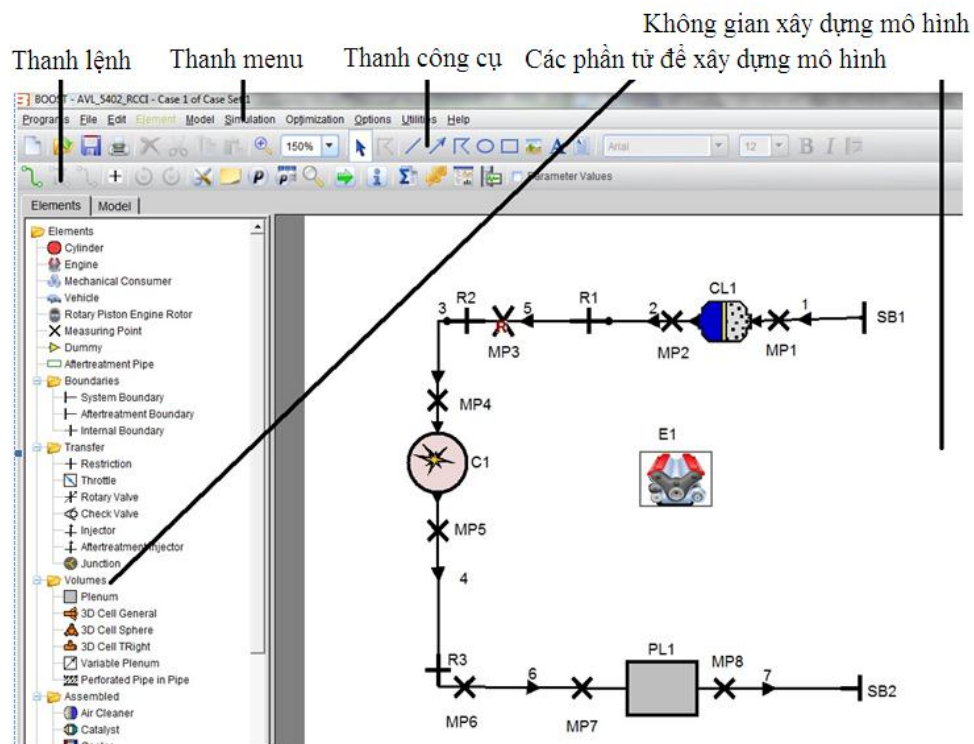


CHƯƠNG 3: XÂY DỰNG MÔ HÌNH MÔ PHỎNG ĐỘNG CƠ AVL 5402 BẰNG PHẦN MỀM AVL BOOST

3.1 Giới thiệu chung về phần mềm mô phỏng AVL Boost [10]

AVL Boost là phần mềm mô phỏng một chiều mạnh mẽ được sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực mô phỏng động cơ đốt trong. Nó có thể được sử dụng để mô phỏng động cơ hai kỳ hay bốn kỳ, như động cơ của mô-tô, ô-tô hay những động cơ tĩnh tại sử dụng cho mục đích công nghiệp đến những động cơ có dung tích lớn trong các tàu thủy, ... AVL Boost là một công cụ hữu ích cho các nhà phát triển động cơ đốt trong với các kết quả mô phỏng quá trình cháy và phát thải ô nhiễm đáng tin cậy.

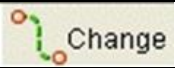


Hình 3.1: Giao diện làm việc của phần mềm AVL Boost.

3.2 Các biểu tượng lệnh của AVL Boost [10]

Bảng 3.1: Các biểu tượng lệnh của AVL Boost.

Ký hiệu	Chức năng
 Connection	Nối hai phần tử với nhau, có thể đóng vai trò dây dẫn hay đường ống.

 Direction	Đảo ngược hướng của phần tử.
 Change	Thay đổi đường ống/dây dẫn đã chọn.
	Xoay phần tử được chọn ngược chiều kim đồng hồ.
	Xoay phần tử được chọn theo chiều kim đồng hồ.
	Mở cửa sổ nhập dữ liệu điều khiển mô phỏng chung.
	Chọn kiểu thông tin mô phỏng.
	Chọn giá trị và định nghĩa giá trị các biến cho mô hình.
	Chọn sử dụng và tạo danh sách các giá trị.
	Thực hiện mô phỏng (chạy mô phỏng).
	Cập nhật trạng thái mô phỏng (vào thanh task của simulation)
	Tổng kết quá trình mô phỏng.
	Hiển thị các đối tượng mô phỏng.
	Hiển thị kết quả mô phỏng (dạng đồ thị).
	Hiển thị mô phỏng động.

3.3 Các phần tử mô phỏng [10]

Bảng 3.2: Các phần tử dùng trong mô phỏng của AVL Boost.

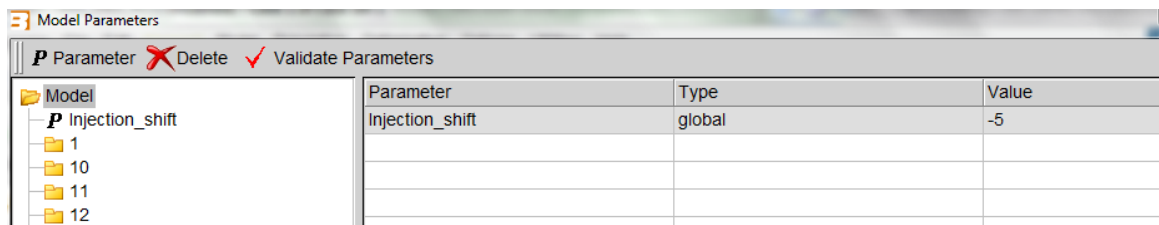
Phần tử	Biểu tượng	Ý nghĩa
Cylinder		Xylanh
Engine		Động cơ.
Measuring point		Các điểm đo trên mô hình.
Restriction		Các phần tử cản dòng.
Throttle		Bướm ga.
Junction		Chạc nối.

Plenum		Bình ổn áp.
Air Cleaner		Bộ lọc gió.
Catalyst		Bộ xử lý khí thải.
Cooler		Bộ làm mát.
Diesel Filter		Bộ lọc cho động cơ Diesel.

