



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA PARA ASSUNTOS ACADÊMICOS
DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO DO ENSINO

PROGRAMA DE COMPONENTE CURRICULAR

TIPO DE COMPONENTE (Marque um X na opção)

<input checked="" type="checkbox"/>	Disciplina	<input type="checkbox"/>	Estágio
<input type="checkbox"/>	Atividade complementar	<input type="checkbox"/>	Módulo
<input type="checkbox"/>	Trabalho de graduação	<input type="checkbox"/>	Ação curricular de extensão

STATUS DO COMPONENTE (Marque um X na opção)

OBRIGATÓRIO ELETIVO OPTATIVO

DADOS DO COMPONENTE

Código	Nome	Carga Horária		Nº. de Créditos	C. H. Global	Período
		Teórica	Prática			
CIVL0220	DINÂMICA DAS ESTRUTURAS	60	0	4	60	-

Pré-requisitos	CIVL0184 - ESTRUTURAS DE AÇO	Co-requisitos	-	Requisitos C. H.	-
----------------	------------------------------	---------------	---	------------------	---

EMENTA

Introdução. Sistemas com um grau de liberdade. Sistemas com múltiplos graus de liberdade. Sistemas contínuos. Modelagem em elementos finitos. Ação dinâmica do vento. Análise e projeto de estruturas sismorresistentes. Introdução ao controle de vibração.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

<p>1. Introdução:</p> <ul style="list-style-type: none">- Histórico do estudo da dinâmica vibracional.- Objetivos do estudo de dinâmica das estruturas.- Importância da análise de vibração.- Conceitos básicos de vibração: graus de liberdade (<i>degreeoffreedom</i>), sistemas discretos e contínuos etc.- Classificação das vibrações: vibração livre e forçada; vibração não amortecida e amortecida; vibração linear e não linear; vibração determinística e aleatória.- Natureza das excitações: forças causadas por máquinas; ação eólica; explosões; ação sísmica; ações causadas por tráfego de veículos; ações dinâmicas causadas pelo movimento de pessoas.- Classificação das ações: ações periódicas e aperiódicas; ações determinísticas e estocásticas.- Modelagem matemática de sistemas dinâmicos: rigidez (mola), inércia (massa), amortecimento etc.- Movimento harmônico e análise harmônica. <p>2. Sistemas com um grau de liberdade (<i>single degreeoffreedom</i>- SDF):</p> <ul style="list-style-type: none">- Equação de movimento: sistemas com massas, amortecimentos e rigidezes concentrados e distribuídas.- Vibração livre: método de Newton; período; frequência; reposta no domínio do tempo; influência da gravidade, excitação na base; princípio de D'alembert; método energético; método de Rayleigh; massa efetiva; oscilador simples equivalente (viga em balanço, viga biapoiada, outros casos); agrupamento de molas; pêndulos; centro de percussão; espaço de estado (plano de fase); estabilidade (estudo básico).- Vibração livre amortecida: amortecimento viscoso (subcrítico, crítico e supercrítico); amortecimento de Coulomb, amortecimento histerético (estrutural); amortecimento negativo; amortecimento quadrático; espaço de estado; decremento logaritmo e energia dissipada.- Movimento excitado harmonicamente: vibração forçada sem e com amortecimento; respostas no domínio da frequência e do tempo; fator de amplificação dinâmica; análise energética (amortecimentos viscosos, histerético/estrutural e de Coulomb); banda de ressonância e fator de qualidade; autoexcitação e análise de estabilidade (caracterização da instabilidade dinâmica); vibrações aerelásticas; excitação aplicada na base (harmônica e complexa); isolamento de vibrações; instrumentos para medição de vibração.- Vibração transiente: excitação periódica geral (integração numérica da série de Fourier); excitação aperiódica (técnicas de análise: integral de Fourier; integral de convolução - Duhamel; Transformada de Laplace; representar a função da força excitatriz mediante uma função interpoladora; integração numérica das equações de movimento); Excitação aperiódica aplicada na base; Espectros de resposta (excitações aperiódicas sísmicas); Espectro de projeto sísmico. <p>3. Sistemas com múltiplos graus de liberdade (<i>multipledegreeoffreedom</i>- MDF):</p> <ul style="list-style-type: none">- Equação de Lagrange.- Sistemas com dois graus de liberdade (<i>twodegreeoffreedom</i>- TDF). Modos normalizados.- Acoplamentos estático e dinâmico.- Absorvedor de vibração.- Sistemas com vários graus de liberdade (MDF): Equações de movimento.- Modelagem de sistemas contínuos.- Coeficientes de influência.
--

