

Động cơ đốt trong đối xứng

LỜI NÓI ĐẦU

Trong thời kì công nghiệp hoá, hiện đại hoá đất nước hiện nay thì ngành công nghiệp đóng một vai trò quan trọng. Cùng với sự phát triển mạnh mẽ của nền khoa học kỹ thuật thì sinh viên nói chung và sinh viên ngành kỹ thuật nói riêng phải trang bị cho mình một kiến thức để tiếp cận kịp thời với sự phát triển khoa học của thế giới. Vì vậy trong thời gian học tập ở trường mọi sinh viên phải nắm vững được các môn học cơ sở.

Môn học nguyên lý máy là một trong các môn cơ sở đó. Trong quá trình học tập môn học này em được bộ môn giao đề tài thiết kế “ Động cơ đốt trong đối xứng”. Cùng với những tiếp thu được trong quá trình học tập và sự tận tình của thầy giáo Phan Quang Thế và các thầy cô trong tổ bộ môn, nay về cơ bản em đã hoàn thành đồ án môn học. Mặc dù còn nhiều thiếu sót rất mong thầy cô giúp đỡ em để em hoàn thành tốt hơn.

Vậy em xin chân thành cảm ơn thầy giáo Phan Quang Thế và các thầy cô giáo đã giúp đỡ em hoàn thành đồ án môn học. Một lần nữa em xin chân thành cảm ơn !

Sinh viên

Hoàng Ngọc Quang

PHÂN TÍCH CẤU TRÚC CƠ CẤU.

1. Phân tích chuyển động :

Cơ cấu chính của động cơ đốt trong đối xứng là cơ cấu tay quay con trượt gồm 5 khâu khác nhau và 2 Pistong đối xứng nhau.

Dùng cơ cấu này trong động cơ để biến chuyển động tịnh tiến qua lại của pistong thành chuyển động quay tròn của trục khuỷu (Khâu dẫn). Để từ đó dẫn động tới các máy công tác khác.

Trong cơ cấu của động cơ đốt trong đối xứng có 5 khâu được nối với nhau bằng 5 khớp bản lề và 2 khớp trượt.

Khâu 1 chuyển động quay: Ta giả thiết quay đều với số vòng đã cho.

Khâu 3 và khâu 5 (Pistong) chuyển động tịnh tiến, thanh truyền 2 và 4 chuyển động song phẳng.

Khi cả khâu 3 và khâu 5 cùng nằm trên đường trượt với $OD = OB = L+R$ thì 2 Pistong 3 và 5 sẽ nằm ở điểm chết trên khi $OD = OB = L - R$ thì 2 Pistong nằm ở điểm chết dưới.

Trong động cơ đốt trong Pistong là khâu phát động nó truyền động chuyển cho thanh truyền 2 và qua thanh truyền 2 truyền tiếp chuyển động cho trục khuỷu 1

2. Tính bậc tự do và sắp loại cơ cấu :

Cơ cấu chính của động cơ đốt trong đối xứng gồm 5 khâu động và 7 khớp loại 5

Khâu 1 nối với khâu 2 bằng khớp bản lề

Động cơ đốt trong đối xứng

Khâu 2 nối với khâu 3 bằng khớp bản lề

Khâu 1 nối với khâu 4 bằng khớp bản lề

Khâu 4 nối với khâu 5 bằng khớp bản lề

Các khớp bản lề này có trục với mặt phẳng bản vẽ tính theo công thức tính bậc tự do ta có :

$$W = 3n - (2P_5 + P_4) + R_s - S.$$

Ta thấy đây là cơ cấu phẳng toàn khớp thấp và không có ràng buộc thụ động nên.

$$R_s = 0 ; S = 0.$$

Do đó ta có :

$$W = 3 \times 5 - 2 \times 7 = 1$$

$$\text{Số bậc tự do của cơ cấu phẳng} = 1$$

Xếp loại cơ cấu ta tách nhóm Axua

Tách khâu 2 nhóm Axua loại 2 }

Động cơ đốt trong đối xứng là cơ cấu loại 2.

b. Tổng hợp cơ cấu chính và vẽ họa đồ vị trí.

- Theo cách dựng của bài toán tổng hợp cơ cấu tay quay con trượt của Pistong 3 và 5 là trục xx.

Tâm quay nằm trên trục xx và quỹ tích A và C là đường tròn tâm O bán kính khi $R = OA = OC$.

Gọi B1 là điểm chết trên

Gọi B5 là điểm chết dưới.

Ta có : $B_1B_5 = H$ vì động cơ là đối xứng nên $D_1D_5 = H$.

Hành trình Pistong: $H = 2R$.

Theo đầu bài : $2R = 68 \quad R = 34 \text{ (mm)}$.

$$L = 130,9 \text{ (mm)}.$$

Vậy: $L_{AB} = L_{CD} = L = 130,9 \text{ (mm)}$.

Theo giả thiết cho: $L_{AS2} = L_{CS4} = L = 130,9 \text{ (mm)}$.

Để phù hợp với bản vẽ và khuôn giấy ta biểu diễn $R = OA = OC = 50 \text{ (mm)}$

Chọn tỉ lệ xích chiều dài:

Vậy các đoạn biểu diễn trên bản vẽ là :

và

Cách dựng họa đồ vị trí :

- Dựng đường thẳng xx trùng với phương trượt của 2 Pistong.
- Chọn tâm O thuộc xx (Vì là động cơ đối xứng nên chọn tâm là trung điểm đoạn xx, vẽ đường tròn tâm O bán kính $R = 50 \text{ mm}$).

