

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NAM CẦN THƠ



GIÁO TRÌNH
NGUYÊN LÝ ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

Ngành: Kỹ thuật ô tô

Nguyễn Hoàng Anh

Thạc sĩ

Cần Thơ, tháng 7 năm 2024

(Lưu hành nội bộ)

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NAM CẦN THƠ



GIÁO TRÌNH
NGUYÊN LÝ ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

Ngành: Kỹ thuật ô tô

Nguyễn Hoàng Anh

Thạc sĩ

Cần Thơ, tháng 7 năm 2024

(Lưu hành nội bộ)

MỤC LỤC

DANH MỤC HÌNH	i
GIẢI THÍCH CÁC KÝ HIỆU.....	v
Chương 1. GIỚI THIỆU KHÁI QUÁT VỀ ĐỘNG CƠ.....	1
ĐỐT TRONG.....	1
1.1 VAI TRÒ CỦA ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG (ĐCĐT)	1
1.2 LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN CỦA ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG.....	1
1.3 ĐỘNG CƠ VÀ ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG	2
1.4 NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG.....	8
1.5 PHÂN LOẠI VÀ ƯU KHUYẾT ĐIỂM CỦA ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG.....	16
1.6 BÀI TẬP	24
Chương 2. CẤU TẠO TỔNG QUÁT ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG	25
2.1 NHÓM CÁC CHI TIẾT CỐ ĐỊNH.....	25
2.2. NHÓM CÁC CHI TIẾT PHÁT LỰC.....	30
2.3 HỆ THỐNG PHÂN PHỐI KHÍ.....	35
2.4 HỆ THỐNG BÔI TRƠN	38
2.5 HỆ THỐNG LÀM MÁT	41
2.6 HỆ THỐNG NHIÊN LIỆU.....	44
2.7 TRANG BỊ ĐIỆN ĐỘNG CƠ.....	53
2.8 BÀI TẬP	58
Chương 3. LÝ THUYẾT CƠ SỞ ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG	59
3.1 CÁC CHU TRÌNH NHIỆT - CHU TRÌNH LÝ THUYẾT CỦA ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG.....	59
3.2 CHU TRÌNH HỖN HỢP	61
3.3 CHU TRÌNH ĐẲNG TÍCH ($V = \text{CONST}$).....	67
3.4 CHU TRÌNH ĐẲNG ÁP ($P = \text{CONST}$).....	68
3.5 SO SÁNH HIỆU SUẤT NHIỆT CỦA CÁC CHU TRÌNH NHIỆT ĐỘNG.....	69
3.6 TĂNG ÁP TRONG ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG	70
3.7 BÀI TẬP	77
Chương 4. MÔI CHẤT CÔNG TÁC TRONG ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG.....	80
4.1 MÔI CHẤT CÔNG TÁC.....	80
4.2 XÁC ĐỊNH LƯỢNG KHÔNG KHÍ CẦN THIẾT ĐỂ ĐỐT CHÁY MỘT ĐƠN VỊ KHỐI LƯỢNG (1kg) NHIÊN LIỆU LỎNG.....	84
4.3 TỶ LỆ HỖN HỢP CHÁY	85
4.4 XÁC ĐỊNH LƯỢNG MOL CỦA SẢN PHẨM CHÁY.....	88

4.5 NHIỆT DUNG RIÊNG CỦA MÔI CHẤT CÔNG TÁC MỚI VÀ CỦA SẢN PHẨM CHÁY	92
4.6 BÀI TẬP	95
Chương 5. NHIÊN LIỆU ĐỘNG CƠ ĐÓT TRONG	96
5.1 GIỚI THIỆU VỀ NHIÊN LIỆU ĐỘNG CƠ ĐÓT TRONG	96
5.2 DẦU MỎ.....	97
5.3 NHIÊN LIỆU ĐỘNG CƠ XĂNG (XĂNG - ESSENCE)	106
5.4 NHIÊN LIỆU ĐỘNG CƠ DIESEL	127
5.5 BÀI TẬP	134
Chương 6. CHU TRÌNH CÔNG TÁC CỦA ĐỘNG CƠ ĐÓT TRONG	136
6.1 MỤC ĐÍCH NGHIÊN CỨU.....	136
6.2 QUÁ TRÌNH NẠP.....	136
6.3 QUÁ TRÌNH NÉN	145
6.4 QUÁ TRÌNH CHÁY	152
6.5 QUÁ TRÌNH GIẢI NỔ.....	164
6.6 QUÁ TRÌNH THẢI.....	169
6.7 BÀI TẬP	174
Chương 7. TÍNH NĂNG KỸ THUẬT CỦA ĐỘNG CƠ ĐÓT TRONG.....	175
7.1 CÂN BẰNG NHIỆT TRONG ĐỘNG CƠ ĐÓT TRONG.....	175
7.2 CÁC THÔNG SỐ ĐÁNH GIÁ TÍNH NĂNG KỸ THUẬT CỦA ĐỘNG CƠ	177
7.3 CÁC LOẠI ĐẶC TÍNH CỦA ĐỘNG CƠ.....	183
7.4 BÀI TẬP	196
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	197

