIDA Y ANÁLISIS DE LA VIBRACIÓN.

- Magnitudes de medida.
- Sensores de vibración.
- Adquisición de datos. Resolución y frecuencias de muestreo.
- Intensidad vibratoria. Normativa.
- Analizadores dinámicos.
- Técnicas de diagnóstico.
- Identificación básica de defectos.

2.2: VIBRACIONES PRODUCIDAS POR DESEQUILIBRIO.

- Vibraciones en rotores rígidos.
- Vibraciones por desequilibrio estático, dinámico y en par.
- Tolerancia.
- Concepto de rotor flexible.

- Vibraciones en rotores plásticos.
- Rotores eje-elásticos. Aplicación a turbomáquinas.
- Vibraciones en maquinaria alternativa.

2.3: ANÁLISIS DE OTRAS VIBRACIONES CARACTERÍSTICAS EN MAQUINARIA.

- Vibraciones por desalineación y holgura mecánica.
- Diagnóstico del estado de rodamientos. Cálculo de frecuencias características.
- Vibraciones en la transmisión por engranajes y correas.
- Vibraciones hidrodinámicas y aerodinámicas. Diagnóstico de la cavitación.
- Vibraciones de origen eléctrico.
- Identificación de resonancias

BLOQUE 3. Respuesta dinámica del medio geológico. Aplicación a las vibraciones sísmicas debidas al uso de explosivos

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 3.1 *Conocer los tipos de leyes de propagación de las vibraciones en el terreno y los principios que regulan las condiciones de seguridad.*

CONTENIDOS:

3.1: ANÁLISIS DE VIBRACIONES SÍSMICAS DEBIDAS AL USO DE EXPLOSIVOS

- Generación de vibraciones en voladuras. Ley de Berta.
- Espectros característicos en señales sísmicas.
- Atenuación y dispersión de ondas sísmicas.
- Leyes de propagación en el medio geológico.
- Criterios de daño. Conversión de magnitudes registradas.
- Desconvolución de vibraciones sísmicas. Aplicación de ventanas y filtros.

BLOQUE 4. Análisis de ruido

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 4.1 *Conocer los conceptos de ruido y de ruido blanco.*
4.2 *Comprender el fundamento de la vigilancia paramétrica de sistemas dinámicos lineales.*
4.4 *Calcular los coeficientes autorregresivos y el orden óptimo de un sistema.*
4.4 *Obtener tiempos de respuesta.*

CONTENIDOS

4.1: SISTEMAS LINEALES ESTACIONARIOS

- Estímulo aleatorio.
- Respuesta lineal estacionaria.
- Densidad de potencia espectral.
- Vigilancia paramétrica.
- Ruido blanco. Simulación.

4.2: MODELIZACIÓN DEL SISTEMA. TIEMPO DE RESPUESTA

- Coeficientes autorregresivos.
- Ecuaciones de Yule-Walker.
- Varianza del ruido blanco.
- Orden óptimo.
- Respuesta al impulso y respuesta al escalón.
- Cálculo del tiempo de respuesta.

b) **BIBLIOGRAFÍA**

BÁSICA:

- BALBÁS, M. y MEDINA, R. *Análisis de Vibraciones Mecánicas*. Madrid. Fund. Gómez Pardo. Madrid, 1996.
- MEADE, M.L. y DILLON C.R.. *Señales y sistemas. Modelos de comportamiento* (2ª edición). Addison-Wesley Iberoamericana. Buenos Aires, 1993.
- RAO, S.S., *Mechanical Vibrations*. Addison-Wesley. Massachusetts, 1995.
- RILEY, W.F. y STURGES, L.D. *Ingeniería Mecánica- Dinámica*. Reverté. Barcelona, 1995.
- VILARROIG, P. y BALBÁS, M, *La transformada de Fourier desde el punto de vista de sus aplicaciones físicas*. Fundación Gómez-Pardo. Madrid, 1996.

COMPLEMENTARIA:

- DEN HARTOG, J.P. *Mecánica de las vibraciones*. Editorial Continental. México DF, 1985.
- FRENCH, A.P. *Vibraciones y Ondas*. Reverté. Barcelona, 1980.
- GENTA, G. *Vibration of structures and machines. Practical aspects*. Springer-Verlag. Nueva York, 1995.
- MATHEY, R. *Physique des vibrations mecaniques*. Dunod. Paris, 1963.
- NEWLAND, D.E. *Vibraciones Aleatorias y Análisis Espectral*. AC. Madrid, 1983.

c) **PRÁCTICAS EN GRUPOS REDUCIDOS**

No hay.

d) PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

El primer bloque se evaluará mediante cuestiones teórico-prácticas y ejercicios numéricos. Los bloques restantes se evaluarán mediante la realización de un informe escrito individual sobre datos reales y su defensa oral. La calificación de la asignatura será la media de las anteriores.