

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC THÀNH ĐÔ



ĐỒ ÁN MÔN HỌC: ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

Sinh viên thực hiện: Ngô Quang Thường

Mã sinh viên: 1702280

Lớp: D104K9

Khoa Công Nghệ Kỹ Thuật Ô Tô

Giảng viên hướng dẫn: Phạm Trọng Phước

ĐỀ TÀI

I, LỜI NÓI ĐẦU

- Giới thiệu khái quát về tình hình ô tô
- Động cơ ô tô và sự phát triển của động cơ ô tô

II, TÍNH TOÁN ĐỘNG LỰC HỌC CỦA ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

- 1, Tính toán động lực học của trục khuỷu thanh truyền
- 2, Tính toán chuyển vị của piston
- 3, Tính toán vận tốc của piston
- 4, Tính toán gia tốc của piston
- 5, Pha phân phối khí và cơ cấu phân phối khí

LỜI NÓI ĐẦU

Ô tô, trước hết là một vấn đề về động cơ. Vì cái xe chở đồ do Nicolas Joseph Cugnot sáng chế năm 1770 đáp ứng đúng nghĩa, theo nguyên nghĩa của từ automobile (xe chạy tự động), tức là ô tô, nhưng có lẽ vô ích ghi vào danh mục vô vàn cái xe chạy bằng hơi nước, về sau được chế tạo khắp thế giới. Đầu sao, chúng ta cũng ghi nhận xe do người Pháp Pecquer sáng chế năm 1828, vì nó là cái đầu tiên được trang bị một bánh vi sai. Ta cũng ghi nhận một bộ phận quan trọng khác, cái tay lái đã được người xứ Bavière là Lankenoperger sáng chế năm 1817 (nhưng bằng phát minh lại được cấp cho một người đồng hương của ông là Rudolf Ackerman, một nhà công nghiệp ở London, nên người ta thường gán sáng chế đó cho Ackerman). Về động cơ đốt trong, xem ở mục động cơ đốt trong, ở đây, chúng tôi đề cập đến toàn bộ động cơ ô tô.

Chiếc xe đầu tiên chạy bằng động cơ đốt trong, hoạt động theo chu trình bốn kì của Beau de Rochas là một chiếc xe đạp cổ, được kĩ sư Đức Gottlieb Daimler thử lắp cái động cơ một xilanh của ông năm 1885. Rồi đến năm 1886, một kĩ sư Đức khác là Carl Benz chế tạo một cái xe ba bánh, và thu được thành công lớn. Chính là để khai thác các bằng phát minh của Daimler mà năm 1886, ở Pháp đã thành lập công ty Panhard et Levassor, công ty lớn chuyên sản xuất ô tô đầu tiên của Pháp. Năm 1894, xe do ba người này thiết kế đã có các bộ phận chính, bố trí theo các vị trí mà sau này trở thành kinh điển.

Nhưng nhiều nhà chế tạo khác cũng vào cuộc, nhất là De Dion - Bouton, người đã nhận bằng phát minh sự truyền động cho bánh sau, bằng các-đăng cũng trong năm 1894 ấy; năm sau, ông đưa ra hệ đánh lửa dùng ắc quy. Năm 1895 cũng là năm đầu tiên mà chiếc ô tô do Daimler chế tạo được lắp bánh hơi, nhờ Michelin. Và về Daimler, chúng ta ghi nhận rằng, năm 1897 ông đã sáng chế bộ tản nhiệt hình tổ ong. Năm 1898, một nhà chế tạo là Louis Renault thành công ngay lập tức với chiếc xe con của ông. Đặc biệt, nó là cái xe đầu tiên được trang bị một hộp số ba tốc độ, mà một được nối trực tiếp. Cũng chính trên chiếc xe này, lần đầu tiên xuất hiện máy phát điện một chiều. Boudeville năm 1900 đã hoàn thành cái manhêto đánh lửa (tới lúc ấy hệ thống thường dùng là cái ống nóng sáng, mà đầu được cái bếp nung cho nóng đỏ, được ấn sâu vào xilanh).

Trong lúc đó, các nhà sáng chế vẫn kiên trì nghiên cứu và hoàn chỉnh xe điện. Người ta hiểu được lòng tin của họ vào công thức ấy, khi nhớ lại năm 1899, một trong số họ là Jenatzy đã đạt kỉ lục tuyệt đối về tốc độ khi lái chiếc Jamais Contente (không

bao giờ hài lòng) của ông với tốc độ 105,882 km/h. Đầu thế kỉ 20, ô tô đã tự giải thoát khỏi hình dáng của xe ngựa, trong diện mạo của nó, chiếc Mercedes năm 1901 là đặc trưng cho sự thay đổi ấy, mà Renault đã khởi đầu năm 1898. Thời kì này cũng đánh dấu sự khởi đầu của sản xuất ô tô hàng loạt: Ramson E. Olds sản xuất 1500 ô tô/năm.