3.4 Các công cụ trong Menu [10]

3.4.1 Parameters (thông số): Có 2 loại thông số

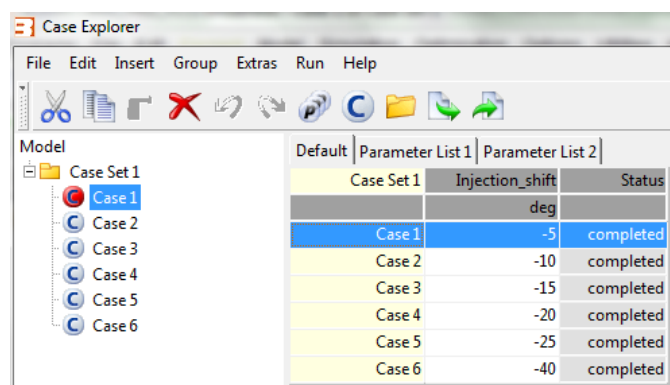
Global Parameter (thông số chung): Có thể dùng cho tất cả các đối tượng. Local Parameter (thông số riêng): Chỉ sử dụng cho một đối tượng nhất định.



Hình 3.2: Cửa sổ Parameters

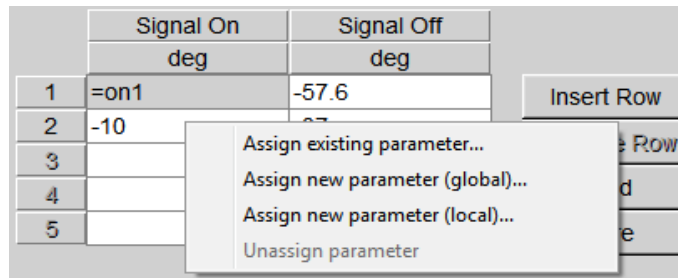
3.4.2 Case Explorer (Các trường hợp mô phỏng) [10]

Case Explorer chứa danh sách các trường hợp mô phỏng khác nhau, tùy theo thông số muốn điều chỉnh.



Hình 3.3: Cửa sổ Case Explorer

Để tạo một biến ta làm như sau: Chọn thông số muốn tạo biến, click phải chuột, sau đó chọn dạng biến, thông thường chọn biến là global.

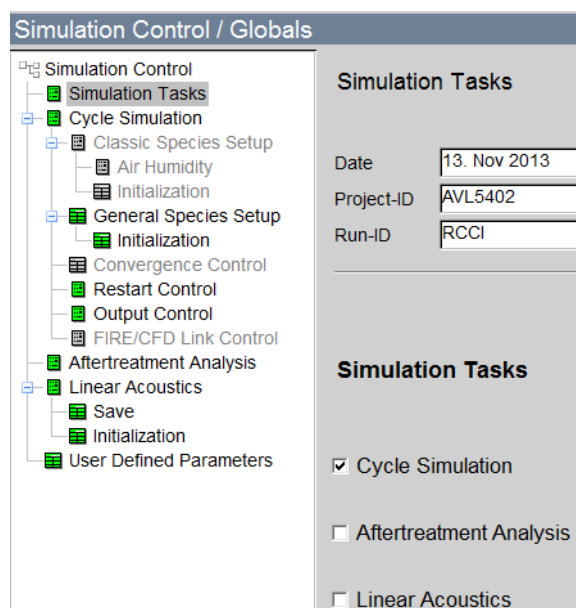


Hình 3.4: Cách tạo một biến thay đổi trong Boost.

Sau đó vào mục case explorer để khai báo. Để xoá một biến ta làm ngược lại, click phải chuột chọn Unassign parameter, rồi cũng vào mục Case explorer để gỡ bỏ biến. Lưu ý: Nếu biến nào không sử dụng ta phải gỡ bỏ nếu không chương trình sẽ không chạy.

3.4.3 Simulation Control (Cửa sổ nhập thông số chung cho mô hình) [10]

Simulation Tasks: Trong đề tài này, chọn nhiệm vụ mô phỏng là Cycle Simulation (mô phỏng lặp quá trình cháy). Các thông số tiếp theo sẽ được nhập vào dựa vào đặc tính mô hình mô phỏng sẽ được thiết lập.



Hình 3.5: Cửa sổ Simulation Control.

3.4.4 Xuất file kết quả trong Boost [10] [11]

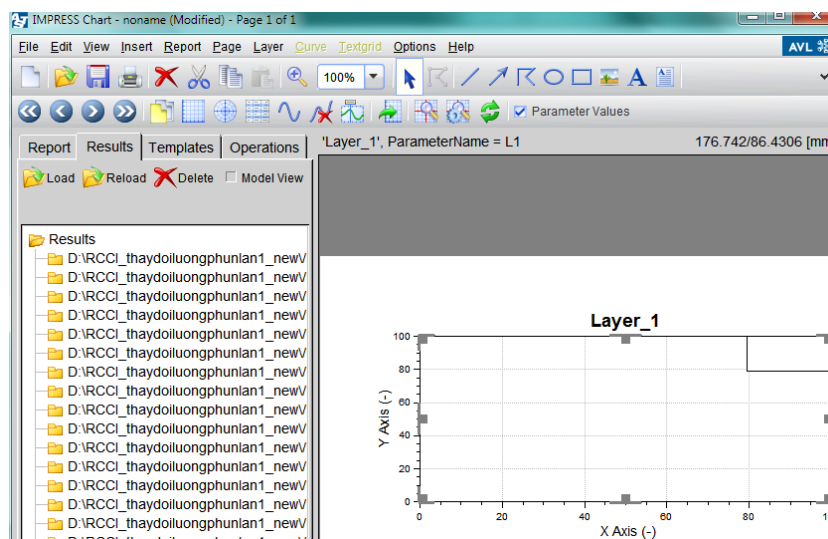
Để xuất file phân tích các dữ liệu chung của động cơ ta chọn Simulation → Show Summary. Trong file này ta sẽ đọc được các kết quả về các thông số cơ bản của động cơ như: Thông số hoá học của động cơ, các thông số về hệ thống phân phối khí.

Ngoài ra, bảng kết quả còn cho người dùng các kết quả về quá trình cháy, thông số khí thải, các chỉ tiêu đánh giá công suất, hiệu suất động cơ, sự cân bằng năng lượng trong động cơ, quá trình trao đổi khí, các giá trị chuẩn tại thời điểm bắt đầu đạt áp suất cực đại, tổn thất nhiệt, các giá trị tại xupáp xả...