- Matrizes de massa e de rigidez.
 - Vibração não amortecida (modos de vibração).
 - Autovalores, autovetores e matriz modal: contribuição modal.
 - Condições de ortogonalidade. Autovalores repetidos.
 - Matriz modal ponderada.
 - Determinação de frequências naturais e formas modais: fórmula de Dunkerley; método de Rayleigh (quociente de Rayleigh e análise de Rayleigh-Ritz); método de Holzer; método de iteração matricial; método de Jacobi; sequência de Sturm; método de interação inversa; método de interação por subespaços; vetores de Ritz ou vetores de Lanczos.
 - Resposta dos sistemas não amortecidos.
 - Redução de graus de liberdade (condensação estática).
 - Vibração harmônica forçada.
 - Equações de movimento para os sistemas amortecidos.
 - Matriz de amortecimento: razões de amortecimento típicas.
 - Amortecimento proporcional.
 - Desacoplamento das equações de movimento. Coordenadas principais/generalizadas.
 - Resposta dos sistemas amortecidos sob excitação harmônica.
 - Autoexcitação e análise de estabilidade.
 - Resposta dos sistemas amortecidos sob excitação aperiódica.
 - Amortecimento não proporcional.
 - Espaço de estado.
 - Integração numérica: método das diferenças finitas; método de Runge-Kutta; método de Houbolt; método de Wilson; método de Newmark.
4. Sistemas contínuos:
- Vibração transversal da corda ou cabo.
 - Vibração axial da barra ou haste.
 - Vibração torcional do eixo ou haste.
 - Vibração transversal da viga.
 - Vibração da membrana.
 - Vibração da placa.
5. Modelagem em elementos finitos:
- Equações diferenciais ordinárias e parciais e condições de contorno.
 - Teoria dos resíduos e soluções aproximadas: método de Galerkin (formulação fraca).
 - Método de Rayleigh-Ritz.
 - Método dos elementos finitos na mecânica estrutural: funções de deslocamento, tipos de elementos finitos e coordenadas naturais.
 - Equação de um elemento finito genérico: nós e graus de liberdade (*degree of freedom*- DoF); funções de deslocamento e parâmetros nodais; equações de Cauchy; equações constitutivas do material; energia cinética e interna do elemento; potencial das cargas aplicadas; matrizes de massa (concentrada e consistente) e de rigidez do elemento; vetor de reações nodais; equação diferencial para um elemento arbitrário; transformações de coordenadas (sistema local e global).
 - Elementos Finitos básicos: treliça (2DoF), viga (4DoF), barra (6DoF e 12DoF), triangular (6DoF), quadrilátero (8DoF) etc.
 - Formulação isoparamétrica: polinômio de Lagrange, matriz de massa, matriz de rigidez, vetor de reações nodais, elemento unidimensional, elemento quadrilátero linear, elemento quadrilátero quadrático, elemento quadrilátero cúbico.
 - Soluções estática e dinâmica: matriz de massa da estrutura; matriz de rigidez da estrutura; vetor de cargas nodais; energias cinética e potencial de deformação; potencial de cargas; equação diferencial de equilíbrio da estrutura; solução geral (problema estático e dinâmico).
6. Ação dinâmica do vento:
- Teoria da probabilidade.
 - Variáveis aleatórias: valor médio (média), valor quadrado médio, raiz do valor quadrado médio (*root meansquare* -rms), variância, desvio padrão etc.
 - Processos aleatórios: processos estacionários e ergóticos; função de autocorrelação (correlação temporal); função de densidade de potência espectral; processos estacionários gaussianos; ruído branco estacionário; distribuição de probabilidades.
 - Resposta estocástica de sistemas lineares: SDF e MDF.
 - Modelagem estocástica do vento.
 - Turbulência: velocidade média de vento e rajadas (flutuações); distribuição de probabilidade; intensidade de turbulência; correlações espaciais; espectros de potência; espectro cruzado.
 - Códigos normativos sobre o projeto de estruturas submetidas a ações dinâmicas do vento.
 - Vibrações aeroelásticas: martelamento, vibrações por desprendimento de vórtices, instabilidade aerodinâmica por galope etc.
 - Simulação de Monte Carlo: método do vento sintético.
7. Análise e projeto de estruturas sismorresistentes:
- Conceitos sobre sismo: sismicidade; teoria da tectônica global; falhas geológicas; ondas sísmicas; magnitude sísmica; excitação sísmica.
 - Análise no domínio da frequência: série de Fourier em notação complexa, transformadas de Fourier, oscilador simples amortecido, formulação matricial, modelo de multigraus de liberdade.
 - Espectros de resposta.
 - Resposta sísmica: sistemas lineares e sistemas inelásticos.
 - Estruturas de edifícios: análise estática equivalente e análise dinâmica (temporal e espectral).
 - Critérios de contribuição modal.
 - Estruturas com ações múltiplas nos apoios.
 - Espectros de projeto.