Tuy nhiên, các tiến bộ kĩ thuật vẫn phát triển. Những năm đầu thế kỉ 20 đã chứng kiến việc dùng phanh tang trống và khung gầm bằng tôn dập (khung Daimler, ở Đức, khung Arbel, của xưởng rèn Douai, ở Pháp). Rồi từ 1904, chiếc ô tô Vauxhall có cần sang số lắp trên cột tay lái. Năm 1905, Pieere Bossu sáng chế bộ khởi động bằng điện (tuy nhiên mãi đến năm 1911 mới được Kettering dùng trên một chiếc Cadillac, nên người ta thường gán sáng chế này cho Kettering). Cũng năm 1905, người Mỹ Christie sáng chế bộ dẫn động bánh trước và Truffault sáng chế cái giảm xóc dùng ma sát. Đó cũng là năm xuất hiện kính chắn gió. Cuối cùng, năm 1908, André Michelin có ý tưởng dùng bánh xe chập đôi cho xe trọng tải lớn. Mười lăm năm trôi qua với nhiều tiến bộ, năm 1913 đánh dấu triển vọng thật sự của công nghiệp ô tô, với việc Henry Ford đưa vào vận hành dây chuyền lắp ráp hàng loạt đầu tiên. Đó là chiếc Ford-T, chiếc xe bình dân đầu tiên, bị tước bỏ mọi phụ tùng thừa, và được sản xuất tới 18 triệu chiếc. Quy tắc sản xuất hàng loạt được áp dụng một cách nghiêm chỉnh đến mức mọi xe đều được giao cho khách với màu sơn đen. Ford nói: "Khách hàng có thể yêu cầu bất cứ màu gì...", rồi ông thêm "... miễn là đen".

Ngay sau Thế chiến Thứ nhất, ở Mỹ đã xuất hiện thùng xe toàn bằng thép (ở Pháp, mãi tới năm 1925 mới được hãng Citroen chấp nhận, nhưng với một số vốn đầu tư khiến công ty đứng bên bờ vực phá sản). Năm 1922, nhà chế tạo Italia Vincenzo Lancia giới thiệu một loại ô tô khác, có hệ thống treo phía trước, với bánh xe độc lập. Nó chủ yếu là xe sản xuất hàng loạt không có khung gầm, tức là thùng xe tự mang, nhờ đó xe có sàn cực kì thấp. Năm 1926, hai kĩ sư trẻ Jean A. Grégoire và Pierre Fenaille tung ra chiếc Tracta, xe đầu tiên dẫn động bằng bánh trước, hoạt động mãi mãi, đặc biệt nhờ sự nổi đồng tốc, hệ thống này trong Thế chiến Thứ hai đã được áp dụng cho xe Jeep và các ô tô bốn bánh có động lực khác. Cũng trong năm này, hệ thống đánh lửa bằng Delco (Delco, chữ viết tắt của Dayton Engineering Laboratorie Co, Ohio) bắt đầy thay thế hệ đánh lửa dùng manhêto.

Năm 1928 chứng kiến một sự đổi mới, hộp số đồng bộ hóa đầu tiên (xe Cadillac) và một điều kì lạ, xe của người Đức Adam Opel đẩy bằng tên lửa. Xe Tatra của Séc đáng chú ý về nhiều mặt, năm 1931, chiếc xe ô tô đầu tiên có thùng xe khí động lực được sản xuất hàng loạt (các mẫu thử của Đức có thùng xe kiểu giọt do Rumpler chế tạo năm 1921, và Benz năm 1923 đều không được chấp nhận). Năm 1932, Cotal sáng

chế hộp số điện tử. Rồi năm 1940, Oldsmobile tung ra những chiếc ô tô đầu tiên sang số tự động.

Những tiến bộ quan trọng nhất được ghi nhận từ khi kết thúc Thế chiến Thứ hai: năm 1950, ở Anh đã chế tạo chiếc xe ô tô đầu tiên chạy bằng tuabin khí (Rover); năm 1952, những chiếc ô tô đầu tiên được sản xuất hàng loạt với tay lái có trợ lực Chrysler; năm 1953, xuất hiện cái phanh đĩa trên xe Jaguar của Anh, khi tham gia "Hai mươi bốn giờ ở Mans". Năm 1960, ô tô NSU Wankel có động cơ dùng piston quay và ô tô chạy trên đệm không khí xuất hiện.

Từ những năm 1970 trở đi, các thế hệ ô tô mới đều có đặc điểm chủ yếu là nâng cao công suất, giảm mức tiêu thụ chất đốt, và khí gây ô nhiễm, gia tăng vai trò của thiết bị điện tử (năm 1990 các hệ thống điện tử lắp đặt cho ô tô đã chiếm 6% giá tiền một xe, và con số này tới năm 2000 tăng gấp ba), các nỗ lực tăng tiện nghi, độ an toàn, sự hoàn thiện và trang thiết bị: chẳng hạn, đai an toàn (bắt buộc từ 1973 ở Pháp), hệ thống phanh ABS, đệm an toàn tự thổi phồng, hay Air Bags (được Mercedes tung ra thị trường lần đầu tiên vào năm 1981), ống xả xúc tác (do General Motors hoàn chỉnh năm 1974), nó trở thành bắt buộc ở nhiều nước công nghiệp. Nói chung, các xe loại trung bình có xu hướng bắt kịp mức về thiết bị và sự hoàn thiện, trước đây chỉ dành cho ô tô loại sang. Thùng xe được làm thủng để giảm tối thiểu sức cản không khí và sử dụng hợp kim hoặc vật liệu composite nhẹ, nhưng chịu đựng tốt cả sự va chạm lẫn ăn mòn.