CYLINDERS: Average values		
	Total Engine	cyl. 1
Firing TDC [deg]		0.00
Bore [mm]		85.00
Stroke [mm]		90.00
Conrod l. [mm]		148.00
Piston pin offset [mm]		0.01
Swept vol. [l]	0.5107	0.5107
Compression ratio [-]		17.10
Dyn. comp. ratio [-]		15.11
Combustion Data:		
Combustion Char.		AVL-MCC
Comb.start [deg]		-4.50
Comb.dur.1 [deg]		132.50
Peak Fir.Pres. [bar]	71.22	71.22
at Crankangle [deg]	9.00	9.00
Peak Pres.Rise [bar/deg]	4.13	4.13
at Crankangle [deg]	1.50	1.50
Peak Fir. Temp. [K]	1923.36	1923.36
at Crankangle [deg]	24.50	24.50
Peak T_burned [K]	2656.16	2656.16
at Crankangle [deg]	4.50	4.50
Res. Gascompr. [bar]	1.03	1.03
at Crankangle [deg]	334.50	334.50

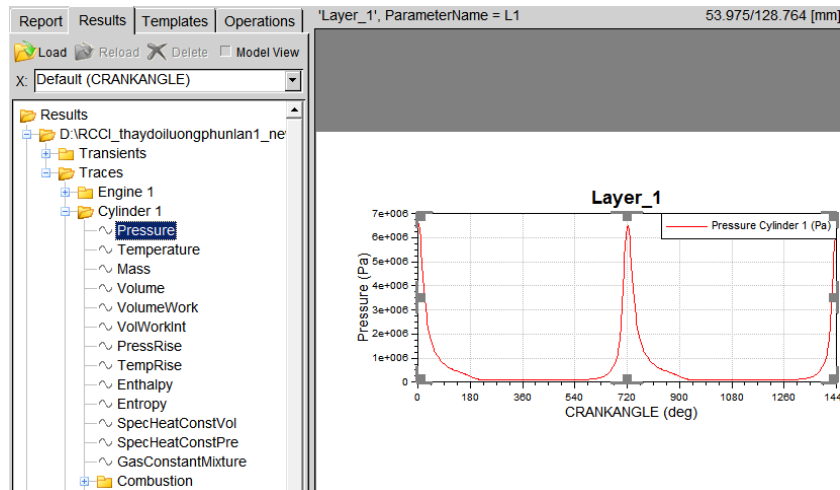
Hình 3.6: File kết quả các dữ liệu động cơ dạng notepad.

Để xuất các file dạng sơ đồ, đồ thị ta vào Simulation→Impress Chart.



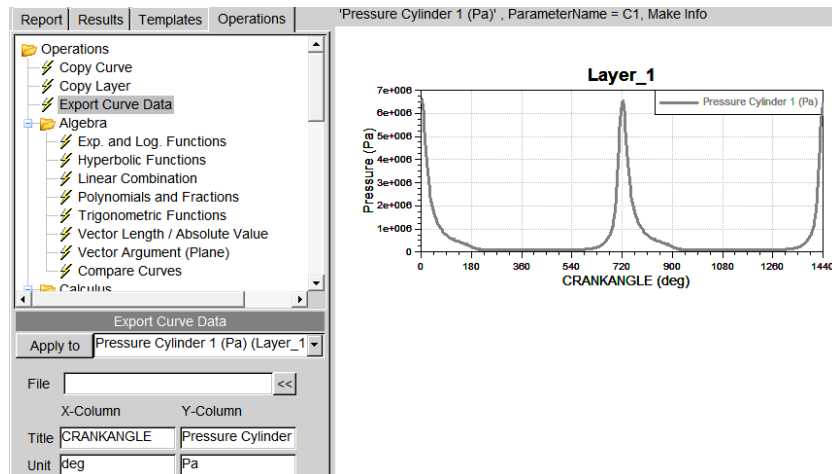
Hình 3.7: Giao diện Impress Chart.

Sau đó, chọn thông số cần vẽ đồ thị (ví dụ trong trường hợp này là chọn áp suất)



Hình 3.8: Nhấn chọn vào thông số cần xuất đồ thị.

Sau đó, chọn mục Operations → chọn Export curve data.



Hình 3.9: Nhấn chọn vào đồ thị để xuất đồ thị.

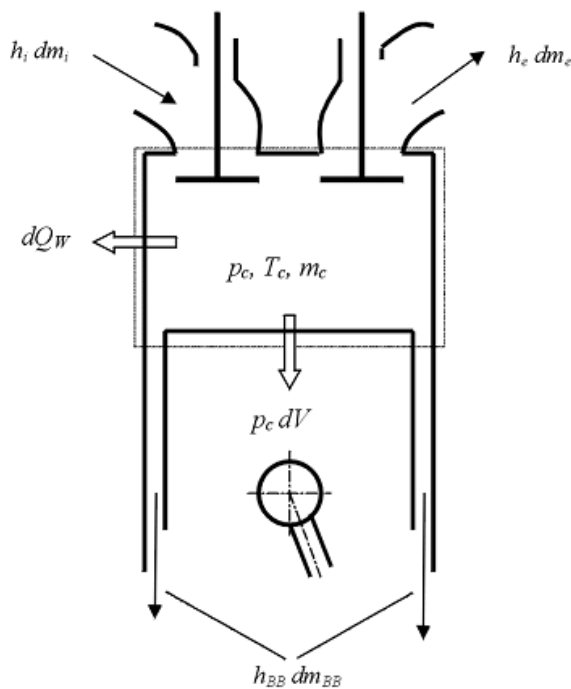
Nhấn chọn vào đồ thị, rồi nhấn vào nút , sau đó đặt tên file (lưu ý: Tên file phải có đuôi .dat thì mới hợp lệ). Cuối cùng, nhấn vào nút Apply to để hoàn tất. File kết quả dạng này có thể đọc bằng phần mềm notepad.

3.5 Lý thuyết mô hình hóa và mô phỏng động cơ đốt trong của AVL Boost [8]

3.5.1 Phương trình động lực học thứ nhất

Trong động cơ đốt trong quá trình cháy là quá trình không thuận nghịch biến năng lượng hóa học thành nhiệt năng. Việc xác định trạng thái của môi chất tại từng thời điểm của quá trình cần phải biết cụ thể các phản ứng trung gian biến đổi từ hỗn hợp ban đầu thành sản phẩm cháy cuối cùng. Cho tới nay, các phản ứng đó chỉ mới

được xác định đối với các nhiên liệu đơn giản như hydrogene, methane... Tuy nhiên, trong tất cả các trường hợp ta đều có thể dùng định luật nhiệt động lực học thứ nhất để xác định mối tương quan giữa trạng thái đầu và cuối của quá trình cháy. Định luật nhiệt động thứ nhất thể hiện mối quan hệ giữa sự biến thiên nội năng (enthalpie) với sự biến thiên của nhiệt và công. Khi áp dụng định luật đối với hệ thống mà thành phần hóa học của nó thay đổi chúng ta cần xác định trạng thái chuẩn zero của nội năng (enthalpie) của tất cả các chất trong hệ thống. Phương trình nhiệt động thứ nhất trong trường hợp cụ thể được xác định theo công thức sau:



Hình 3.10: Cân bằng năng lượng trong xy lanh.

$$\frac{d(m_c \cdot u)}{d\alpha} = -p_c \cdot \frac{dV}{d\alpha} + \frac{dQ_F}{d\alpha} - \sum \frac{dQ_F}{d\alpha} - h_{BB} \cdot \frac{dm_{BB}}{d\alpha}$$

Sự thay đổi khối lượng trong xy lanh có thể được tính toán từ tổng khối lượng của dòng khí nạp và dòng khí thải:

$$\frac{dm_c}{d\alpha} = \sum \frac{dm_i}{d\alpha} - \sum \frac{dm_e}{d\alpha} - \frac{dm_{BB}}{d\alpha} + \frac{dm_{ev}}{dt}$$

Trong đó:

$$\frac{d(m_c \cdot u)}{d\alpha}$$

Biến đổi nội năng trong xy lanh.

$-p_c \cdot \frac{dV}{d\alpha}$	Công chu trình thực hiện.
$\frac{dQ_F}{d\alpha}$	Nhiệt lượng cấp vào.
$\sum \frac{dQ_F}{d\alpha}$	Tổng thất nhiệt qua vách.
$h_{bb} \cdot \frac{d.m_{BB}}{d\alpha} :$	Tổng thất enthalpy do lọt khí.
m_c	Khối lượng môi chất bên trong xy lanh.
u	Nội năng.
p_c	Áp suất bên trong xy lanh.
V	Thể tích xy lanh.
Q_F	Nhiệt lượng cung cấp nhiên liệu.
Q_w	Nhiệt lượng tổn thất cho thành.
α	Góc quay trục khuỷu.
h_{BB}	Trị số enthalpy.
$\frac{d.m_{BB}}{d\alpha}$	Biến thiên khối lượng dòng chảy.
dm_i	Khối lượng khí nạp vào trong xy lanh.
dm_e	Khối lượng khí thải ra xy lanh.
h_i	Enthalpy của khối lượng khí nạp.
h_e	Enthalpy của khối lượng khí thải.
q_{ev}	Lượng nhiệt bay hơi của nhiên liệu.

f Hệ số ma sát của lượng nhiệt bay hơi.

m_{ev} Khối lượng nhiên liệu bay hơi.

Phương trình trên dùng cho cả động cơ hình thành hỗn hợp bên trong và bên ngoài buồng cháy. Tuy nhiên sự hình thành hỗn hợp của hai trường hợp trên là khác nhau.

3.5.2 Lý thuyết truyền nhiệt trong xy lanh [8]

Quá trình truyền nhiệt từ trong buồng cháy qua thành buồng cháy như nắp xy lanh, pittông, và lót xy lanh dựa vào phương trình truyền nhiệt.

$$Q_{wi} = A_i \cdot \alpha_w \cdot (T_c - T_{wi})$$

Trong đó:

Q_{wi} Nhiệt lượng truyền cho thành (nắp xy lanh, pittông , lót xy lanh)

A_i Diện tích truyền nhiệt (nắp xy lanh, pittông, lót xy lanh)

α_w Hệ số truyền nhiệt.

T_c Nhiệt độ môi chất trong xy lanh.

T_{wi} Nhiệt độ thành (nắp xy lanh, pittông, lót xy lanh).

Trong trường hợp nhiệt độ của thành lót xy lanh biến đổi nhiệt độ dọc trục giữa vị trí ĐCT và ĐCD được tính theo công thức sau:

$$T_L = T_{L,DCT} \cdot \frac{1 - e^{-cx}}{xc}$$

Trong đó:

$$c = \ln\left(\frac{T_{L,DCT}}{T_{L,DCD}}\right)$$

T_L Nhiệt độ lót xy lanh

$T_{L,DCT}$ Nhiệt độ lót xy lanh tại vị trí ĐCT

$T_{L,DCD}$ Nhiệt độ lót xy lanh tại vị trí ĐCD

x Dịch chuyển tương đối của pittông (vị trí thực tế của pittông so với toàn bộ hành trình).

3.6 Mô hình dùng trong mô phỏng

Mô hình cháy sử dụng trong mô phỏng động cơ AVL 5402 là mô hình AVL MCC Model và mô hình truyền nhiệt là Woschni.

3.6.1 Mô hình AVL MCC Model [8] [10]

Là mô hình mô tả quá trình cháy cho các động cơ cháy bằng phương pháp cháy nén. AVL Boost sử dụng mô hình Mixing Controlled Combustion (MCC) (Điều khiển sự hòa trộn của hỗn hợp cháy) nhằm dự đoán các đặc tính cháy trong các động cơ phun nhiên liệu trực tiếp và cháy nén. AVL MCC xét đến các tác động của sự hòa trộn trước (PMC) và sự khuếch tán (MCC) có kiểm soát trong quá trình cháy theo phương trình:

$$\frac{dQ_{total}}{d\alpha} = \frac{dQ_{MCC}}{d\alpha} + \frac{dQ_{PMC}}{d\alpha}$$

Trong việc điều khiển sự hòa trộn của hỗn hợp cháy, nhiệt tỏa ra là một hàm theo khối lượng nhiên liệu cho trước (f_1) và mật độ năng lượng động học chảy rối (f_2):

$$\frac{dQ_{MCC}}{d\alpha} = C_{Comb} \cdot f_1(m_F, Q_{MCC}) \cdot f_2(k, V)$$

Với

$$f_1(m_F, Q) = \left(m_F - \frac{Q_{MCC}}{LCV} \right) \cdot (w_{Oxygen, available})^{C_{EGR}}$$

$$f_2(k, V) = C_{Rate} \cdot \frac{\sqrt{k}}{\sqrt[3]{V}}$$

Trong đó:

Q_{MCC} Nhiệt tỏa ra tích lũy từ quá trình cháy của hỗn hợp có kiểm soát [kJ]

C_{Comb} Hằng số cháy [kJ/kg/deg CA]

C_{Rate}	Hằng số tốc độ hòa trộn [s]
k	Mật độ lân cận của năng lượng động học cháy rớt [m^2/s^2]
m_F	Khối lượng nhiên liệu bay hơi (thực tế) [kg]
LCV	Nhiệt trị thấp [kJ/kg]
V	Thể tích xy lanh [m^3]
a	Góc quay trục khuỷu [deg CA]
C_{EGR}	Hằng số ảnh hưởng của hồi lưu khí thải (Exhasut Gas Recirculation – EGR)
$w_{Oxygen,available}$	Phần khối lượng Oxy có sẵn (từ nạp khí và từ hồi lưu khí thải) lúc khởi điểm phun (Start of Injection)