Động cơ đốt trong đối xứng

- Chia vòng tròn thành 8 phần bằng nhau khi chia ta xuất phát từ điểm bắt đầu làm việc ta chọn điểm xuất phát là điểm chết trên của 2 Pistong sau đó ta đánh số thứ tự từ điểm A_1, \dots, A_8 và C_1, \dots, C_8 , theo chiều quay của tâm vận tốc .

- Lấy các điểm A_1, \dots, A_8 làm tâm quay các đường tròn bán kính

$R = L = 212,5(\text{mm})$ các đường tròn này cắt trục xx tại các điểm tương ứng B_1, B_2, \dots, B_8 lấy các điểm C_1, C_2, \dots, C_8 làm tâm quay các đường tròn bán kính

$R = 212,5(\text{mm})$ ta cũng được các điểm D_1, D_2, \dots, D_8 .

Lần lượt nối các điểm của từng vị trí với nhau ta được đồ họa đồ vị trí của cơ cấu.

Phần II. Phân tích động học cơ cấu.

1. Phương trình và cách dựng hoạ đồ vận tốc .

Ta lần lượt vẽ hoạ đồ vận tốc cho 16 vị trí nhưng vì cơ cấu đối xứng nên ta chỉ vẽ 8 vị trí :

A_1	C_5	A_5	C_1
A_2	C_6	A_6	C_2
A_3	C_7	A_7	C_3
A_4	C_8	A_8	C_4

Do đó ta chỉ cần vẽ hoạ đồ cho 8 vị trí sau đó lấy đối xứng qua tâm vận tốc và có chiều ngược lại.

Các phương trình vận tốc của cơ cấu là:

- Có Phương OA , chiều theo chiều quay

- Độ lớn $=.$

Trong đó:

Mặt khác : (Khớp quay).

$$= = 13,174 \text{ (m/s).}$$

Ta biết 2 điểm A , B cùng thuộc khâu 2 nên ta có phương trình.

Mà : $=$ (Khâu 2 và khâu 3 nối nhau bằng khớp quay).

Đã biết phương chiều độ lớn

Có phương song song với phương trượt, chiều và trị số chưa biết

Có phương vuông góc với AB , chiều và trị số chưa biết

Chọn P làm gốc hoạ đồ vận tốc và tỉ lệ xích vận tốc là :

$$13,174/ 50 = 0,263 \quad ()$$

Động cơ đốt trong đối xứng

Khi đó đoạn biểu diễn điểm A đúng bằng đoạn OA : $OA = 50 \text{ (mm)}$

Từ P ta dựng vectơ - Có phương OA , chiều thuận chiều

- Độ lớn : $OA = 50 \text{ (mm)}$

Biểu diễn vectơ vận tốc

Từ nút a_1 a_2 kẻ phương của vectơ vận tốc . Từ gốc P ta kẻ tiếp phương của vectơ vận tốc = (Phương ngang) ; 2 đường thẳng này cắt nhau tại đâu thì đó là vị trí của điểm b_2 b_3 .

Nối P với b_2 b_3 ta được vectơ biểu diễn vectơ vận tốc =

Vì cơ cấu đối xứng nên các vectơ vận tốc :

lấy đối xứng qua P

Véc tơ - Có phương trùng với phương

- Chiều ngược chiều

- Có phương trùng với phương

- Chiều ngược chiều

- Có phương song song với , chiều ngược chiều

- Độ lớn : $=$.Sau khi vẽ song hoạ đồ vận tốc ta xác

định vận tốc thực của các điểm trên các khâu bằng cách lấy đoạn biểu diễn

nhân với tỉ lệ xích vận tốc $=$.

$$= = .$$

$$= .$$

$$= .$$

Vận tốc góc của khâu 2 ta xác định bằng công thức :

Và vận tốc góc của khâu 4 : $\omega_4 = \omega_2$

Bảng trị số các đoạn biểu diễn vận tốc :

Vị trí								
Vận tốc (mm)	1	2	3	4	5	6	7	8

Động cơ đốt trong đối xứng

$Pa_{1,2} = Pc_{1,4}$	50	50	50	50	50	50	50	50
$Pb_{2,3} = Pd_{4,5}$	0	41,9612	50	28,7495	0	28,7495	50	41,9612
$Ps_2 = Ps_4$	0	41,9612	50	28,7495	0	28,7495	50	41,9612
$a_2b_2 = c_4d_4$	50	35,9672	0	35,9672	50	35,9672	0	35,9672

2. Phương trình và cách dựng hoạ đồ gia tốc.

Ta giải bằng phương pháp hoạ đồ

Tại các vị trí khác nhau, phương trình vectơ gia tốc hoàn toàn giống nhau và cách vẽ cũng giống nhau vì vậy ta xét đặc trưng tại vị trí số 3 và số 8 còn lại các vị trí khác tương tự.

a. Xét vị trí số 3:

- Có phương trùng với phương OA .

- Chiều hướng từ A → O.

- Độ lớn : =

Vì 2 điểm A và B cùng thuộc 1 khâu (2) nên ta có

Mà (khớp quay).

Và có thể phân tích thành 2 thành phần

- Có phương // với phương trượt trong chuyển động (phương ngang)

- Chiều và trị số chưa biết.