Cuối cùng, người ta cũng dự kiến sự phát triển các hệ thống trợ giúp bên ngoài cho người lái, các hệ này dựa vào các thông tin đã đặt sẵn trong xe và các tín hiệu thu được từ ngoài (khí tượng, mức độ ùn tắc, ...) mà đưa ra cho người lái xe những chỉ dẫn và lời khuyên để đưa xe theo lộ trình tốt nhất: năm 1995 chiếc xe Safrana Carmina, đó là chiếc xe ô tô đầu tiên ở châu Âu có trang bị một hệ bản đồ định vị (GPS) và chỉ dẫn hành trình.

Về phần ô tô điện, thực tế đã có hơn 100 năm tuổi, nó cũng được quan tâm trở lại vì sự tăng giá nhiên liệu, sự gia tăng ô nhiễm. Nhưng vấn đề chủ yếu mà nhiều nhà chế tạo bị "chất vấn" là mức dự trữ năng lượng và chi phí về ắc quy; do đó tạm thời ô tô điện chỉ để sử dụng trong các thành phố. Từ năm 1993, ở La Rochelle đã tiến hành cuộc thử nghiệm đầu tiên của Pháp trên lĩnh vực "ô tô điện" do Peugeot thiết kế, được nạp điện lại tại các trạm công cộng do EDF đặt. cuối cùng, cũng có thể nghĩ đến loại ô tô lai tạp, mà động cơ vừa sử dụng điện năng, vừa sử dụng nhiệt năng: đó là trường hợp của xe Swatchmobile, dự án do Mercedes phát triển cho nhà chế tạo đồng hồ nổi tiếng.

PHẦN TÍNH TOÁN ĐỘNG LỰC HỌC CỦA ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

Đề số 15Các thông số cơ bản:

| | |
|---|-------------------------|
| Kiểu động cơ | D78D |
| Đường kính xylanh (D) | 96 mm |
| Hành trình piston (S) | 87 mm |
| Số xylanh (i) | 4 – in-line |
| Công suất (N_e) | 180 mã lực |
| Tỷ số nén (ϵ) | 18,7 |
| Số vòng quay (n_e) | 4200 v/p |
| Suất tiêu hao nhiên liệu (g_e) | - |
| Xupap nạp mở sớm (φ_1) | 28° |
| Xupap nạp đóng muộn (φ_2) | 48° |
| Xupap nạp xả sớm (φ_3) | 48° |
| Xupap nạp xả muộn (φ_4) | 28° |
| Góc đánh lửa sớm (φ_5) | 28° |
| Áp suất cuối hành trình nạp (p_a) | $1,21 \text{ kG/cm}^2$ |
| Áp suất khí sót (p_r) | $1,42 \text{ kG/cm}^2$ |
| Áp suất cuối hành trình nén (p_c) | $22,08 \text{ kG/cm}^2$ |
| Áp suất cuối hành trình cháy (p_z) | $56,18 \text{ kG/cm}^2$ |
| Áp suất cuối hành trình giãn nở (p_b) | $5,37 \text{ kG/cm}^2$ |
| Khối lượng nhóm piston (m_{pt}) | 0,68 kg |
| Khối lượng nhóm thanh truyền (m_{tt}) | 0,80 kg |

1, Tính toán động lực học của cơ cấu trục khuỷu thanh truyền

-Bán kính tay quay

$$R = \frac{s}{2} = \frac{87}{2} = 43,5(\text{mm}) = 0,0435(\text{m})$$

-Chiều dài thanh truyền

$$L = \frac{R}{\lambda} = \frac{43,5}{0,25} = 174(\text{mm}) = 0,174(\text{m})$$

lấy $\lambda = 0,25$

-Vận tốc góc của trục khuỷu

$$\omega = \frac{2\pi n_e}{60} = \frac{\pi n_e}{30} = \frac{\pi \cdot 4200}{30} = 439,82(\text{rad/s})$$

2- Chuyển vị của piston: X

$$X = R[(1 - \cos\alpha) + \frac{\lambda}{4}(1 - \cos 2\alpha)] \text{ (mm)}$$

Trong đó: x - là độ chuyển vị của piston.

R- là bán kính quay của trục khuỷu;