3.6.2 Mô hình Woschni 1978 [8]

Mô hình Woschni công bố vào năm 1978 được dùng để tính toán hệ số trao đổi nhiệt dành cho các chu trình cháy với áp suất cao. Mô hình này tóm tắt như sau:

$$\alpha_w = 130 \cdot D^{-0.2} \cdot p_c^{0.8} \cdot T_c^{-0.53} \cdot \left[C_1 \cdot c_m + C_2 \cdot \frac{V_D \cdot T_{c,1}}{p_{c,1} \cdot V_{c,1}} \cdot (p_c - p_{c,o}) \right]^{0.8}$$

Với

C_1	$= 2.28 + 0.308 \cdot c_u / c_m$
C_2	$= 0,00324$ dành cho động cơ phun trực tiếp.
C_2	$= 0,00622$ dành cho động cơ phun không trực tiếp.
D	Đường kính xy lanh.
c_m	Tốc độ pittông danh nghĩa.
c_u	Tốc độ góc.

V_D	Hành trình của mỗi xy lanh.
$p_{c,o}$	Áp suất xy lanh của các động cơ mô tô [bar].
$T_{c,1}$	Nhiệt độ trong xy lanh tại thời điểm xupáp nạp đóng (IVC).
$p_{c,1}$	Áp suất trong xy lanh tại thời điểm IVC [bar].

3.7 Xây dựng mô hình mô phỏng động cơ AVL 5402 nguyên mẫu trên AVL Boost

3.7.1 Giới thiệu động cơ dùng cho mô phỏng

Động cơ AVL 5402 là động cơ diesel một xy lanh phục vụ mục đích nghiên cứu trong phòng thí nghiệm, gắn trên băng thử động cơ trong phòng thí nghiệm do hãng AVL cung cấp. Đây là động cơ được thiết kế đặc biệt phục vụ cho công việc nghiên cứu. Vì không bị giới hạn về không gian lắp đặt và là nơi để gá lắp các thiết bị đo nên động cơ được thiết kế khá lớn và dư bền nhiều, kích thước khuôn khổ của động cơ là: $L \times B \times H = 384 \times 473 \times 726$ mm.

Thông số chung của động cơ:

- Số xy lanh	1	
- Đường kính xy lanh	85mm	
- Hành trình pittông	90mm	
- Thể tích công tác (V_h)	510,7cm ³	
- Cơ cấu phân phối khí	4-xupáp (hai nạp, hai xả)	
- Ống nạp	Ống nạp dạng tiếp tuyến, xoáy	
- Tỷ số nén	17,1:1	
- Nhiên liệu sử dụng	Diesel	
- Hệ thống nhiên liệu	Phun trực tiếp	Phun đơn điểm
- Hệ thống phun nhiên liệu	Common Rail CP1	BOSCH
- Hệ thống điều khiển động cơ	EDC15-C6-3.50+ETK7	BOSCH
- Công suất cực đại (tăng áp)	8kW(18kW)	
- Tốc độ trục khuỷu	4200 (v/ph)	

- Tốc độ cực đại (tức thời)	4500 (v/ph)	Vượt tốc
- Tốc độ cầm chừng	-	
- Áp suất cực đại (tiêu chuẩn)	150 bar	Tăng áp
- Áp suất cực đại	150 bar	với D = 95mm
- Số xupáp trên xy lanh	4	
- Dẫn động xupáp	DOHC	Bánh răng cam
- Con đội (sử dụng gối đỡ hình cầu có tác dụng như con đội).		
- Loại lót xy lanh loại lót ướt.		
- Truyền động trục cam sử dụng bộ truyền đai răng.		
- Chiều quay động cơ thuận chiều kim đồng hồ nhìn từ phía trước.		
- Bộ phận cân bằng cân bằng 1 bậc.		
- Góc phối khí		Khe hở nhiệt
Góc mở sớm xupáp nạp	304.88 ⁰	0,3mm
Góc đóng trễ xupáp nạp	633.12 ⁰	0,3mm
Góc mở sớm xupáp xả	80.88 ⁰	0,3mm
Góc đóng trễ xupáp xả	425.12 ⁰	0,3mm
Góc xupáp nạp mở tối đa	103.5 ⁰ sau ĐCT	+/-1 ⁰
Góc xupáp xả mở tối đa	113 ⁰ trước ĐCT	+/-1 ⁰
Chu kỳ cam		
- Trục khuỷu		
Bán kính quay trục khuỷu	45mm (+/-0,05mm)	
Đường kính cổ khuỷu	63mm (-0,04/-0,06mm)	
Chiều dài cổ khuỷu	38mm (trước); 36,1mm (sau)	
Bán kính góc lượn cổ khuỷu	2,3mm (0/+0,2mm)	
Đường kính chốt khuỷu	52mm (-0,01/-0,029mm)	
Chiều dài chốt khuỷu	30.05mm (0/+0,1mm)	
Bán kính góc lượn chốt khuỷu	2mm (0/+0.2mm)	
Vật liệu chế tạo trục khuỷu	En40 (3%C _r M _o Nitrided)	
Độ cứng (chốt +cổ khuỷu)	60 HRC (chiều sâu độ thấm tôi 0,5mm)	
- Bạc lót		

Bạc lót cổ trục chính loại thành mỏng, rãnh dài	
Đường kính trong cổ trục chính gắn với trục khuỷu	63mm
Bề rộng bạc lót	30mm
Khe hở dọc trục	
0,041/0,076mm	
Bạc lót đầu to thanh truyền loại thành mỏng	
Đường kính kính trong bạc lót	52mm
Chiều dài	22,7mm
Khe hở	
0,006/0,031mm	
Bạc lót dọc trục loại bao toàn bộ phía đuôi	
Đường kính kính ngoài	80mm
Khe hở	
0,054/0,104mm	
<i>- Thanh truyền</i>	
Khoảng cách tâm	148mm (+/-0.03mm)
Đầu nhỏ thanh truyền loại nắp lỏng	
Đường kính đầu nhỏ thanh truyền	29mm (+0,02/+0,033mm)
Bề rộng đầu nhỏ thanh truyền	23,5mm
Khe hở dọc trục đầu to thanh truyền	0,2mm(0,115-0,267mm)
Bulông thanh truyền(số lượng/kích thước)	2/M9
Vật liệu chế tạo thanh truyền	Ck45
<i>- Pittông</i>	
Chiều cao từ đỉnh tới đường tâm chốt	47.8mm (+/-0,015mm)
Chiều dày đỉnh pittông	10mm
Đường kính bộ chốt pittông	29mm (+0.007/+0.014mm)
Đường kính chốt pittông	29mm (-0.005/0mm)
Chiều dài chốt pittông	68mm
Đường kính vảy pittông	84,93mm (+/-0.009mm)
Khe hở giữa pittông /xylanh	0,061-0,099mm