LỜI NÓI ĐẦU

Động cơ đốt trong là một máy nhiệt và cũng là nguồn động lực không thể thiếu trên các loại phương tiện giao thông cho đến ngày nay. Để thiết kế, chế tạo, khai thác, bảo dưỡng và sử dụng một cách hiệu quả máy nhiệt này, người làm công tác kỹ thuật phải có những hiểu biết nền tảng về nguyên lý hoạt động và các vấn đề lý thuyết liên quan đến nguồn động lực trên. Đặc biệt khi sự khan hiếm nhiên liệu sử dụng và sự ứ đọng giao thông gây ô nhiễm môi trường đang được quan tâm thì những kiến thức cơ bản về động cơ đốt trong luôn rất cần thiết.

NGUYÊN LÝ ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG được biên soạn theo đề cương môn học “Động cơ đốt trong” - Khoa Cơ khí Động lực - Trường Đại học Nam Cần Thơ dưới hình thức bài giảng. Nội dung bao gồm 7 chương do ThS Nguyễn Hoàng Anh chủ biên.

Các chương 1, 2 do CH Dương Văn Kiên biên soạn.

Các chương 3, 4, 5, 6, 7 do ThS Nguyễn Hoàng Anh biên soạn.

Các tác giả xin chân thành cảm ơn thầy cô Bộ môn Công nghệ kỹ thuật ô tô, Khoa Cơ khí Động lực đã đóng góp những ý kiến có ích và khích lệ chúng tôi trong quá trình biên soạn.

Giáo trình được biên soạn dựa trên kinh nghiệm giảng dạy nhiều năm và tham khảo nhiều nguồn tài liệu liên quan, nên không thể tránh khỏi những thiếu sót, tác giả rất mong nhận được những ý kiến đóng góp của các đồng nghiệp được hoàn thiện hơn.

Xin chân thành cảm ơn!

Các tác giả

DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1 Sơ đồ cấu tạo động cơ xăng bốn kỳ	5
Hình 1.2 đồ kết cấu đơn giản động cơ bốn kỳ.....	7
Hình 1.3 Sơ đồ hoạt động kỳ nạp động cơ bốn kỳ	10
Hình 1.4 Sơ đồ hoạt động kỳ nén động cơ bốn kỳ	11
Hình 1.5 Sơ đồ hoạt động kỳ cháy giãn nở động cơ bốn kỳ	11
Hình 1.6 Sơ đồ hoạt động kỳ thải động cơ 4 kỳ.....	12
Hình 1.7 Sơ đồ cấu tạo động cơ đốt trong hai kỳ.....	13
Hình 1.8 Sơ đồ hoạt động hành trình một động cơ 2 kỳ	14
Hình 1.9 Sơ đồ hoạt động hành trình 2 động cơ 2 kỳ	15
Hình 1.10 Hình ảnh động cơ một và nhiều xilanh	17
Hình 1. 11 Các loại động cơ khác nhau	17
Hình 2.1 Mặt cắt động cơ Diesel.....	25
Hình 2.2 Kết cấu thân máy hộp trục khuỷu.....	26
Hình 2.3 Kết cấu thân máy động cơ 4 xilanh thẳng hàng	26
Hình 2.4 Mặt cắt nắp quy-lát và các chi tiết lắp ghép.....	27
Hình 2.5 Kết cấu nắp máy động cơ nhiều xilanh	27
Hình 2.6 Các loại xilanh động cơ làm mát bằng gió.....	28
Hình 2.7 Xilanh động cơ làm mát bằng nước và lót xilanh	28
Hình 2.8 Xilanh động cơ làm mát bằng nước	29
Hình 2.9 Cấu tạo nắp che (cácte trên) của động cơ.....	29
Hình 2.10 Cấu tạo máng dầu (cácte dưới) của động cơ	29
Hình 2.11 Kết cấu cụm cổ góp nạp, thải, nắp che và nắp máy	30
Hình 2.12 Cấu tạo nhóm các chi tiết phát lực	31
Hình 2.13 Cấu tạo nhóm piston-chốt piston.....	31
Hình 2.14 Kết cấu mặt cắt bên trong của piston	32
Hình 2.15 Cấu tạo thanh truyền tiết lắp ghép.....	33
Hình 2.16 Cấu tạo của trục khuỷu và bánh đà	34
Hình 2.17 Mặt cắt trục khuỷu và các đường bôi trơn các bề mặt trục	35