- Códigos normativos sobre o projeto de estruturas sismorresistentes.
 - Detalhamento de estruturas sismorresistentes.
8. Introdução ao controle de vibração:
- Avaliações dos níveis de vibração em estruturas: critérios de avaliação; critérios estruturais; critérios (códigos normativos); critérios de conforto humano (códigos normativos).
 - Conceitos iniciais: teorias de controle (clássico, moderno e robusto); revisão histórica.
 - Definições: variável controlada; variável manipulável (sinal de controle); plantas; processos; sistemas de controle (malha aberta e malha fechada); distúrbio; atuador; controle retroalimentado; controlador; sensor; filtro de entrada; modelo matemático; etc.
 - Conceitos de controle estrutural.
 - Classificação dos sistemas de controle: passivo (absorvedores, amortecedores e isoladores), ativo, semiativo e híbrido.
 - Dispositivos de controle estrutural.
 - Modelagem e análise de sistemas de controle.
 - Projeto no espaço de estados: variáveis de estado; variáveis de entrada; variáveis de saída; vetor de estado; vetor de entrada; vetor de saída; espaço de estado; matriz de estado; matriz de entrada; matriz de saída; matriz de transmissão direta; matriz de posicionamento das variáveis de entrada externas; matriz de posicionamento das variáveis de entrada de controle; controlabilidade e observabilidade do sistema de controle; resolução das equações de estado (desacoplamento); observadores de estado.
 - Teoria do controle ótimo: regulador quadrático linear (índice de desempenho quadrático, matriz de ganho, matriz de ponderação de estados; matriz de ponderação de controle); análise de estabilidade de Lyapunov; equação matricial de Ricatti.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