Trọng lượng pittông		
Với chốt/xéc măng	957g	
Với thanh truyền		
<i>- Xupáp</i>		
Góc đặt xupáp	7 ⁰ (+/-3,5 ⁰)	
Xupáp nạp		
Số lượng	2	
Góc nghiêng bộ xupáp	120 ⁰ (+/-30 ⁰)	
Đường kính ngoài	30,6mm	
Đường kính trong bộ xupáp	24,9mm	
Độ nâng xupáp	8,5mm (0,3mm khe hở nhiệt)	
Xupáp xả		
Số lượng	2	
Góc nghiêng bộ xupáp	90 ⁰ (+/-30 ⁰)	
Đường kính kính ngoài	29,9mm	
Đường kính trong bộ xupáp	24,4mm	
Độ nâng xupáp	8,5mm (0,3mm khe hở nhiệt)	
Đường kính thân xupáp	6mm	
Loại phốt chắn dầu		
<i>- Truyền động trục cam</i>		
Dùng đai răng bộ truyền đai răng		
Chiều rộng đai	20mm	
Chiều dài đai	1360mm (170 răng)	
Puli trục khuỷu (puly trơn không răng)	Φ =24mm	
Puli trục cam (puly trơn không răng)	Φ =48mm	
<i>- Hệ thống bôi trơn</i>		
Kiểu loại bôi trơn catte khô		
Chất bôi trơn	Castrol	GTX
15W/50(10W/40)		
(Theo tiêu chuẩn API chất bôi trơn loại SF/CD hoặc chất ở trên)		

Áp suất dầu

Áp suất cài đặt van an toàn	4bar/4000v/ph
Tối thiểu	3bar(áp suất dầu vào động cơ)

Nhiệt độ dầu bôi trơn

Làm việc bình thường	85°C (+/-5 ⁰)
Tối đa	130 ⁰ C (nhiệt độ dầu vào động cơ)
Lưu lượng dầu bôi trơn	3 (l/phút)
Lưu lượng giới hạn cho hệ thống	10-15 (l/phút)

- Hệ thống làm mát

Kiểu loại làm mát: Tuần hoàn kín

Chất làm mát cơ bản là loại nước khử khoáng chất và có thêm chất chống đông, chất chống ăn mòn (25%Ethylene Glycol).

Nhiệt độ nước làm mát

Thông thường	90 ⁰ C
Tối đa	120 ⁰ C

Áp suất nước vào động cơ 1,5 bar

Lưu lượng dòng chảy tiêu chuẩn là 20 (l/phút), trong đó phân ra:

+ Thân máy	8 (l/phút)
+ Nắp máy	12 (l/phút)

- Kim phun

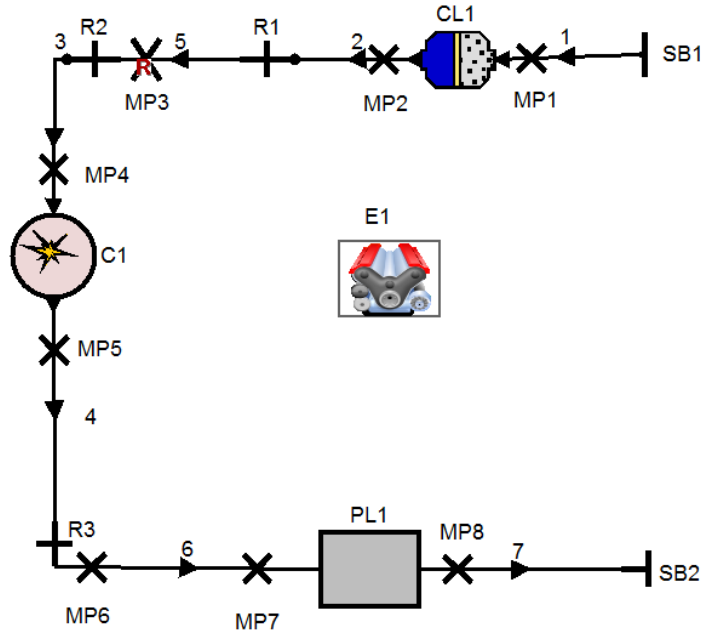
Kim phun –CR: kiểu loại CP 1350bar do hãng BOSCH chế tạo

Vòi phun	DSL A 142P
Lỗ phun	5×0,170mm×142 ⁰ ×0 ⁰
Lưu lượng phun	375ml/30’’
Độ nâng van kim	0,2mm

- Hệ thống điều khiển động cơ(ESM): ECU EDC15-C6-3.50với ETK7 do hãng BOSCH chế tạo.

3.7.2 Xây dựng mô hình mô phỏng trên AVL Boost

Xem xét từ mô hình động cơ AVL 5402 thực tế, mô hình mô phỏng được xây dựng như sau:



Hình 3.11: Mô hình động cơ AVL 5402 mô phỏng.

Mô hình trên gồm các phần tử: Một bộ lọc gió (CL); một động cơ (E); một xy lanh (C); một bình ổn áp (PL); bảy điểm đo (MP); hai điểm điều kiện đầu vào (SB); ba phần tử cản dòng (R); bảy đoạn ống nối (1,2..7).

Quy trình thiết lập bao gồm các bước sau:

Bước 1: Xây dựng mô hình theo Hình 3.11. Lưu ý rằng điểm đo **R** trong mô hình là điểm đo Volume Efficiency cho ra các thông số về lưu lượng và nhiệt độ khí nạp. Bắt buộc phải chọn một điểm **R** cho mô hình trên đường nạp. Vào Simulation Control → Volume Efficiency → Chọn một điểm đo Measuring Point → OK.

