

Motores Térmicos

Programa

- I **Introdução aos diversos tipos de motores**
 - 1 Generalidades
 - 2 Funcionamento dos motores de Explosão
 - 3 Funcionamento dos motores Diesel
 - 4 Funcionamento dos motores a Dois Tempos
 - 5 Sobrealimentação
 - 6 Comparação dos diversos motores
- II **Termodinâmica aplicada aos motores térmicos**
 - 1 Termodinâmica
 - 2 Mecânica dos fluidos
 - 3 Transmissão de calor
 - 4 Combustão
- III **Parâmetros de projecto e funcionamento**
 - 1 Generalidades
 - 2 Cilindrada
 - 3 Velocidade de rotação
 - 4 Rendimento volumétrico
 - 5 Perdas mecânicas
 - 6 Massa específica do ar. Coeficiente de excesso de ar
 - 7 Ciclos teórico, ideal, e real
 - 8 Análise das curvas características
- IV **Combustão e câmaras de combustão em motores de Explosão**
 - 1 Caracterização do processo de combustão
 - 2 Preparação da mistura
 - 4 Detonação e pré-ignição
 - 4 Índice de octano
 - 5 Câmaras de combustão
- V **Combustão e câmaras de combustão em motores Diesel**
 - 1 Caracterização do processo de combustão
 - 2 Atraso à inflamação
 - 3 Número de cetano
 - 4 Câmaras de combustão
- VI **Sobre-alimentação**
 - 1 Generalidades
 - 2 Motores de Explosão
 - 3 Motores Diesel
- VII **Impacte ambiental**
 - 1 Produtos de combustão, constituintes dos gases de escape, e legislação
 - 2 Formação de poluentes
 - 3 Controlo de emissões
- VIII **Periféricos e auxiliares. Lubrificação**
 - 1 Periféricos e auxiliares
 - 2 Lubrificação

O Professor Responsável

J M C Mendes Lopes
2009-07-07

Plano de aulas - Estrutura de cada Capítulo

I Introdução aos diversos tipos de motores

Duração - Teóricas - 4h.30
Laboratoriais - 2h.00

Título		Descrição
1	Generalidades	Definições gerais. Classificação dos motores. Campo de aplicação. Definição de cilindrada unitária, diâmetro, curso, razão de compressão, volume residual, etc. Elementos constituintes dos motores. Sobre-alimentação.
2	Funcionamento dos motores de Explosão	Ciclo de funcionamento. Execução do ciclo e suas implicações. Fases do ciclo. Controlo da carga. Exemplos de motores de Explosão.
3	Funcionamento dos motores Diesel	Ciclo de funcionamento. Execução do ciclo e suas implicações. Fases do ciclo. Controlo da carga. Exemplos de motores Diesel.
4	Funcionamento dos motores a Dois Tempos	Objectivos. Ciclo de funcionamento. Execução do ciclo e suas implicações, vantagens e inconvenientes. Distinção entre os casos Diesel e Explosão. Exemplos de motores a Dois Tempos.
5	Sobralimentação	Objectivos e princípios. Tipos de sobre-alimentação. Adequabilidade da sobre-alimentação ao caso Diesel e limitações para os motores de Explosão. Campos de aplicação.
6	Comparação dos diversos motores	Comparação dos motores de Explosão e Diesel sob o ponto de vista geral. Comparação dos motores a Quatro e a Dois Tempos sob o ponto de vista geral. Comparações nos diversos campos de aplicação. Adequação de cada tipo de motor a cada campo de aplicação específico.