- ALMEIDA, M. T. Vibrações mecânicas para engenheiros. 2ª ed., São Paulo: Blucher, 1990. 460.p
- ABNT. NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 1988. 66p.
- ABNT. NBR 15421: Projeto de estruturas resistentes a sismos - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2006. 26p.
- DEN HARTOG, J. P. Vibrações nos sistemas mecânicos. São Paulo: Edgard Blucher, 1972. 366.p
- DORF, R. C., BISHOP, R. H. Sistemas de controle modernos. 13. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2018. 784.p
- FONSECA, A. Vibrações. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S.A., 1964. 339.p
- HUMAR, J. L. Dynamics of structures. 3ª ed., London, UK: CRC Press, 2012. 1058.p
- MEIROVITCH, L. Elements of vibration analysis. USA: McGraw-Hill College, 1986. 560.p
- NISE, N. S. Engenharia de Sistemas de Controle. 7ª ed., Rio de Janeiro: LTC, 2017. 747.p
- OGATA, K. Engenharia de controle moderno. 3ª ed., Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1997. 813p.
- RAO, S. Vibrações mecânicas. 4ª ed., São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008. 424p.
- SORIANO, H. L. Elementos finitos: formulação e aplicação na estática e dinâmica das estruturas. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2009. 411.p
- THOMPSON, W. T. Teoria da vibração com aplicações. Rio de Janeiro: Interciência, 1978.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- ARMOUTI, N. Earthquake engineering: Theory and implementation with the 2015 international building code. 3ª ed., USA: McGraw-Hill Education, 2015. 544p.
- ABNT. NBR 7188: Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 14p.
- BALACHANDRAN, B., MAGRAD, E. B. Vibrações mecânicas. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 616p.
- BLESSMANN, J. Introdução ao estudo das ações dinâmicas do vento. 2ª ed., Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.
- BRASIL, R. M. L. R. F., SILVA, M. A. Introdução à dinâmica das estruturas para engenharia civil. São Paulo: Blucher, 2013. 268p.
- CRAIG, C. A. Sistemas dinâmicos: modelagem, simulação e controle. Rio de Janeiro: LTC, 2018. 445p.
- FERREIRA, W. G. Análise dinâmica no domínio da frequência de sistemas estruturais. Vitória: Enfoque Comunicação e Marketing Ltda, 2002.
- FRANKLIN, G. F., POWELL, J. D., EMAMI-NAEIMI, A. Sistemas de controle para engenharia. 6ª ed., Porto Alegre, 2013. 702p.
- GROEHS, A. G. Mecânica vibratória. 3ª ed. São Leopoldo, RS: Editora Unisinos, 2012. 945p.
- HOUSNER, G. W., BERGMAN, L. A., CAUGHEY, T. K., CHASSIAKOS, A. G., CLAUS, R. O., MASRI, S. F., SKELTON, R. E., SOONG, T. T.,
- INMAN, D. J. Vibrações mecânicas. São Paulo: GEN LTC, 2018. 688p.
- KELLY, S. G. Vibrações mecânicas: teoria e aplicações. São Paulo: Cengage Learning, 2017. 560p.
- KURKA, P. R. G. Vibrações de sistemas dinâmicos: análise e síntese. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 184p.
- MENDES, P. Dinâmica de estruturas. Lisboa, Portugal: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL), 2012. 169p.
- OLIVEIRA, V., AGUIAR, M., VARGAS, J. Engenharia de controle: fundamentos e aulas de laboratório. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. 498p.
- PRETTI, L. A., FERREIRA, W. G., CALENZANI, A. F. G. Vibrações devidas ao caminhar e às atividades aeróbicas: uma verificação teórica. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 7, n. 2, São Paulo, 2014.
- SAVI, M. A., PAULA, A. S. Vibrações mecânicas. Rio de Janeiro: LTC, 2017. 226p.
- SILVA, R. M. Introdução à engenharia das vibrações. Porto Alegre: EdiPUCRS, 2012. 602p.
- SORIANO, H. L. Introdução à dinâmica das estruturas. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. 464p.
- SOTELO Jr., J., FRANÇA, L. N. F. Introdução às vibrações mecânicas. São Paulo: Blucher, 2006. 176p.
- WAHRHAFTIG, A. M. Ação do vento: em estruturas esbeltas com efeito geométrico. 2ª ed. São Paulo: Blucher, 2017.

DEPARTAMENTO A QUE PERTENCE A DISCIPLINA

NÚCLEO DE TECNOLOGIA

HOMOLOGADO PELO COLEGIADO DE CURSO

ENGENHARIA CIVIL



Emitido em 28/02/2024

EMENTA Nº 161/2024 - SEGEC (12.33.89)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 28/02/2024 16:29)

JOCILENE OTILIA DA COSTA

COORDENADOR

CGEC NT (12.33.22)

Matrícula: ###118#7

Visualize o documento original em <http://sipac.ufpe.br/documentos/> informando seu número: **161**, ano: **2024**, tipo: **EMENTA**, data de emissão: **28/02/2024** e o código de verificação: **496a2b7df8**