 λ - là tham số kết cấu w - là góc quay của trục khuỷu-Ta có: $X = X_1 + X_2$

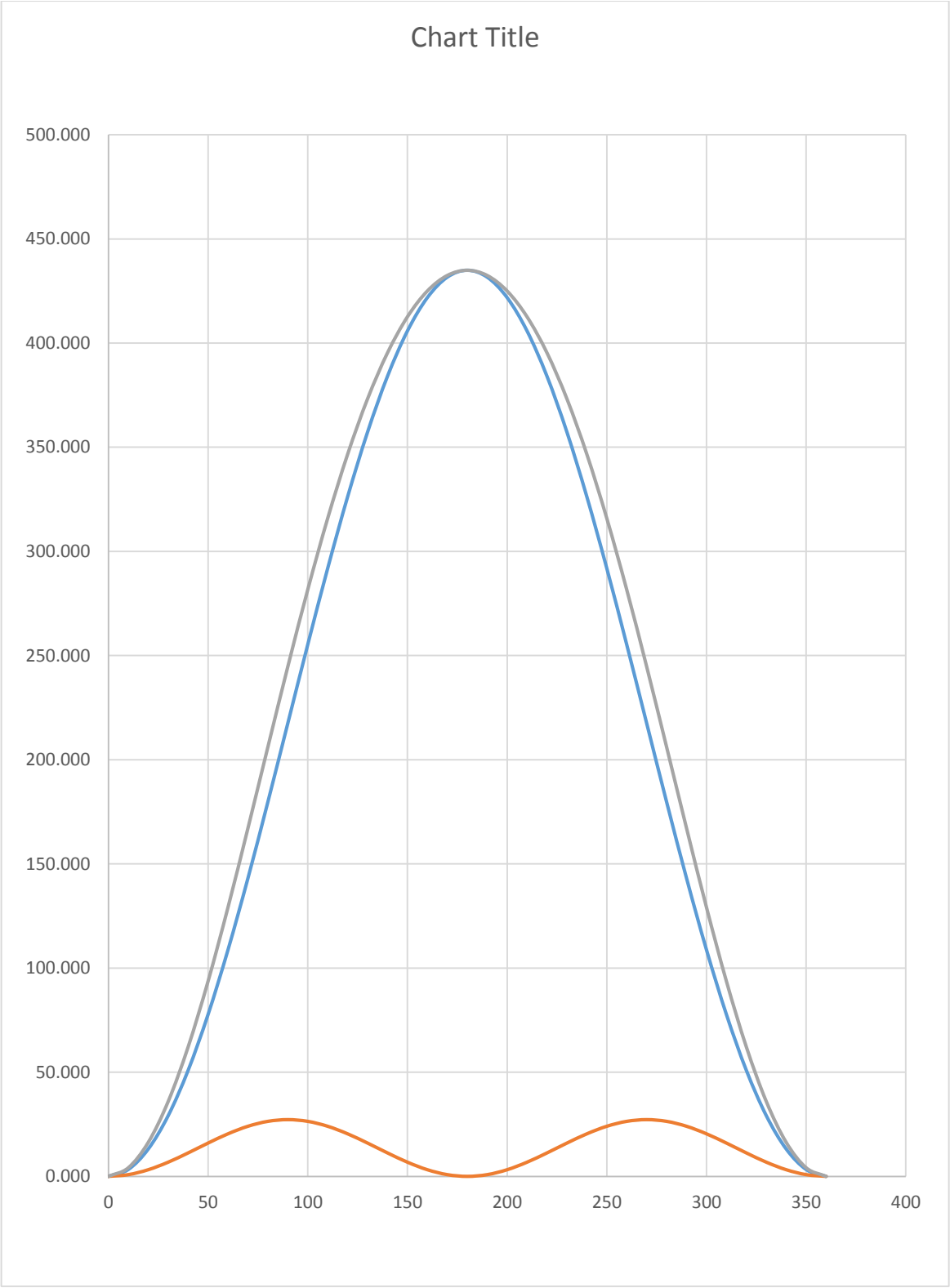
$$X_1 = R(1 - \cos\alpha)$$

$$X_2 = R \cdot \frac{\lambda}{4} \cdot (1 - \cos 2\alpha)$$

BẢNG TÍNH CHUYỂN VỊ CỦA PISTON X

| α | x1(mm) | x2 | x | lx1 | lx2 | lx |
|----------|--------|-------|--------|---------|--------|---------|
| 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 0.661 | 0.164 | 0.825 | 3.304 | 0.820 | 4.124 |
| 20 | 2.623 | 0.636 | 3.259 | 13.117 | 3.180 | 16.297 |
| 30 | 5.828 | 1.359 | 7.187 | 29.139 | 6.797 | 35.936 |
| 40 | 10.177 | 2.247 | 12.424 | 50.885 | 11.233 | 62.119 |
| 50 | 15.539 | 3.191 | 18.730 | 77.694 | 15.954 | 93.648 |
| 60 | 21.750 | 4.078 | 25.828 | 108.750 | 20.391 | 129.141 |
| 70 | 28.622 | 4.801 | 33.424 | 143.111 | 24.007 | 167.118 |