- Là gia tốc pháp tuyến trong chuyển động tương đối B quay quanh A .

- Có phương song song với AB ; Chiều hướng từ B → A

- Độ lớn : =

- Là gia tốc tiếp tuyến trong chuyển động tương đối B quay quanh A.

Có phương vuông góc AB có chiều và trị số chưa biết.

Bằng phương pháp vẽ ta xác định được gia tốc của các vị trí .

Ta chọn tỉ lệ xích gia tốc :

Chọn điểm P làm gốc hoạ đồ, dựng các vectơ $a'_1 = a'_2 = OA = 50$ (mm)

biểu diễn vectơ gia tốc từ nút ta dựng vectơ :

- Có phương AB.

- Chiều B đến A

- Giá trị biểu diễn : = 0 (do $v_{B2A2} = 0 = v_{C4D4}$)

biểu diễn vectơ rồi vẽ nối tiếp phương của vectơ gia tốc là phương vuông góc với thanh truyền AB . Tiếp theo, từ gốc ta kẻ phương của vectơ gia tốc (Phương ngang). Hai đường thẳng chỉ phương cắt nhau ở đâu thì điểm đó là điểm $b'_2 = b'_3$, từ ta dựng vectơ $b'_2 = b'_3$ biểu diễn vectơ gia tốc = .

Ta dựng các vectơ biểu diễn cho các vectơ gia tốc : ; ; và . Bằng cách lấy đối xứng qua gốc các vectơ ; ; và

Xác định gia tốc góc của khâu 2 và khâu 4 bằng công thức :

b. Tại vị trí số 8

- Có phương OA ; Có chiều hướng từ A O.

- Độ lớn :

=

Hai điểm A,B cùng thuộc khâu 2 nên ta có phương trình :

+

(Khớp quay).

= +

Động cơ đốt trong đối xứng
= + + .

- Phương AB.
- Chiều từ B đến A.
- Trị số : = =
- Phương vuông góc AB
- Chiều, trị số chưa biết.

Với :

Chọn làm gốc hoạ đồ.

Dựng vectơ $a'_1 = a'_2$ từ nút $a'_1 = a'_2$ ta dựng vectơ :

- Có phương AB.
- Chiều B đến A
- Giá trị biểu diễn : = $683,573/102,087=6,7$ (mm)

biểu diễn vectơ . Rồi vẽ nối tiếp phương của véc tơ gia tốc . Tiếp theo, từ gốc kể phương của vectơ gia tốc , hai đường thẳng chỉ phương cắt nhau tại đâu thì đó là điểm $b'_2 = b'_3$. Vectơ =

biểu diễn vectơ =

Tương tự lấy đối xứng các vectơ này qua gốc như đối với vị trí 2 ta được các vectơ :

= ; = ; và biểu diễn cho các véc tơ gia tốc ; ; và .

Khi đó ta được hoạ đồ gia tốc của vị trí 8 .

Sau khi vẽ xong hoạ đồ gia tốc ta đi xác định gia tốc thực của các điểm trên các khâu bằng cách lấy đoạn biểu diễn của chúng đo được từ hoạ đồ nhân với tỉ lệ xích gia tốc.

$$a_{B2} = a_{B3} = b'_2 .$$

$$= .$$

$$a_{D4} = a_{D5} = a_{B2}$$

Gia tốc góc của khâu 2 và khâu 4.

Tại vị trí số 2 :

$$= 51,7771.102,087 = 5285,769(m/)$$

Tại vị trí số 8 :

$$= 35,356.102,087 = 3609,388(m/)$$

Bảng các giá trị biểu diễn gia tốc dài và gia tốc tại vị trí số 3 và số 8(mm).

Vị trí	Vị trí số 3	Vị trí số 8
$a_{A1,2} = a_{C1,4}$	50	50
$a'_{1,2}n_{BA} = c'_{1,4}n_{DC}$	0	6,7
$a'_{1,2}b_2' = c'_{1,4}d_4'$	51,7771	35,356
$a_{B2,3} = a$	13,4486	35,5654
$== a_{B2,3}$	13,4486	35,5654

Động cơ đốt trong đối xứng
Phần III . Phân tích lực

1. Phương pháp chung để giải bài toán lực :

Ta xét cơ cấu động cơ đốt trong đối xứng ở vị trí như hình vẽ.

Trong đó chịu tác dụng của các lực P_3, P_5 (lực tác dụng vào đầu Pistong); , , là lực quán tính của các khâu và G_3, G_5, G_2, G_4 là trọng lượng của các khâu.

a) Tách nhóm Axua (2-3) và đặt lực ta có :

$$(; ; ; ; ;) 0 .$$

Phương trình cân bằng:

$$+ + + + + + 0;$$

Trong đó : * P_3 tính được trên đồ thị áp suất.

* - Có phương ngang , chiều ngược chiều

Độ lớn : $= m_3 \cdot a_{S3}$

* ; đã biết phương chiều độ lớn.

* - Có phương thẳng đứng , chiều chưa biết.

* Chưa biết

Khử ẩn phương trình bằng cách tách khâu 2 lấy và thay vào phương trình trên giải được họa đồ lực.