Hình 2.18 Kết cấu kiểu xúpáp đặt	36
Hình 2.19 Cơ cấu phối khí dùng xúpáp treo	36
Hình 2.20 Cơ cấu nạp thải bằng van xoay (a) và đĩa xoay (b).....	37
Hình 2.21 Cơ cấu nạp thải bằng piston (động cơ hai kỳ xăng pha nhớt).....	37
Hình 2.22 Cơ cấu nạp bằng cửa và thải bằng xúpáp (động cơ Diesel hai kỳ)	38
Hình 2.23 Kết cấu phần đuôi xúpáp và trình tự lắp ráp	38
Hình 2. 24 Sơ đồ hệ thống bôi trơn bằng phương pháp vung tóa	39
Hình 2.25 Sơ đồ hệ thống bôi trơn cưỡng bức dùng cacte ướt	40
Hình 2.26 Cấu tạo của bơm dầu bằng bánh răng	40
Hình 2.27 Cấu tạo lọc dầu	41
Hình 2.28 Sơ đồ bố trí hệ thống làm mát bằng nước	42
(mạch nước tuần hoàn khi động cơ còn nguội)	42
Hình 2.29 Cấu tạo bơm nước làm mát	43
Hình 2.30 Cấu tạo van hằng nhiệt	43
Hình 2.31 Các bộ phận của két nước	44
Hình 2.32 Sơ đồ hệ thống nhiên liệu động cơ xăng xe du lịch	44
Hình 2.33 Sơ đồ hệ thống nhiên liệu động cơ xăng dùng bộ chế hòa khí.....	45
Hình 2.34 Cấu tạo thùng xăng.....	46
Hình 2.35 Cấu tạo lọc xăng	46
Hình 2.36 Cấu tạo bơm màng điều khiển bằng cam lệch tâm	47
Hình 2.37 Cấu tạo bơm nhiên liệu điều khiển bằng điện	47
Hình 2.38 Cấu tạo của một bộ chế hòa khí đơn giản	48
Hình 2.39 Sơ đồ bố trí hệ thống thải trên ô tô.....	48
Hình 2.40 Hệ thống cung cấp nhiên liệu động cơ Diesel.....	49
Hình 2.41 Mặt cắt dọc của một bơm cao áp Bosch.....	50
Hình 2.42 Mặt cắt ngang của một bơm cao áp Bosch.....	50
Hình 2.43 Kết cấu vòi phun động cơ Diesel	51
Hình 2.44 Phân loại kết cấu buồng cháy động cơ Diesel.....	52
Hình 2.45 Một số dạng buồng đốt thống nhất của động cơ Diesel	52
Hình 2.46 Một số hình dạng buồng cháy ngăn cách trong động cơ Diesel	52