Bước 2: Thiết lập các thông số dữ liệu chung của động cơ: (Simulation Control)

Bảng 3.3: Các thông số dữ liệu chung của động cơ dùng cho mô phỏng

STT	Thông số	Giá trị	Ghi chú
1	Loại phương tiện (Species Transport)	Classic	-
2	Tốc độ động cơ	2000	v/ph

3	Mô hình tính toán	Single	-
4	Loại nhiên liệu	Diesel	lít
5	Tỉ lệ A/F (lý tưởng)	14,7	-
6	Áp suất khí nạp	1	bar
7	Nhiệt độ khí nạp	29	độ C
8	Số kỳ động cơ	4	-
9	Số chu kỳ mô phỏng	40	-

Bước 3: Thiết lập các thông số đầu vào cho động cơ (Engine & Cylinder Setup).

Bảng 3.4: Các thông số đầu vào cho động cơ 5402

STT	Thông số	Giá trị	Ghi chú
1	Đường kính pittông	85	mm
2	Hành trình pittông	90	mm
3	Tỉ số nén	17,1	-
4	Chiều dài thanh truyền	148	mm
5	Mô hình khí thải	Perfect Mixing	-
6	Loại tỷ lệ	A/F	-
7	Giá trị tỷ lệ	14,7	-
8	Nhiên liệu hóa hơi	0	-
9	Số lỗ kim phun	5	-
10	Đường kính lỗ kim phun	0,17	mm
11	Áp suất phun	800	bar
12	Mô hình truyền nhiệt	Woschni	
13	Hệ thống đốt nhiên liệu	Phun trực tiếp	
14	Đường kính xupáp nạp	24,9	mm
15	Chiều dài cam nạp	328	deg
16	Thời điểm van nạp mở	304.88	deg
17	Bước cam	10	deg

18	Đường kính van thải	24,4	mm
19	Thời điểm van thải mở	80.88	deg
20	Chiều dài cam thải	344	deg
21	Bước cam	10	deg

Bước 4: Thiết lập các thông số cho các đường ống:

Bảng 3.5: Các thông số của đường ống.

Đường ống	Chiều dài	Đường kính	Bán kính cong	Đơn vị
1	110	130	0	mm
2	0-40	130	40	mm
	40-120	44		
5	0-70	44	0	mm
	70-100	42		
3	75	42	0	mm
4	0-30	30	0	mm
	30-55	35		
6	180	35	40	mm
7	170	35	0	mm

Bước 5: Tiến hành mô phỏng động cơ AVL 5402 tại tốc độ không đổi.

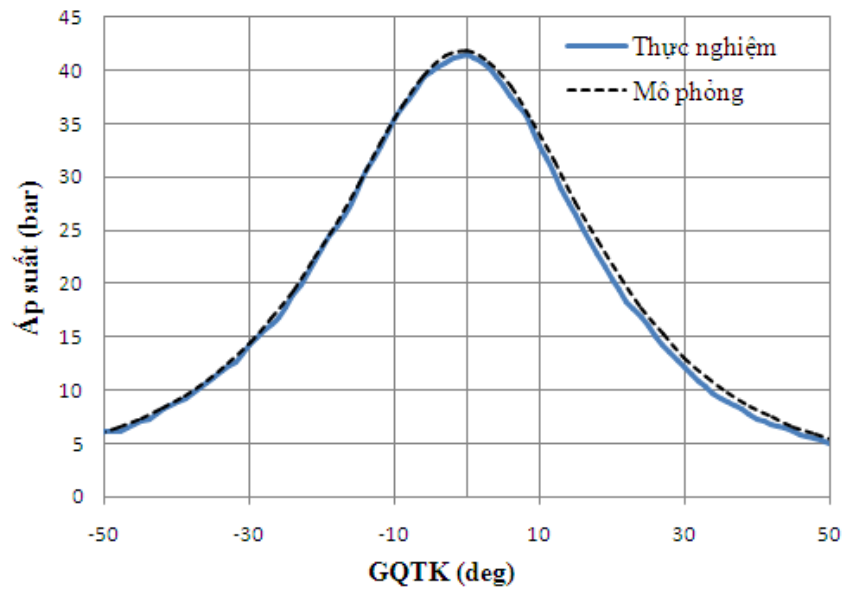
Bước 6: Thu thập kết quả từ quá trình mô phỏng: So sánh, đối chứng với kết quả đo thực nghiệm.

3.8 Kết quả mô phỏng động cơ Diesel 5402 thông thường

Để đảm bảo tính chính xác của mô hình mô phỏng động cơ AVL 5402 trên AVL Boost, ta so sánh kết quả chạy mô phỏng với kết quả thực tế.

3.8.1 Áp suất xy lanh khi không phun nhiên liệu

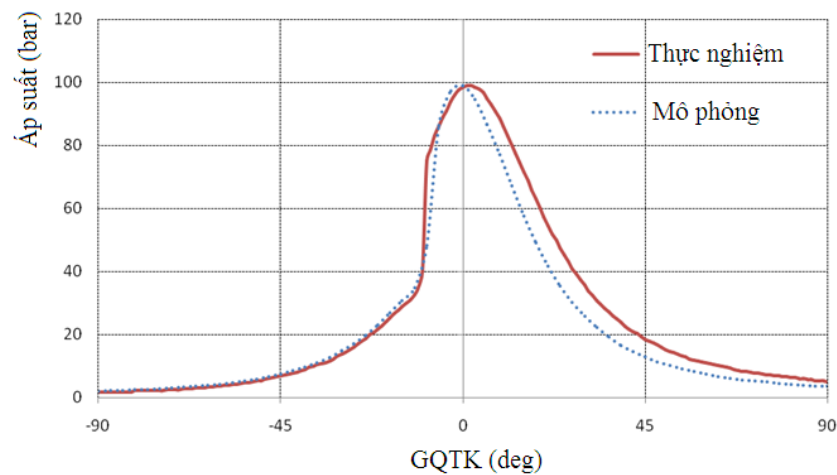
Động cơ được kéo quay bởi mô-tơ điện để đo đường áp suất nén. Kết quả so sánh giữa thực nghiệm và mô phỏng.



Hình 3.12: Áp suất xy lanh khi không phun nhiên liệu.

3.8.2 Áp suất xy lanh khi có phun nhiên liệu

Theo kết quả thực nghiệm ngày 1 tháng 6 năm 2004. Động cơ hoạt động tại số vòng quay 2000 (v/p), không phun môi, lượng nhiên liệu cung cấp cho mỗi chu kỳ hoạt động là 35 (mm³) tại áp suất phun 800 (bar), phun tại 20 độ trước điểm chết trên. Kết quả so sánh giữa thực nghiệm và mô phỏng.



Hình 3.13: Áp suất xy lanh khi có phun nhiên liệu.