Tách nhóm Axua (4-5) vì đây là động cơ đốt trong đối xứng lên họa đồ lực của nhóm Axua (4-5) giống họa đồ lực nhóm Axua (2-3), nhưng các vectơ có

chiều ngược lại nên ta vẽ được hoạ đồ lực (4-5) dựa vào hoạ đồ lực nhóm (2-3). Sau khi vẽ được ta tính các giá trị ; bằng cách đo trên hoạ đồ.

b. Xác định điểm đặt

Tách khâu 3 ta đặt lực và lấy mômen đối với điểm B.

Vậy có R_{03} có điểm đặt tại B.

c. Xác định mômen cân bằng trên khâu dẫn :

- Bằng phương pháp thông thường

$$M_{CB} = R_{21} \cdot h$$

- Bằng phương pháp Ducopski.

$$M_{CB} = \sum (P_3 h_3 + P_{q3} h_{q3} + P_{q2} h_{q2} + G_2 h_2 + P_5 h_5 + P_{q5} h_{q5} + G_3 h_3 + P_{q4} h_{q4})$$

2. Phân tích lực ở vị trí số 3 và số 8.

a. Xác định trị số các lực đã biết :

- Lực tác động lên Pistong ta phải dựa vào biểu đồ lực và hành trình làm việc của động cơ.

Ta biết rằng sau 2 vòng quay của trục khuỷu động cơ hoàn thành một chu kì sinh công.

Một chu kì sinh công xảy ra ở 4 giai đoạn xảy ra ở bên trong Xilanh.

Giai đoạn 1 : Là hành trình hút (ứng với đường hút) Pistong đi từ điểm chết trên B_1 điểm chết dưới B_5 .

Giai đoạn 2 : Là hành trình nén (ứng với đường nén) Pistong đi từ điểm B_5 đến điểm B_9 .

Giai đoạn 3 : Là hành trình nổ (ứng với đường nổ) Pistong đi từ điểm B_9 đến điểm B_{13} .

Giai đoạn 4 : Là hành trình xả (ứng với đường xả) Pistong đi từ điểm B_{13} đến điểm B_{17} .

Động cơ đốt trong đối xứng

Dựa vào độ lớn thực của áp suất và giá trị biểu diễn của nó trên đồ thị P - S

Ta có :

áp lực thực tế tác động lên Pistong :

$$P = p_i S.$$

Trong đó S là tiết diện ngang của Pistong :

P_i là áp suất thực tác dụng lên Pistong ở vị trí thứ i : $P_i = p_i \cdot P$.

P_i là tung độ của vị trí i trên đồ thị áp suất.

Đồ thị áp suất và các hành trình tương ứng

Trị số tính toán của P được ghi ở bảng sau:

Vị trí	3 ^I	8 ^I	3 ^{II}	8 ^{II}
Quá trình	Hút	Nén	Nổ	Xả
P _i (mm)	-3	12,5953	28,0345	3
P (N)	-90,792	381,184	846,436	90,792

- Xác định lực quán tính của con trượt và thanh truyền

$$P_{qt}^3 = P_{qt}^5 = m_3 \cdot a_{s3} = m_5 a_{s5} ;$$

$$P_{qt}^2 = P_{qt}^4 = m_2 \cdot a_{s2} = m_4 a_{s4}$$

+ m_3, m_5 là khối lượng của Pistong và có trị số :

+ m_2, m_4 là khối lượng của khâu 2 và khâu 4 và có trị số :

+ a_{s3}, a_{s5} là gia tốc trọng tâm khâu 3 và khâu 5.

+ a_{s4}, a_{s2} là gia tốc trọng tâm khâu 2 và khâu 4.

+ S'_3, S'_5 lần lượt là đoạn biểu diễn của gia tốc trọng tâm khâu 3 và khâu 5.

+ S'_2, S'_4 lần lượt là đoạn biểu diễn của gia tốc trọng tâm khâu 2 và khâu 4.

ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG ĐỐI XỨNG

Vì trọng tâm S₃ B và S₅ = D nên S'₂ = S'₃ = S'₄ = S'₅ = b'₃ = d'₅

Bảng trị số lực quán tính của Pistong và thanh truyền

Vị trí	Số 3	Số 8
Giá trị thực		
$a_{S2} = a_{S4}(m/s^2)$	1372,927	3630,765
$a_{S3} = a_{S5}(m/s^2)$	1372,927	3630,765
$P^3_{qt} = P^5_{qt}(N)$	2801,892	7409,724
$P^4_{qt} = P^2_{qt}$	3502,365	9262,156

b. Xác định phần lực tại các khớp động

Trọng tâm S₂ và S₄ của khâu 2 và khâu 4 có khoảng cách là :

$$L_{AS2} = L_{CS4} = L_{AB} = 192,5 (mm)$$

Mômen tĩnh của khâu 2 và khâu 4 là :

$$J_{S2} = J_{S4} = m_2 L_{A2S2}^2 .$$

Xác định tâm va đập khâu 2 và khâu 4.

Tách nhóm Axua (2-3) ; (4-5).

Vì là động cơ đốt trong đối xứng nên ta chỉ cần phân biệt 1 bên còn bên kia tương tự.

* Hoạ đồ lực vị trí số 3 :

Xét nhóm Axua (2-3) ta có :

$$+ + + + + + = 0$$

Trong đó :

+ G_2 , G_3 Có giá trị xác định và có phương thẳng đứng , chiều từ trên xuống dưới.