II Termodinâmica aplicada aos motores térmicos

Duração - Teóricas - 9h.00
Práticas - 5h.00

Título		Descrição
1	Termodinâmica	Primeira e Segunda Leis da Termodinâmica. Calor e trabalho. Reversibilidade e irreversibilidade. Diagramas $p-v$ e $T-s$. Gás perfeito. Ciclos teóricos. Evoluções isócoras, isentrópicas, isobáricas, e politrópicas. Rendimento de uma transformação cíclica.
2	Mecânica dos fluidos	Escoamentos laminares e turbulentos. Geração e decaimento da turbulência dentro dos cilindros. Evolução da turbulência durante a admissão, compressão, combustão, expansão, e escape. Perdas de carga. Perdas de carga em linha e perdas de carga singulares. Movimentos do gás no interior do cilindro: <i>swirl</i> , <i>squich</i> , <i>tumbling</i> . Escoamentos não permanentes nas condutas de admissão e de escape, e sua importância.
3	Transmissão de calor	Condução de calor. Propriedades dos materiais. Convecção natural e forçada. Coeficiente de transmissão de calor h . Importância da turbulência e da massa específica ρ do gás. Radiação. Características radiantes das chamas.
4	Combustão	Composição do ar e dos combustíveis. Estequiometria. Misturas pobres e ricas. Produtos da combustão. Combustão completa e incompleta. Energia libertada e temperatura de combustão. Dissociação. Breves conceitos de cinética química. Reacções globais e elementares. Taxa de reacção e parâmetros de que depende. Caracterização das chamas. Pré-mistura e difusão. Importância da turbulência. Ignição por faísca e espontânea, propagação de chama, limites de inflamabilidade, <i>quenching</i> . Vaporização e combustão da gota.

III Parâmetros de projecto e funcionamento

Duração - Teóricas - 12h.00
Práticas - 5h.00

Título		Descrição
1	Generalidades	Diagrama indicado. Potência indicada. Potência efectiva. Parâmetros de que depende. Pressão média efectiva. Rendimento mecânico. Consumos específico e horário. Rendimento volumétrico. Excesso de ar e coeficiente de excesso de ar. Rendimentos dos ciclos teórico, ideal, e rendimento qualitativo de execução do ciclo ideal.
2	Cilindrada	Análise da cilindrada. Diferença entre ter poucos cilindros grandes e muitos cilindros pequenos - suas implicações mecânicas, térmicas, de combustão, manutenção, etc. Diferenças para a mesma cilindrada unitária com diferentes relações <i>curso/diâmetro</i> - suas implicações mecânicas, térmicas, de combustão, manutenção, etc.
3	Velocidade de rotação	Análise da velocidade de rotação. Limitações de ordem mecânica, térmica, de combustão, de rendimento, de tipo de utilização, etc. Esforços envolvidos. Velocidade média do êmbolo, e suas implicações. Classificação dos motores segundo a velocidade média do êmbolo.
4	Rendimento volumétrico	Análise do rendimento volumétrico. Influência dos escoamentos pulsatórios, da temperatura (externa e interna), dos gases residuais, das perdas de carga, dos escoamentos sónicos, e da inércia dos gases. Sistemas de admissão variável, e sistemas de distribuição variável. Diferenças relativas a motores Diesel e de Explosão, 2T e 4T, atmosféricos e sobre-alimentados.
5	Perdas mecânicas	Análise das perdas mecânicas. Tipos de atrito e sua importância relativa. Perdas por bombagem. Relação entre as perdas (e rendimento) mecânicas, potência efectiva, e consumo específico. Influência da velocidade de rotação, da carga, e da sobre-alimentação. Métodos experimentais para a determinação das perdas mecânicas.
6	Massa específica do ar. Coeficiente de excesso de ar	Análise da influência da massa específica do ar (ou da mistura) na admissão. Influência da altitude, da temperatura, da preparação da mistura, e do tipo de combustível. Análise da influência do combustível. Hidrocarbonetos, alcoóis, e bio-combustíveis. Hidrogénio. Análise do coeficiente de excesso de ar. Importância dos limites de inflamabilidade nos motores de Explosão, e suas consequências. Influência da razão <i>ar/combustível</i> na potência e no consumo específico. Vantagens, inconvenientes, e problemas do uso de misturas muito pobres em motores de Explosão. Gama admissível nos motores Diesel. Diferença entre motores Diesel grandes e pequenos. Controlo de potência e de temperatura. Limite de fumo e limite térmico.
7	Ciclos teórico, ideal, e real	Análise do rendimento e outras características dos diversos ciclos teóricos. Limitações impostas à pressão máxima do ciclo. Comparação dos diversos ciclos. Influência da sobre-alimentação. Análise do ciclo ideal. Rendimento do ciclo ideal. Influência da variação das propriedades dos fluidos. Influência da temperatura, da composição do gás, da dissociação, etc. Influência da razão de compressão. Análise do ciclo real. Rendimento de execução do ciclo real. Influência das " <i>perdas de tempo</i> ", da transmissão de calor, do " <i>blow-by</i> ", da dissociação, e da combustão incompleta. Influência da influência da velocidade e da carga. Diferenças entre motores Diesel e de Explosão.
8	Análise das curvas características	Curvas características. Relação entre potência efectiva, binário, consumo específico, rotação, estrangulamento da admissão, etc. Velocidades máxima de rotação, de potência máxima, de binário máximo, de consumo específico mínimo, de embalamento, etc. Iso-linhas de consumo específico. Reserva de binário. Curvas de resistência imposta ao motor. Caixas de velocidade. Relação entre potência necessária, potência " <i>disponível</i> ", e consumo específico. Comparação entre os motores Diesel e de Explosão.