| | | | | | | |
|-----|--------|-------|--------|---------|--------|---------|
| 80 | 35.946 | 5.274 | 41.220 | 179.732 | 26.368 | 206.099 |
| 90 | 43.500 | 5.438 | 48.938 | 217.500 | 27.188 | 244.688 |
| 100 | 51.054 | 5.274 | 56.327 | 255.268 | 26.368 | 281.636 |
| 110 | 58.378 | 4.801 | 63.179 | 291.889 | 24.007 | 315.897 |
| 120 | 65.250 | 4.078 | 69.328 | 326.250 | 20.391 | 346.641 |
| 130 | 71.461 | 3.191 | 74.652 | 357.306 | 15.954 | 373.261 |
| 140 | 76.823 | 2.247 | 79.070 | 384.115 | 11.233 | 395.348 |
| 150 | 81.172 | 1.359 | 82.531 | 405.861 | 6.797 | 412.657 |
| 160 | 84.377 | 0.636 | 85.013 | 421.883 | 3.180 | 425.063 |
| 170 | 86.339 | 0.164 | 86.503 | 431.696 | 0.820 | 432.515 |
| 180 | 87.000 | 0.000 | 87.000 | 435.000 | 0.000 | 435.000 |
| 190 | 86.339 | 0.164 | 86.503 | 431.696 | 0.820 | 432.515 |
| 200 | 84.377 | 0.636 | 85.013 | 421.883 | 3.180 | 425.063 |
| 210 | 81.172 | 1.359 | 82.531 | 405.861 | 6.797 | 412.657 |
| 220 | 76.823 | 2.247 | 79.070 | 384.115 | 11.233 | 395.348 |
| 230 | 71.461 | 3.191 | 74.652 | 357.306 | 15.954 | 373.261 |
| 240 | 65.250 | 4.078 | 69.328 | 326.250 | 20.391 | 346.641 |
| 250 | 58.378 | 4.801 | 63.179 | 291.889 | 24.007 | 315.897 |
| 260 | 51.054 | 5.274 | 56.327 | 255.268 | 26.368 | 281.636 |
| 270 | 43.500 | 5.438 | 48.938 | 217.500 | 27.188 | 244.688 |
| 280 | 35.946 | 5.274 | 41.220 | 179.732 | 26.368 | 206.099 |
| 290 | 28.622 | 4.801 | 33.424 | 143.111 | 24.007 | 167.118 |
| 300 | 21.750 | 4.078 | 25.828 | 108.750 | 20.391 | 129.141 |
| 310 | 15.539 | 3.191 | 18.730 | 77.694 | 15.954 | 93.648 |
| 320 | 10.177 | 2.247 | 12.424 | 50.885 | 11.233 | 62.119 |
| 330 | 5.828 | 1.359 | 7.187 | 29.139 | 6.797 | 35.936 |
| 340 | 2.623 | 0.636 | 3.259 | 13.117 | 3.180 | 16.297 |
| 350 | 0.661 | 0.164 | 0.825 | 3.304 | 0.820 | 4.124 |
| 360 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |



BIỂU ĐỒ CHUYỂN VỊ CỦA PISTON :X

3/ Vận tốc piston

Để tính vận tốc chuyển động của piston ta đạo hàm chuyển vị S theo thời gian ta được vận tốc piston V

$$V = R\omega(\sin\alpha + \frac{\lambda}{2}\sin 2\alpha) \quad (\text{m/s})$$

Trong đó:

V - vận tốc piston (m/s);

R - là bán kính quay của trục khuỷu;

λ - là tham số kết cấu;

α - là góc quay của trục khuỷu;

ω - tốc độ góc trục khuỷu.

Ta có:

$$V = V_1 + V_2$$

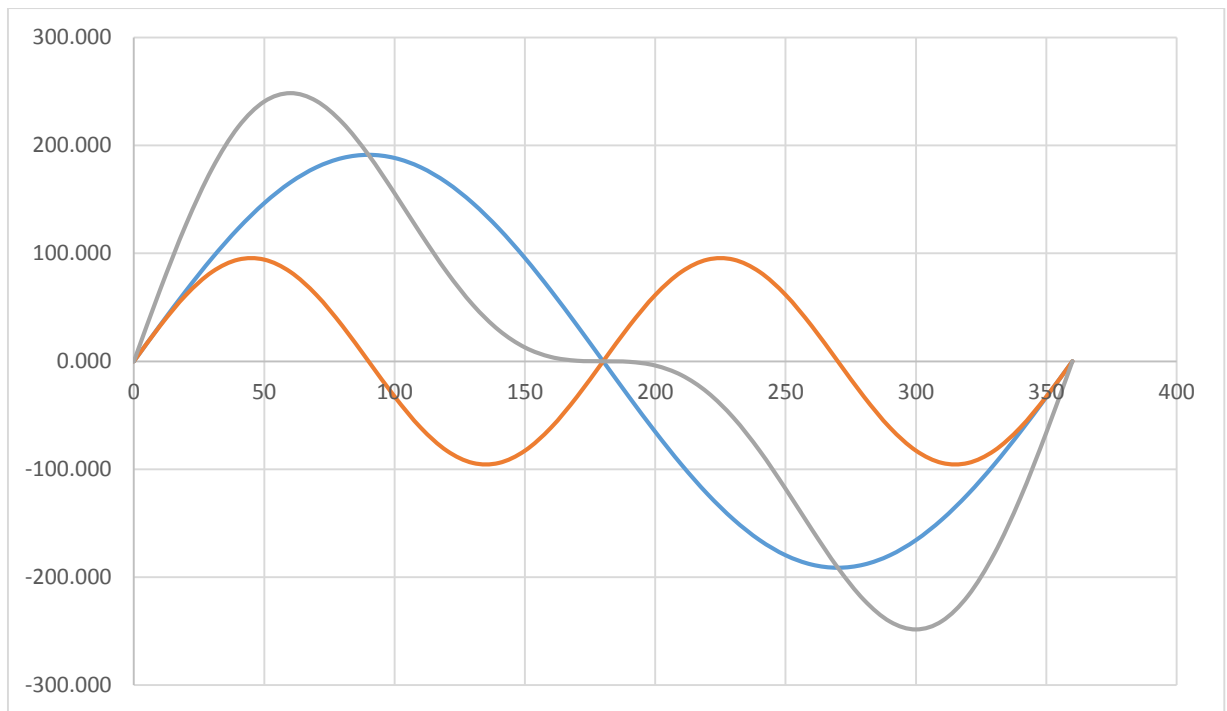
$$V_1 = R\omega.\sin\alpha$$

$$V_2 = R\omega.\frac{\lambda}{2}.\sin 2\alpha$$

BẢNG TÍNH VẬN TỐC PISTON

| α | $v_1(\text{m/s})$ | v_2 | v | lv_1 | lv_2 | lv |
|----------|-------------------|--------|--------|---------|---------|---------|
| 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 3.322 | 3.272 | 6.594 | 33.223 | 32.718 | 65.941 |
| 20 | 6.544 | 6.149 | 12.693 | 65.436 | 61.490 | 126.925 |
| 30 | 9.566 | 8.284 | 17.851 | 95.661 | 82.845 | 178.506 |
| 40 | 12.298 | 9.421 | 21.719 | 122.979 | 94.208 | 217.187 |
| 50 | 14.656 | 9.421 | 24.077 | 146.561 | 94.208 | 240.768 |
| 60 | 16.569 | 8.284 | 24.853 | 165.689 | 82.845 | 248.534 |
| 70 | 17.978 | 6.149 | 24.127 | 179.784 | 61.490 | 241.273 |
| 80 | 18.842 | 3.272 | 22.113 | 188.415 | 32.718 | 221.133 |
| 90 | 19.132 | 0.000 | 19.132 | 191.322 | 0.000 | 191.322 |
| 100 | 18.842 | -3.272 | 15.570 | 188.415 | -32.718 | 155.697 |
| 110 | 17.978 | -6.149 | 11.829 | 179.784 | -61.490 | 118.294 |
| 120 | 16.569 | -8.284 | 8.284 | 165.689 | -82.845 | 82.845 |

| | | | | | | |
|-----|---------|--------|---------|----------|---------|----------|
| 130 | 14.656 | -9.421 | 5.235 | 146.561 | -94.208 | 52.353 |
| 140 | 12.298 | -9.421 | 2.877 | 122.979 | -94.208 | 28.772 |
| 150 | 9.566 | -8.284 | 1.282 | 95.661 | -82.845 | 12.816 |
| 160 | 6.544 | -6.149 | 0.395 | 65.436 | -61.490 | 3.946 |
| 170 | 3.322 | -3.272 | 0.050 | 33.223 | -32.718 | 0.505 |
| 180 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 190 | -3.322 | 3.272 | -0.050 | -33.223 | 32.718 | -0.505 |
| 200 | -6.544 | 6.149 | -0.395 | -65.436 | 61.490 | -3.946 |
| 210 | -9.566 | 8.284 | -1.282 | -95.661 | 82.845 | -12.816 |
| 220 | -12.298 | 9.421 | -2.877 | -122.979 | 94.208 | -28.772 |
| 230 | -14.656 | 9.421 | -5.235 | -146.561 | 94.208 | -52.353 |
| 240 | -16.569 | 8.284 | -8.284 | -165.689 | 82.845 | -82.845 |
| 250 | -17.978 | 6.149 | -11.829 | -179.784 | 61.490 | -118.294 |
| 260 | -18.842 | 3.272 | -15.570 | -188.415 | 32.718 | -155.697 |
| 270 | -19.132 | 0.000 | -19.132 | -191.322 | 0.000 | -191.322 |
| 280 | -18.842 | -3.272 | -22.113 | -188.415 | -32.718 | -221.133 |
| 290 | -17.978 | -6.149 | -24.127 | -179.784 | -61.490 | -241.273 |
| 300 | -16.569 | -8.284 | -24.853 | -165.689 | -82.845 | -248.534 |
| 310 | -14.656 | -9.421 | -24.077 | -146.561 | -94.208 | -240.768 |
| 320 | -12.298 | -9.421 | -21.719 | -122.979 | -94.208 | -217.187 |
| 330 | -9.566 | -8.284 | -17.851 | -95.661 | -82.845 | -178.506 |
| 340 | -6.544 | -6.149 | -12.693 | -65.436 | -61.490 | -126.925 |
| 350 | -3.322 | -3.272 | -6.594 | -33.223 | -32.718 | -65.941 |
| 360 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |



BIỂU ĐỒ VẬN TỐC CỦA PISTON

4, gia tốc góc của piston

Để tìm gia tốc của piston ta đạo hàm vận tốc V của piston ta được gia tốc piston J

$$J = R\omega^2(\cos\alpha + \lambda\cos 2\alpha) \text{ (m/s}^2\text{)}$$

Trong đó

J - gia tốc của piston;

R - là bán kính quay của trục khuỷu;

λ - là tham số kết cấu;

α - là góc quay của trục khuỷu;

ω - tốc độ góc trục khuỷu.