+ - Phương phương trượt (Phương ngang)

- Chiều hướng từ phải qua trái (Ngược chiều)

- Giá trị : $P_{qt}^3 = 2801,892$ (N)

+ - Phương phương a_{s2} ; Có chiều ngược lại

- Giá trị : $P_{qt}^2 = 3502,365$ (N)

+ - Phương phương chuyển động của pistong (phương ngang)

- Chiều ngược chiều chuyển động của pistong (Từ T P)

- Giá trị : $= 90,792$ (N)

Ta thấy phương trình còn 3 ẩn nên chưa giải được. Tiếp tục tách khâu 2 và đặt lực :

Ta có phương trình cân bằng : $+ + + = 0$

Ta có : $= +$

$$= .AB + P_{qt}^2 . h = 0.$$

Phương trình còn lại 2 ẩn ta giải được bằng hoạ đồ lực.

$$+ + + + + + = 0.$$

Chọn $p = 40$ (N/mm) .

Động cơ đốt trong đối xứng

Ta tính được các giá trị biểu diễn như sau :

$$= 87,55913 \text{ (mm)}$$

$$= 70,0473 \text{ (mm)}$$

$$= 28,09193 \text{ (mm)}$$

$$= 0,625 \text{ (mm)}$$

$$= 0,5 \text{ (mm)}$$

$$P_3=2,2698 \text{ (mm)}$$

Bằng cách tương tự ta vẽ hoạ đồ lực của nhóm Axua (4-5) và hoạ đồ này ngược với hoạ đồ lực của nhóm Axua (2-3).

Nhưng P_5 có giá trị thực là $P_5=848,436 \text{ (N)}$

=> Giá trị biểu diễn = $=21,2109 \text{ (mm)}$ Chiều từ trái sang phải.

* Hoạ đồ lựa vị trí số 8 :

Tách nhóm Axua(2-3).

Đặt lực : (, , , ,) ~ 0

Ta có phương trình cân bằng :

$$+ + + + = 0$$

Trong đó :

+ G_2, G_3 là giá trị xác định và có phương thẳng đứng chiều từ trên xuống dưới.

+ - Phương phương trượt.

- Có chiều hướng từ trái qua phải (Ngược chiều)

- Giá trị : $P^3_{qt} = 7409,724 \text{ (N)}$.

+ - Phương phương và có chiều ngược lại chiều của.

- Trị số $P^2_{qt} = 9262,156 \text{ (N)}$.

+ - Chưa biết chiều và trị số

+ - Phương thẳng đứng

- Chưa biết chiều và trị số.

+ - Phương phương chuyển động của piston (phương ngang)

- Chiều ngược chiều chuyển động của piston (Từ P T)

- Giá trị : = 381,184 (N)

Như vậy phương trình còn 3 ẩn chưa giải được bây giờ ta khử ẩn bằng cách tách riêng khâu 2 và đặt lực :

Khi đó ta có phương cân bằng :

$$+ + + = 0.$$

Tính phản lực : = + .

Ta có :

$$= = = 753,401 \text{ (N)}$$

phương trình còn lại 2 ẩn ta giải được bằng phương pháp hoạ đồ lực

$$+ + + + + + + = 0$$

Chọn $p = 40 \text{ (N/mm)}$.

Ta có các giá trị biểu diễn :

$$= 231,5539 \text{ (mm)} ; = 185,2431 \text{ (mm)} ; = 9,5296 \text{ (mm)}$$

$$= 18,835 \text{ (mm)} ; = 0,625 \text{ (mm)} ; = 0,5 \text{ (mm)}$$

Tương tự ta giải cho nhóm Axua(4-5) và hoạ đồ của nó ngược với nhóm Axua(2-3).

Xác định điểm đặt .

Tách khâu (3) đặt lực và viết phương trình cân bằng mômen đối với điểm

B.

$$= . x = 0 \quad x = 0.$$

Vậy có điểm đặt tại B.

Tính mômen cân bằng tại vị trí số 3 :

Động cơ đốt trong đối xứng

Ta có :

$$M_{cb} - L(R_{21}.h_{23} + R_{41}.h_{43}) = 0$$

$$\Rightarrow M_{cb} = (6829,61.45,4503 + 7790,611.45,8793).0,00068 = 454,128 \text{ (N.m)}$$

Ta cũng có thể xác định bằng phương pháp Jucopki.

Bằng cách xoay hoặ đồ vận tốc đi 90^0 theo chiều kim đồng hồ đặt các lực và lấy mômen tại gốc P_3 .

So sánh 2 cách tính Momen cân bằng ta có sai số là :

%.

Vị trí số 8 làm tương tự ta có:

;

$$M_{cb} - L(R_{21}.h_{28} + R_{41}.h_{48}) = 0$$

$$\Rightarrow M_{cb} =$$

Ta cũng có thể xác định bằng phương pháp Jucopki.

Bằng cách xoay hoặ đồ vận tốc đi 90^0 theo chiều kim đồng hồ đặt các lực và lấy mômen tại gốc P_8 .