Hình 2.47 Kết cấu của một số buồng cháy xoáy lốc trong động cơ Diesel	53
Hình 2.48 Sơ đồ hệ thống cung cấp điện	54
Hình 2.49 Cấu tạo bình ắc-quy.....	55
Hình 2.50 Cấu tạo máy phát điện xoay chiều	56
Hình 2.51 Sơ đồ mạch điện của máy khởi động	57
Hình 3.1 Đồ thị P-V và T-S của chu trình cấp nhiệt hỗn hợp.....	61
Hình 3.2 Quan hệ giữa λ và ρ khi $\varepsilon = 16$, $Q_1 = Q_1' + Q_1'' = 80 \text{ MJ/kmol}$	65
Hình 3.3 Quan hệ giữa η_t và p_t với ε , λ và ρ theo các	66
Hình 3.4 Đồ thị p-V và T-S của chu trình đẳng tích	67
Hình 3.5 Quan hệ giữa hiệu suất và tỷ số nén của chu trình đẳng tích	67
Hình 3.6 Đồ thị p-V và T-S của chu trình đẳng áp	68
Hình 3.7 Quan hệ giữa hiệu suất nhiệt η_t và ρ của chu trình đẳng áp	69
Hình 3.8 Đồ thị so sánh giữa các chu trình	69
Hình 3.9 Sơ đồ động cơ tăng áp bằng truyền động cơ khí.....	71
Hình 3.10 Chu trình lý tưởng của động cơ tăng áp bằng truyền động cơ khí.....	71
Hình 3.11 Sơ đồ tăng áp bằng khí xả động cơ	72
Hình 3.12 Chu trình lý tưởng của động cơ tăng áp tuabin khí.....	73
Hình 3.13 Chu trình lý tưởng của động cơ tăng áp tuabin khí.....	74
Hình 3.14 Mặt cắt của bộ tăng áp tuabin khí (turbochager).....	74
Hình 3.15 Sơ đồ động cơ tăng áp liên hợp dùng máy nén nối tiếp	75
Hình 3.16 Sơ đồ động cơ tăng áp có làm mát khí tăng áp	76
Hình 4.1 Quan hệ giữa tỷ nhiệt mol đẳng tích trung bình và nhiệt độ theo phương pháp quang phổ và dùng hàm tuyến tính hóa.....	92
Hình 5.1 Đồ thị biểu diễn khoảng đồ thị bốc hơi.....	109
Hình 5.2 Đồ thị các mốc nhiệt độ T_{10} , T_{50} , T_{90}	110
Hình 5.3 Đồ thị quan hệ độ nhớt của nhiên liệu Diesel theo nhiệt độ	131
Hình 6.1 Diễn biến quá trình nạp thải động cơ bốn kỳ	137
Hình 6.2 Đồ thị quét khí động cơ Diesel hai kỳ.....	139
Hình 6.3 Đồ thị nạp thải động cơ bốn kỳ tăng áp	144
Hình 6.4 Giản đồ thể hiện mối quan hệ giữa k_1 và n_1	146

Hình 6.5 Đồ thị xác định n_1 khi biết giá trị e và T_a	148
Hình 6.6 Ảnh hưởng của số vòng quay và phụ tải động cơ xăng đối với n_1	150
Hình 6.7 Ảnh sự lan truyền màng lửa trong buồng cháy động cơ	154
Hình 6.8 Quá trình tạo màng lửa và sự kích nổ	155
Hình 6.9 Các trạng thái khác nhau của quá trình cháy.....	156
Hình 6.10 Đồ thị áp suất trong xilanh và các giai đoạn xảy ra sự cháy	156
Hình 6.11 Các giai đoạn cháy của động cơ Diesel.....	157
Hình 6.12 Sơ đồ quá trình cháy của động cơ xăng và Diesel	158
Hình 6.13 Các tâm cháy xuất hiện trong phân hỗn hợp khí trước	161
Hình 6.14 Hiện tượng cộng hưởng áp suất khí cháy kích nổ.....	162
Hình 6.15 Ảnh hưởng của quy luật phun nhiên liệu trong.....	162
Hình 6.16 Ảnh hưởng của số xêtan của nhiên liệu tới mức độ tăng áp suất cực đại (p_z)	164
Hình 6.17 Đồ thị quá trình giãn nở	165
Hình 6.18 Đồ thị xác định n_2 khi biết e và T_Z đối với động cơ xăng.....	166
Hình 6.19 Đồ thị xác định n_2 khi biết d và T_Z đối với động cơ Diesel	167
Hình 6.20 Đồ thị quá trình thái	169
Hình 7.1 Sơ đồ mô tả hệ thống hở (ĐCĐT)	175
Hình 7.2 Đồ thị xác định công chỉ thị của một chu trình động cơ Diesel.....	179
Hình 7.3 Đồ thị xác định công chỉ thị của một chu trình động cơ Diesel.....	182
Hình 7.4 Đồ thị đặc tính tốc độ ngoài động cơ xăng	186
Hình 7.5 Đồ thị đặc tính tốc độ ngoài động cơ Diesel	187
Hình 7.6 Các đường đặc tính cục bộ của động cơ xăng.....	189
Hình 7.7 Vùng hoạt động của động cơ ô tô - máy kéo	190
Hình 7.8 Đồ thị biểu diễn vùng làm việc ổn định của động cơ.....	193
Hình 7.9 Đặc tính điều tốc về mômen M_e của động cơ Diesel.....	195
Hình 7.10 Cơ cấu điều tốc cơ khí kiểu một chế độ	196