Ta có: $J = J_1 + J_2$

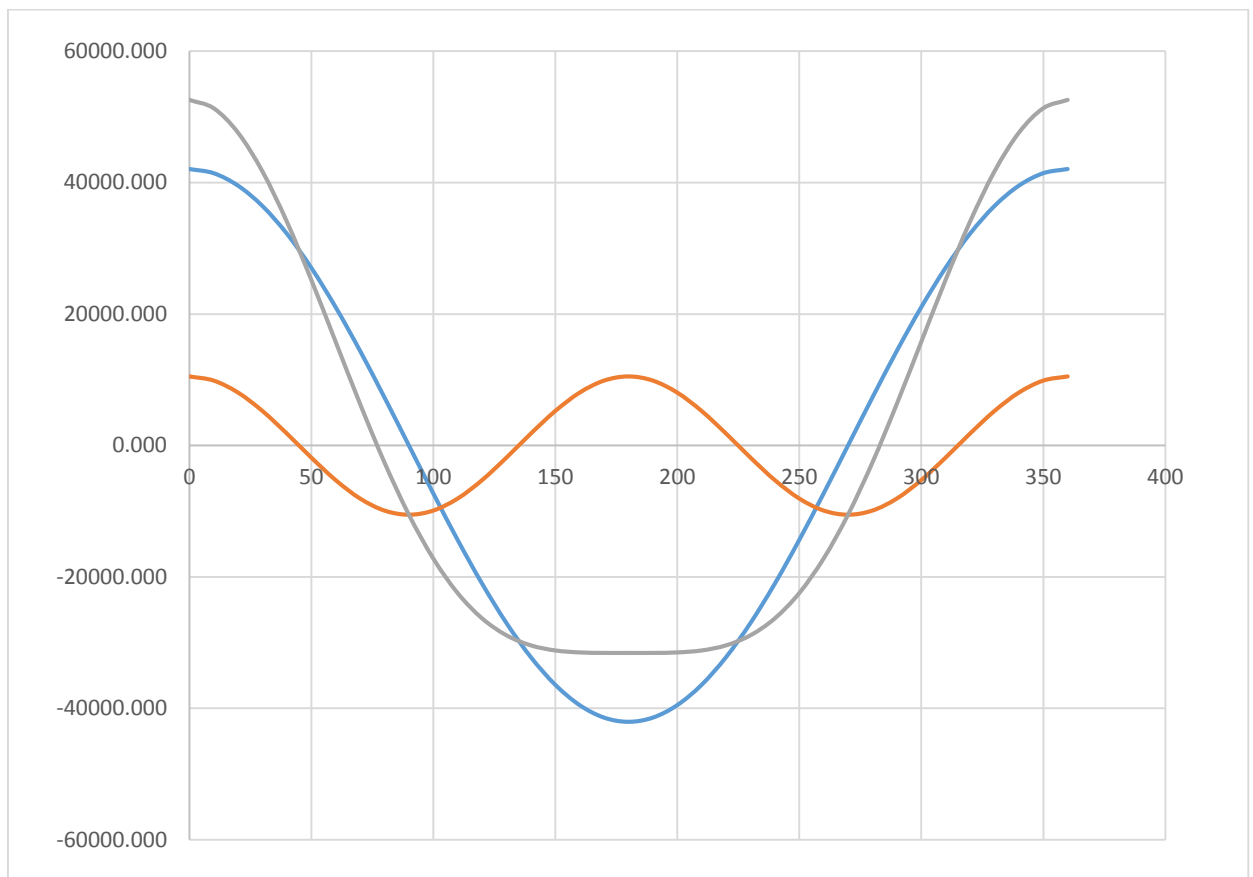
J_1 : Gia tốc cấp một. $J_1 = R\omega^2\cos\alpha$

J_2 : Gia tốc cấp hai. $J_2 = R\omega^2\lambda\cos 2\alpha$

BẢNG TÍNH GIA TỐC PISTON

| α | J1(m/s ²) | J2 | J | LJ1 | LJ2 | LJ |
|----------|-----------------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| 0 | 8414.711 | 2103.678 | 10518.389 | 42073.555 | 10518.389 | 52591.944 |
| 10 | 8286.873 | 1976.810 | 10263.683 | 41434.363 | 9884.052 | 51318.416 |
| 20 | 7907.242 | 1611.511 | 9518.752 | 39536.209 | 8057.553 | 47593.762 |
| 30 | 7287.353 | 1051.839 | 8339.192 | 36436.767 | 5259.194 | 41695.962 |
| 40 | 6446.043 | 365.300 | 6811.342 | 32230.213 | 1826.499 | 34056.712 |
| 50 | 5408.872 | -365.300 | 5043.572 | 27044.360 | -1826.499 | 25217.861 |
| 60 | 4207.356 | -1051.839 | 3155.517 | 21036.778 | -5259.194 | 15777.583 |
| 70 | 2878.001 | -1611.511 | 1266.490 | 14390.003 | -8057.553 | 6332.450 |
| 80 | 1461.199 | -1976.810 | -515.611 | 7305.996 | -9884.052 | -2578.056 |
| 90 | 0.000 | -2103.678 | -2103.678 | 0.000 | -10518.389 | -10518.389 |
| 100 | -1461.199 | -1976.810 | -3438.010 | -7305.996 | -9884.052 | -17190.048 |
| 110 | -2878.001 | -1611.511 | -4489.511 | -14390.003 | -8057.553 | -22447.557 |
| 120 | -4207.356 | -1051.839 | -5259.194 | -21036.778 | -5259.194 | -26295.972 |
| 130 | -5408.872 | -365.300 | -5774.172 | -27044.360 | -1826.499 | -28870.859 |
| 140 | -6446.043 | 365.300 | -6080.743 | -32230.213 | 1826.499 | -30403.714 |
| 150 | -7287.353 | 1051.839 | -6235.515 | -36436.767 | 5259.194 | -31177.573 |
| 160 | -7907.242 | 1611.511 | -6295.731 | -39536.209 | 8057.553 | -31478.656 |
| 170 | -8286.873 | 1976.810 | -6310.062 | -41434.363 | 9884.052 | -31550.311 |
| 180 | -8414.711 | 2103.678 | -6311.033 | -42073.555 | 10518.389 | -31555.166 |
| 190 | -8286.873 | 1976.810 | -6310.062 | -41434.363 | 9884.052 | -31550.311 |
| 200 | -7907.242 | 1611.511 | -6295.731 | -39536.209 | 8057.553 | -31478.656 |
| 210 | -7287.353 | 1051.839 | -6235.515 | -36436.767 | 5259.194 | -31177.573 |
| 220 | -6446.043 | 365.300 | -6080.743 | -32230.213 | 1826.499 | -30403.714 |
| 230 | -5408.872 | -365.300 | -5774.172 | -27044.360 | -1826.499 | -28870.859 |
| 240 | -4207.356 | -1051.839 | -5259.194 | -21036.778 | -5259.194 | -26295.972 |
| 250 | -2878.001 | -1611.511 | -4489.511 | -14390.003 | -8057.553 | -22447.557 |
| 260 | -1461.199 | -1976.810 | -3438.010 | -7305.996 | -9884.052 | -17190.048 |
| 270 | 0.000 | -2103.678 | -2103.678 | 0.000 | -10518.389 | -10518.389 |
| 280 | 1461.199 | -1976.810 | -515.611 | 7305.996 | -9884.052 | -2578.056 |