So sánh 2 cách tính Momen cân bằng ta có sai số là :
%

Bảng giá trị các lực

Vị trí Các lực	SỐ 3	SỐ 8		
	BD(mm)	GTT(N)	BD(mm)	GTT(N)
$G_2 = G_4$	0,625	25	0,625	25
$G_3 = G_5$	0,5	20	0,5	20
$P_{qt}^3 = P_{qt}^5$	70,0473	2801,892	185,2431	7409,724
$P_{qt}^2 = P_{qt}^4$	87,5913	3502,365	231,5539	9262,156
P_3	2,2698	90,792	9,5296	381,184
R_{12}	28,0919	1123,677	18,835	753,401

Động cơ đốt trong đối xứng

R_{12}^n	168,4134	6736,536	430,1831	17207,324
R_{03}	71,9965	2879,86	61,6089	2464,356
P_5	21,2109	848,436	2,2698	90,792
R_{14}	28,0919	1123,677	18,835	753,401
R_{14}^n	192,7287	7709,148	422,7997	16911,988
R_{05}	76,0622	3042,488	57,9737	2318,948

Phần Iv. Thiết kế bánh đà

Đặt vấn đề : Khi làm việc dưới tác động của các lực máy sẽ hoạt động với những vận tốc góc của trục khuỷu khác nhau. Ở phần trên ta giả thiết vận tốc góc $\omega = \text{const}$.

Song trong thực tế nó vẫn thay đổi theo từng chu kì làm việc của máy. Xuất phát từ phương trình chuyển động thực của máy ta xác định được vận tốc góc thực đó.

Vì ở động cơ đốt trong đối xứng ta xem như mômen cản không thay đổi còn mômen động là mômen thay thế.

Phương trình chuyển động

$$A_d =$$

θ_0 , là vị trí khâu dẫn ở thời gian t

1) xác định mômen động thay thế.

Trong đó :

- p_k là lực phát động và trọng lượng các khâu
- M_k là mômen phát động của khâu
- V_k là vận tốc của điểm đặt lực p_k
- ω_k là vận tốc góc của khâu thứ k

Với cơ cấu động cơ đốt trong đối xứng $M_k = 0$ nên :

$$\text{Ta biết : } v_k = h_{k,v} \cdot \omega = h_{k,1} \cdot \omega \quad M_{\text{đtt}} = p_k \cdot h_{k,L} \quad (1)$$

Ta xác định mômen động thay thế bằng phương pháp cánh tay đòn Rucôpski ta xoay hoá đồ vận tốc 90° và đặt các ngoại lực và các điểm tương ứng lúc này công thức (1) được viết như sau :

$$M_{\text{đtt}} = (P_3 \cdot H_3 \quad G_3 \cdot h_3 \quad G_2 \cdot h_2 \quad P_5 \cdot H_5 \quad G_5 \cdot h_5 \quad G_4 \cdot h_4) \cdot L \quad (*)$$

Trong đó : h_2, h_3, h_4, h_5 là khoảng cách cánh tay đòn của các lực G_2, G_3, G_4, G_5 .

Động cơ đốt trong đối xứng

H_3, H_5 là khoảng cách cánh tay đòn các lực P_3, P_5 .

$G_2 = G_4$ Trọng lượng khâu 2 và khâu 4

$G_3 = G_5$ Trọng lượng khâu 3 và khâu 5

P_3 và P_5 là lực tác dụng vào đầu pitông (3) và (5), có trị số được xác định bằng áp suất trong xilanh nhân với diện tích tiết diện ngang của xilanh (cách tính như phần xác định áp lực tại khớp quay).

Bây giờ ta tiến hành tính lực P_3 và P_5 cho 17 vị trí

Từ hoạ đồ vị trí ta xác định được vị trí của 2 pitông sau đó ta chiếu lên đồ thị biểu diễn lực 4 hành trình Hút - Nén - Nổ - Xả với tỉ lệ xích : $p = ()$

Bảng giá trị lực phát động p

vị trí	1	2	3	4	5	5'	6	7	8	
$P_{i3}(N/c$ $m^2)$	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	0,7	4,3706	10,4961	13
$P_3 (N)$	-90,792	-90,792	-90,792		-90,792	-90,792	-	158,725		
				-90,792			25,4127	6	381,184	48
	hút					nén				
$P_{i5}(N/c$ $m^2)$	13,3333	40	23,3621	7,9663	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
$P_5 (n)$	484,224	1451,67	848,436	289,311	90,792	90,792	90,792	90,792	90,792	90
		2		8						
	Nổ					Xả				
vị trí	9'	10	11	12	13	13'	14	15	16	
$P_{i3}(N/c$ $m^2)$	13,3333	40	23,3621	7,9663	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

P_3 (N)	484,224	1451,67 2	848,436	289,311 8	90,792	90,792	90,792	90,792	90,792	90,792
	Nỗ					Xả				
P_{is} (N/c m ²)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	0,7	4,3706	10,4961	13
P_5 (n)	-90,792	-90,792	-90,792	-90,792	-90,792	-90,792	- 25,4127	158,725 6	381,184	48
	hút					nén				

Vì với động cơ đốt trong đối xứng $G_2 = G_4$, $G_3 = G_5$. Mặt khác, ở phương án này thì $G_2 \neq G_3$, $G_4 \neq G_5$ mà G_3 và G_5 đều có cánh tay đòn = 0 nên từ công thức (*) ta có thể thu gọn thành công thức :

$$M_{dt} = M_L(P_3h_3 - P_5h_5)$$

Lần lượt thay các giá trị vào biểu thức trên với qui ước :

- Các lực gây mômen chống lại chiều xoay của hoạt đồ vận tốc lấy dấu (+)
- Các lực gây ra mômen cùng chiều xoay của hoạt đồ vận tốc lấy dấu (-)

Ta lập được bảng :

Trị số của mômen động thay thế

vị trí	1	2	3	4	5	6	7	8	9
M_{dt} (Nm)	0	38,8594	25,7599	3,881	0	2,272	8,4836	13,4672	0

Động cơ đốt trong đối xứng

Sau khi có được giá trị M_{dt} tại các vị trí ta vẽ được biểu đồ mô men động thay thế trên hệ trục vuông góc với : $M = 0,25$ (Nm/ mm) và $\theta = 0,0524$ (rad/ mm) .