Từ các kết quả trên ta có thể kết luận mô hình mô phỏng động cơ 5402 có thể được sử dụng để chạy các kết quả thay thế cho động cơ thực tế. Các kết quả mô phỏng động cơ RCCI sẽ được so sánh với các kết quả mô phỏng của mô hình 5402 vừa thiết lập này.

3.8.3 Kết quả mô phỏng khi phun ở các thời điểm khác nhau

Với lượng nhiên liệu diesel sử dụng cho mỗi chu kỳ là $2.995 \cdot 10^{-5}$ kg (tương đương với 35 mm³ diesel), mô hình động cơ diesel được thay đổi thời điểm phun từ 0 độ trước ĐCT đến 30 độ trước ĐCT. Các kết quả mô phỏng của các động cơ RCCI sẽ được so sánh với các kết quả của động cơ AVL 5402 ở cùng thời điểm đạt áp suất cháy cực đại. Ví dụ: Động cơ RCCI_1 sau khi tiến hành mô phỏng có áp suất cực đại tại 9 độ trước ĐCT, ta sẽ tiến hành đối chiếu bảng 3.7 để tìm trường hợp mô phỏng động cơ AVL_5402 đạt áp suất cực đại tại 9 độ trước ĐCT, đó chính là trường hợp 14.

Việc so sánh các trường hợp mô phỏng giữa động cơ RCCI với động cơ diesel truyền thống bằng cách so sánh cùng thời điểm đạt áp suất cực đại cho ta kết quả so sánh chính xác hơn là so sánh cùng thời điểm phun, hay là lấy các kết quả tối ưu so sánh với nhau.

Bảng 3.6: Các thông số đầu vào cho mô hình động cơ Diesel.

Kiểu động cơ	Diesel
Tốc độ động cơ (v/p)	2000
Tổng lượng nhiên liệu sử dụng (kg/cycle)	$2.995 \cdot 10^{-5}$
Tổng năng lượng cung cấp (kJ/ cycle)	1.272
Tỷ số nén ϵ	17,1
Áp suất phun Diesel (Bar)	800
Áp suất đường nạp (Bar)	1
Áp suất đường thải (Bar)	1,03
Nhiệt độ khí nạp (độ C)	24,85
Tỷ lệ EGR (%)	0
Thời điểm xupáp nạp mở (deg)	304.88
Thời điểm xupáp nạp đóng (deg)	633.12
Thời điểm xupáp xả mở (deg)	80.88
Thời điểm xupáp xả đóng (deg)	425.12

Kết quả mô phỏng

Bảng 3.7: Các kết quả mô phỏng động cơ AVL_5402.

SOI (deg)	IMEP (bar)	Me (Nm)	Ne (kW)	NOx (g/kWh)	Soot (g/kWh)	Pmax (bar)	Tại GQTK (deg)	Hiệu suất (%)
0	8.386	26.62	5.57	5.449	5.527	45.58	15.50	33.34
-1	8.483	27.01	5.66	5.673	5.374	45.58	15.00	33.73
-2	8.576	27.39	5.74	5.956	5.224	46.26	14.50	34.10
-3	8.663	27.74	5.81	6.263	5.080	48.31	14.00	34.45
-4	8.743	28.07	5.88	6.596	4.942	50.41	13.50	34.77
-5	8.816	28.37	5.94	6.952	4.810	52.54	13.00	35.06
-6	8.882	28.63	6.00	7.335	4.683	54.72	12.50	35.32
-7	8.939	28.87	6.05	7.741	4.564	56.93	12.00	35.55
-8	8.988	29.07	6.09	8.201	4.447	59.29	11.50	35.75
-9	9.028	29.23	6.12	8.656	4.338	61.54	11.00	35.90
-10	9.061	29.36	6.15	9.175	4.232	63.93	10.50	36.03
-11	9.081	29.44	6.17	9.676	4.135	66.20	10.00	36.12
-12	9.096	29.50	6.18	10.242	4.039	68.59	9.50	36.17
-13	9.096	29.50	6.18	10.813	3.950	70.96	9.00	36.18
-14	9.090	29.48	6.17	11.414	3.865	73.31	8.50	36.15
-15	9.073	29.41	6.16	12.031	3.786	75.64	8.00	36.09
-16	9.043	29.29	6.13	12.647	3.712	77.93	7.50	35.97
-17	9.007	29.14	6.10	13.296	3.641	80.18	7.00	35.82
-18	8.961	28.95	6.06	13.964	3.576	82.40	7.00	35.64
-19	8.906	28.73	6.02	14.672	3.510	84.68	6.50	35.42

-20	8.841	28.47	5.96	15.380	3.453	86.80	6.00	35.17
-21	8.763	28.15	5.90	16.095	3.401	88.84	5.50	34.86
-22	8.687	27.84	5.83	16.880	3.345	90.96	5.00	34.55
-23	8.600	27.49	5.76	17.673	3.294	92.99	4.50	34.21
-24	8.498	27.08	5.67	18.513	3.250	94.97	4.50	33.80
-25	8.400	26.68	5.59	19.322	3.207	96.77	4.00	33.41
-26	8.294	26.24	5.50	20.196	3.165	98.58	3.50	32.99
-27	8.188	25.81	5.41	21.106	3.122	100.3	3.50	32.57
-28	8.086	25.40	5.32	22.050	3.072	102.2	3.00	32.16
-29	7.967	24.92	5.22	23.009	3.034	103.7	2.50	31.69
-30	7.845	24.42	5.11	24.000	2.998	105.3	2.50	31.21

Qua bảng ta thấy thời điểm phun dầu tối ưu là 13 độ trước ĐCT, thời điểm phun dầu càng sớm thì điểm đạt áp suất cực đại càng gần ĐCT, làm giảm công suất của động cơ.

Các kết quả của bảng này sẽ được so sánh với các trường hợp cụ thể của động cơ RCCI. Các kết quả sẽ được so sánh cùng thời điểm đạt áp suất cực đại để có thể đảm bảo tính chính xác.

Kết luận chương 3

Mô hình động cơ 5402 mô phỏng sau khi được so sánh với kết quả thực nghiệm đã chứng tỏ có thể thay thế động cơ thực nghiệm. Mô hình 5402 mô phỏng được chạy nhiều trường hợp mô phỏng khởi phun ở thời điểm khác nhau, kết quả này sẽ được đối chiếu với các kết quả chạy mô phỏng động cơ RCCI ở cùng thời điểm đạt áp suất cực đại.

Mô hình AVL MCC có ưu điểm là dễ dàng thiết lập các lần phun diesel khác nhau. Các thông số cần thiết lập trong mô hình cũng dễ được người dùng tiếp cận.