IV Combustão e câmaras de combustão em motores de Explosão

Duração - Teóricas - 3h.00

Título		Descrição
1	Caracterização do processo de combustão	Particularidades da combustão nos motores de Explosão. Evolução temporal da pressão, fracção mássica queimada, fracção volumétrica queimada, e suas relações. Propagação da chama (regime laminar e turbulento). Limites de inflamabilidade. Motores de mistura pobre. " <i>Quenching</i> ". Ignição.
2	Preparação da mistura	Características requeridas da mistura durante a ignição e combustão. Motores de carga homogénea e de carga estratificada. Injecção directa (mecânica e com assistência pneumática). Suas características e problemas. Injecção indirecta multiponto. Injecção indirecta monoponto. Carburadores. Controlo da <i>razão ar/combustível</i> nas diferentes condições de funcionamento do motor. Condutas de admissão e comportamento da mistura (escoamento a duas fases) nas condutas. Arranque a frio e regimes transientes.
3	Detonação e pré-ignição	Atraso à auto-inflamação dos combustíveis. Detonação. Sua importância e consequências. Parâmetros de que depende. Controlo da detonação. Previsão da detonação. Pré-ignição. Pós-ignição.
4	Índice de octano	Características de auto-inflamação dos combustíveis. Sua caracterização. Tipos de ensaio e sua universalidade. Índice de octano. RON, MON, e gasolinas de aviação. Sensibilidade e severidade. Aditivagem. Gasolina sem chumbo.
5	Câmaras de combustão	Tipos de câmaras existentes. Suas características relativas à criação de turbulência, propagação de chama, evolução de pressão, limites para combustão com misturas pobres, detonação, etc.

V Combustão e câmaras de combustão em motores Diesel

Duração - Teóricas - 1h.30

Título		Descrição
1	Caracterização do processo de combustão	Particularidades da combustão nos motores Diesel. Excesso de ar. Processo de mistura. Processo de atomização do combustível. Características físicas e de combustão dos " <i>sprays</i> ", e sua relação com a geometria do injector e aerodinâmica da câmara de combustão. Ignição. Temperaturas atingidas localmente e globalmente.
2	Atraso à inflamação	Atraso à inflamação. Suas consequências. Parâmetros de que depende. Avanço à injecção. Injecção faseada.
3	Número de cetano	Definição de número de cetano. Exigências dos motores e sua variação. Características dos combustíveis.
4	Câmaras de combustão	Tipos de câmaras. Câmaras de injecção directa. Suas características e imposições sobre o motor. Características dos motores. Câmaras de injecção indirecta. Suas características e imposições sobre o motor. Características dos motores. Comparação dos motores equipados com ambos os tipos de câmara. Vantagens e inconvenientes relativos.