| | | | | | | |
|-----|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 290 | 2878.001 | -1611.511 | 1266.490 | 14390.003 | -8057.553 | 6332.450 |
| 300 | 4207.356 | -1051.839 | 3155.517 | 21036.778 | -5259.194 | 15777.583 |
| 310 | 5408.872 | -365.300 | 5043.572 | 27044.360 | -1826.499 | 25217.861 |
| 320 | 6446.043 | 365.300 | 6811.342 | 32230.213 | 1826.499 | 34056.712 |
| 330 | 7287.353 | 1051.839 | 8339.192 | 36436.767 | 5259.194 | 41695.962 |
| 340 | 7907.242 | 1611.511 | 9518.752 | 39536.209 | 8057.553 | 47593.762 |
| 350 | 8286.873 | 1976.810 | 10263.683 | 41434.363 | 9884.052 | 51318.416 |
| 360 | 8414.711 | 2103.678 | 10518.389 | 42073.555 | 10518.389 | 52591.944 |

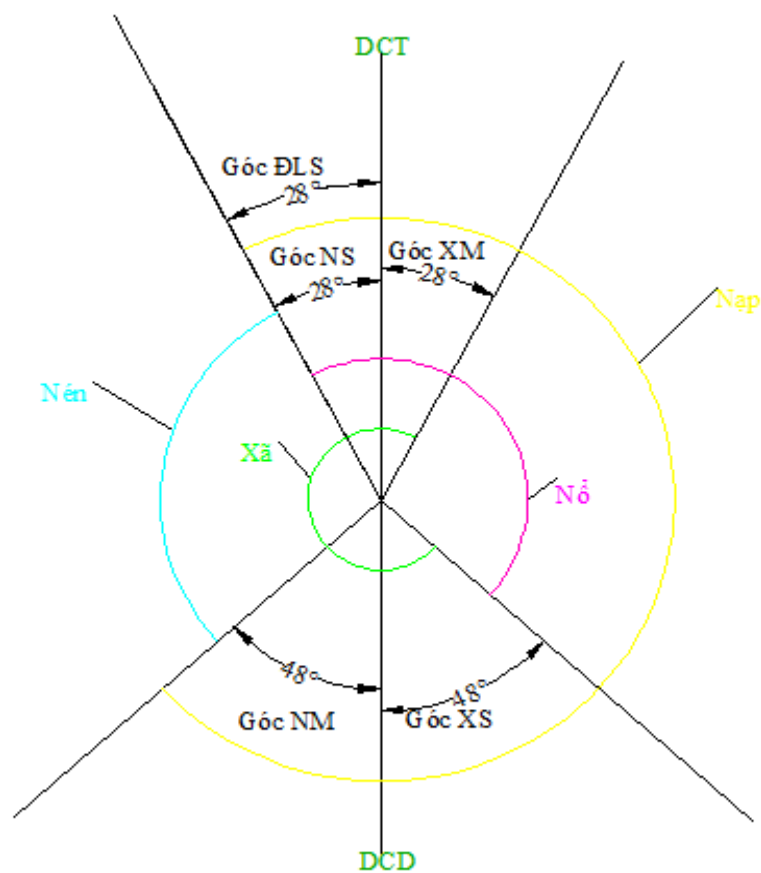


BIỂU ĐỒ GIA TỐC PISTON

5. Động cơ bốn xi lanh thẳng hàng 1-3-4-2

| Xi lanh \ Góc quay trục | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|
| 0°->180° | Nổ | Xả | Nén | Nạp |
| 180°->360° | Xả | Nạp | Nổ | Nén |
| 360°->540° | Nạp | Nén | Xả | Nổ |
| 540°->720° | Nén | Nổ | Nạp | Xả |

Bảng thứ tự nổ của động cơ bốn kỳ, bốn xi lanh, thứ tự nổ 1 - 3 - 4 - 2



ĐỒ THỊ PHA PHÂN PHỐI KHÍ