Ta tính được các giá trị biểu diễn M_{tt} là:

$$M = 0 \quad ; \quad M = 155,4376(\text{mm})$$

$$M = 103,0396 (\text{mm}) \quad ; \quad M = 15,524 (\text{mm})$$

$$M = 0 \quad ; \quad M = 9,088 (\text{mm})$$

$$M = 33,9344 (\text{mm}) \quad ; \quad M = 55,8688 (\text{mm}) \quad ; \quad M = 0 (\text{mm})$$

Cách vẽ đồ thị mômen động M_{dt} : Ứng với từng giá trị của cơ cấu ta xác định được tọa độ của M_{dt} nối tất cả các điểm M_{dt} này với nhau ta được đồ thị của M_{dt} đó là một đường cong thể hiện sự thay đổi của M_d trong từng hành trình

2) . Vẽ đồ thị A_d và A_c

$$A = E = H \cdot \cdot M = 60 \cdot 0,0524 \cdot 0,25 = 0,786 ()$$

Dùng phương pháp tích phân đồ thị $M_{dt} = M_{dt}()$

Ta được đồ thị công $A_d = A_d()$

Với cực tích phân $h = 60$ (mm) (Khoảng cách từ H 0) ở động cơ đốt trong đối xứng thì M_{ctt} là một hằng số nên công cần sẽ là đường bậc 1. Để xác định đường A_d thì ta dóng các giá trị của M_{dt} tương ứng với kẻ các đường song song trục cắt trục M_{dt} ở đâu thì nối điểm đó với cực H.

Từ gốc O của hệ trục $A_d O$ ta kẻ các đường song song với các đường tương ứng nối từ cực H. Nối tất cả các điểm này lại ta được đồ thị

Mặt khác trong giai đoạn máy chuyển động bình ổn sau 1 chu kỳ ta có $A_d = A_c$ nên ta nối điểm đầu và điểm cuối của đồ thị $A_d()$ với cực tích phân $H = 60$ (mm) ta được $A_c()$.

3. Vẽ đồ thị $E()$:

Thực hiện cộng đại số 2 biểu đồ $A_d()$ với $A_c()$ ta được đồ thị $E()$

Với $A = E = 0,786 ()$

4. Vẽ đồ thị $J_{tt}()$:

Từ biểu thức: $J_{tt} =$

Trong đó: $+ m_k$: Là khối lượng khâu thứ k

$+ J_{SK}$: Là mômen quán tính đối với trục đi qua trọng tâm của khâu thứ k.

$+ V_{SK}$: Là vận tốc tại trọng tâm khâu thứ k.

$+ r_k$: Là vận tốc khâu thứ k

Với động cơ đốt trong đối xứng ta đang xét thì :

$$J_{tt} =$$

Với động cơ đốt trong đang xét thì

$$J_{tt} =$$

Động cơ đốt trong đối xứng

Trong đó : $+ J_{S_2} = J_{S_4} = m_2.l$.

+ ps_2 : Biểu diễn vận tốc trọng tâm S_2 thuộc khâu 2. $ps = pb$

+ Pa : Biểu diễn vận tốc tương đối của khâu 2

+ L_{OA} : Bán kính trục khuỷu $L_{OA} = 0,034$ (m).

+ L_{AB} : Chiều dài khâu 2 : $L_{AB} = 0,1309$ (m)

Từ biểu thức mô men quán tính thay thế ta thay các đại lượng tương ứng vào trong biểu thức và tính J_{tt} các vị trí ta được :

Kết quả được ghi trong bảng

Vị trí	1	2	3	4	5	6	7
J_{tt} biểu diễn(mm)	3,5107	55	75,7143	26,8571	3,5107	26,8571	75,7143
J_{tt} thực(kg. m^2)	$4,915.10^{-4}$	0,0077	0,0106	0,00376	$4,915.10^{-4}$	0,00376	0,0106

(Vì đây là động cơ đối xứng nên các vị trí tiếp theo thì tương ứng với các vị trí đầu.)

Để vẽ biểu đồ mô men quán tính thay thế ta lấy tỷ lệ xích :

$$j = 0,00014(\text{kg.m}^2/ \text{mm}) .$$

Vậy ta có giá trị biểu diễn tương ứng : (mm)

Tương tự ta có : (mm)

(mm)

(mm)

Từ đồ thị $E = E(\)$ và đồ thị $J_{tt} = J_{tt}(\)$ ta khử thông số ta có đồ thị $E(J)$ đây là một đường cong kín (đường cong Vít ten bao)

6. Tính khối lượng bánh đà.

Theo đầu bài ta có hệ số không đều cho phép :

Và :

Vậy để kiểm tra máy có cần bánh đà hay không thì ta phải tính (hệ số không đều thật của máy khi chưa lắp bánh đà)

Nếu khi tính toán ta tìm được $> []$ thì cần lắp thêm bánh đà để phân bố định của mômen quán tính thay thế tăng thêm.