VI Sobre-alimentação

Duração - Teóricas - 1h.30

Título		Descrição
1	Generalidades	Razão de ser da sobre-alimentação. Trabalho absorvido pela compressão. Tipo e accionamento dos compressores. Vantagens e inconvenientes relativos. Turbo-alimentação: ajustamento dos parâmetros de funcionamento (" <i>matching</i> ") do conjunto compressor/turbina. Tipos de alimentação da turbina. Turbinas de geometria variável. " <i>After-coolers</i> ". Comportamento em altitude. Comportamento em regime transiente. Comportamento na utilização rodoviária.
2	Motores de Explosão	Sobre-alimentação em motores de Explosão. Vantagens e inconvenientes. Controlo da detonação. Válvulas <i>waste-gate</i> .
3	Motores Diesel	Sobre-alimentação em motores diesel. Vantagens e inconvenientes. Motores <i>turbocompound</i> .

VII Impacte ambiental

Duração - Teóricas - 6h.00
ver NOTA

Título		Descrição
1	Produtos da combustão, constituintes dos gases de escape, e legislação	Produtos da combustão de hidrocarbonetos e de outros combustíveis utilizados em motores de combustão interna. Seu impacte ambiental e consequências. Legislação. Tipos de ensaios. Ciclos de condução. Ciclo europeu e ciclo EUA FTP 75.
2	Formação de poluentes	NO _x . Sua formação em motores de Explosão. Sua formação em motores Diesel. CO. Sua formação em motores de Explosão. Sua formação em motores Diesel. Hidrocarbonetos não queimados (HC). Fenómenos de " <i>quenching</i> " e cruzamento de válvulas. Sua emissão em motores de Explosão. Sua emissão em motores Diesel. Partículas. Sua formação em motores de Explosão. Sua formação em motores Diesel.
3	Controlo de emissões	Motores de Explosão. Catalisadores. Sondas λ . Motores com catalisadores de uma e de três vias. Motores de mistura pobre. Vantagens e inconvenientes relativos. Controlo de NO _x , CO, e HC. Recirculação de gases de escape. Motores Diesel. Controlo de NO _x e de partículas. Catalisadores, catalisadores selectivos SCR, e filtros.

VIII Periféricos e auxiliares. Lubrificação

Duração - Laboratoriais - 4h.00
Visita de estudo - 1 dia

Título		Descrição
1	Periféricos e auxiliares	Filtros de ar. Sistemas de alimentação de combustível. Filtragem e bombagem. Carburadores. Sistemas de injeção e injectores em motores de Explosão. Sistemas de injeção e injectores em motores Diesel. Sistemas de inflamação. Ignição. Velas. Sistemas de refrigeração.
2	Lubrificação	Fundamentos de lubrificação. Propriedades e características dos óleos de lubrificação. Funções do óleo no motor. O óleo como meio de diagnóstico. Impacte ambiental da lubrificação.

Valores aproximados e médios para cada turma

Semanas de aulas	-	14
Semanas "completas"	-	13
Aulas teóricas	-	39 horas
Aulas laboratoriais/práticas	-	76 horas

Distribuição das aulas pelos Capítulos

Teóricas	I	-	3	Laboratoriais	I	-	1,0
	II	-	6		II	-	2,5
	III	-	8		III	-	2,0
	IV	-	2		VIII	-	2,0
	V	-	1		Ensaios	-	13
	VI	-	1				(+ 0,5 aula)
	VII	-	4		(ver NOTA)	Visitas	-

NOTA - O Capítulo VII é dado entre os Capítulos III e IV, e ainda disseminado ao longo de toda a Disciplina