GIẢI THÍCH CÁC KÝ HIỆU

TT	Ký hiệu	Tên gọi
I. CÁC THUẬT NGỮ VIẾT TẮT		
1	ABDC	After Bottom Dead Center (Sau điểm chết dưới - SĐCD)
2	API	American Petroleum Institute (Viện dầu mỏ Hoa Kỳ)
3	ATDC	After Top Dead Center (Sau điểm chết trên - SĐCT)
4	BBDC	Before Bottom Dead Center (Trước điểm chết dưới - TĐCD)
5	BCHK	Bộ chế hòa khí
6	BTDC	Before Top Dead Center (Trước điểm chết trên - TĐCT)
7	CNG	Compressed Natural Gas (Khí thiên nhiên nén)
8	DO	Diesel Oil (dầu Diesel)
9	ĐCĐT	Động cơ đốt trong
10	ĐCD	Điểm chết dưới
11	ĐCT	Điểm chết trên
12	FO	Fuel Oil (dầu nặng, dầu mazút)
13	GDI	Gasoline Direct-Injection (Phun xăng trực tiếp)
14	HC	Hydrocacbon
15	HTLM	Hệ thống làm mát
16	KK	Không khí
17	LPG	Liquefied Petroleum Gas (Khí dầu mỏ hóa lỏng)
18	MCCT	Môi chất công tác
19	MTBE	Metyl-Tertiary-Butyl-Este (Hợp chất hữu cơ ngậm oxy)
20	NL	Nhiên liệu
21	TCVN	Tiêu chuẩn Nhà Nước Việt Nam
II. MỘT SỐ KÍ HIỆU THÔNG DỤNG		
22	V _p	Tốc độ trung bình của piston
23	D	Đường kính xy lanh (<i>mm</i>)

24	S	Hành trình piston (mm)
25	L	Chiều dài thanh truyền (mm)
26	R	Bán kính quay vòng của trục khuỷu
27	i	Số xy lanh
28	V _c	Thể tích buồng cháy (cm^3 , lít)
29	V _h	Thể tích công tác/làm việc (cm^3 , lít)
30	V _a	Thể tích toàn bộ trong xilanh (cm^3 , lít)
31	ϵ	Tỷ số nén
32	N _e / M _e	Công suất thiết kế /Mômen thiết kế
33	n	Số vòng quay trục khuỷu
34	α	- Hệ số dư lượng không khí (tính toán nhiệt) - Góc quay trục khuỷu (tính toán động lực học)
35	λ	Tỷ số tăng áp (tính toán nhiệt) Hệ số kết cấu (tính toán động lực học)
36	g _i	Suất tiêu thụ nhiên liệu chỉ thị ($g/kW.h$)
37	g _e	Suất tiêu thụ nhiên liệu có ích ($g/kW.h$)
38	p _o	Áp suất khí quyển
39	p _k	Áp suất trước xúpáp nạp
40	p _a	Áp suất cuối quá trình nạp
41	p _r	Áp suất khí sót
42	p _c	Áp suất cuối quá trình nén
43	p _z	Áp suất cuối quá trình cháy
44	p _b	Áp suất cuối quá trình giãn nở
45	p _{th}	Áp suất cuối quá trình thải
46	p _i	Áp suất chỉ thị trung bình tính toán
47	p _I	Áp suất chỉ thị trung bình thực tế
48	p _e	Áp suất có ích trung bình
49	p _m	Áp suất tổn thất cơ giới
50	Δp_k	Tổn thất áp suất trong quá trình nạp
51	Δp_r	Tổn thất áp suất trong quá trình thải

52	Q_H	Nhiệt trị thấp của nhiên liệu
53	Q_o	Nhiệt trị cao của nhiên liệu
54	η_m	Hiệu suất cơ giới
55	η_i	Hiệu suất chỉ thị
56	η_e	Hiệu suất có ích
57	δ	Tỷ số giãn nở sau
58	ε	Tỷ số nén
59	ρ	Tỷ số giãn nở đầu