để giảm hệ số không đều vì $J = J_{tt} + J_d$

Khi đó hệ số không đều của máy khi lắp thêm bánh đà là :

Máy chuyển động đều

Từ điều kiện ban đầu ta có : và (*)

Động cơ đốt trong đối xứng

Cũng từ (*) ta tìm được :

Mà ta có công thức:

và

vậy ta tìm được :

$$[\] = 85,79^\circ$$

$$[\] = 85,65^\circ.$$

Bây giờ tiến hành vẽ tiếp tuyến trên T1 và tiếp tuyến dưới T2 đối với đường cong ứng với $[\]$; $[\]$ tiếp tuyến T1, T2 giao nhau tại O' (O' chính là gốc của đồ thị F(J) ứng với máy lúc đã lắp bánh đà).

Trị số thu gọn của Mômen quán tính bánh đà là : $J_d = J.O'P$.

Vì do $[\]$ nhỏ. Do đó tiếp tuyến T1, T2 gần như song song điểm O' ở quá xa (bên ngoài bản vẽ). Muốn tìm J_d ta đo đoạn ab E (Với a,b là giao của 2 tiếp tuyến T1, T2 với E).

Khi đó, mômen quán tính bánh đà sẽ là:

$$J_d = = = 0,313 \text{ Kg.m}^2$$

Chọn đường kính bánh đà là $D = 0,3$ (m) và lắp tại khâu 1

Ta có khối lượng bánh đà tính theo công thức : . Thay các giá trị vào công thức này ta được khối lượng bánh đà :

Vậy khối lượng bánh đà : 18,084(Kg).

Động cơ đốt trong đối xứng

Phần V. Thiết kế bánh răng.

Cặp bánh răng được thiết kế là cặp bánh răng phẳng ngoài tiếp nhằm truyền chuyển động 2 trục song song với nhau vì vậy việc thiết kế cần bảo đảm điều kiện tin cậy khi chịu tác dụng các ngoại lực và mômen ngoại lực làm việc cần đảm bảo các chỉ tiêu ăn khớp, khi thiết kế dựa vào thông số cho trước ta tính toán được và định ra kích thước của bánh răng và các thông số kích thước như môđun, khoảng cách trục, tỉ số truyền xác định chế độ ăn khớp. Sau đó căn cứ vào các thông số như tỉ số truyền, số răng ta tính toán thiết kế bánh răng về mặt hình học. Nhiệm vụ của việc tổng hợp hình học cặp bánh răng là xác định các thông số kích thước chỉ tiêu chất lượng của cặp bánh răng. Trình tự tiến hành tổng hợp hình học gồm các bước sau :

- Chọn chế độ dịch dao và xác định chế độ ăn khớp của cặp bánh răng.
- Tính toán các thông số kích thước.
- Vẽ cặp bánh răng.
- Vẽ đoạn ăn khớp thực. Cung ăn khớp cùng làm việc và đường cong trượt.
- Các chỉ tiêu ăn khớp.

Ta tiến hành thiết kế với các thông số cho trước.

$$Z_1 = 16 ; Z_2 = 24 ; m = 5,5 ; \quad = 20^0.$$

$$f' = 1 \quad : \text{ Hệ số chiều cao đỉnh răng.}$$

$$f'' = 1,25 \quad : \text{ Hệ số chiều cao chân răng.}$$

1/ Xác định tỉ số truyền :

2/ Chọn chế độ ăn khớp và chế độ dịch dao. :

Với $Z_1 = 16$ và $Z_2 = 24$ $i_{12} = 1,5 < 2$ tra bảng ta có :

$$i_1 = 0,834 \quad ; \quad i_2 = 0,202 \quad \text{và} \quad i_3 = 0,491$$

$$i_c = i_1 + i_2 = 0,834 + 0,491 = 1,325 > 0.$$

Vậy chế độ ăn khớp là cặp bánh răng dịch chính dương vì bánh răng dịch chính dương là bánh răng có $i_c > 0$.

- Khoảng cách trục là :

$$\text{Trong đó : } a_c \text{ là hệ số phân ly. } a_c = i_c - i_2 = 1,325 - 0,202 = 1,123$$

- Góc ăn khớp α_L xác định theo công thức:

$$\text{Tra bảng } \alpha_L = 27^{\circ}10'.$$

3/ Tính toán các thông số chế tạo.

- Bước răng : $t = 2,5 \cdot m = 2,5 \cdot 7 = 17,279$ (mm).

- Bán kính vòng chia:

Động cơ đốt trong đối xứng

$$R_1 = .$$

$$R_2 =$$

- Bán kính vòng tròn cơ sở :

$$R_{O1} = R_1 \cos 20^\circ = 44 \cdot \cos 20^\circ = 41,3465 \text{ (mm)}.$$

$$R_{O2} = R_2 \cos 20^\circ = 66 \cdot \cos 20^\circ = 62,01975 \text{ (mm)}.$$

- Bán kính vòng lăn :

- Bán kính chân răng :

$$R_{i1} = R_1 - (f' - f_1) \cdot m = 44 - (1,25 - 0,834) \cdot 5,5 = 41,712 \text{ (mm)}.$$

$$R_{i2} = R_2 - (f' - f_2) \cdot m = 66 - (1,25 - 0,491) \cdot 5,5 = 61,8255 \text{ (mm)}.$$

- Chiều cao của răng :

$$h = (f' + f'' - f_1) \cdot m = (1 + 1,25 - 0,202) \cdot 5,5 = 11,264 \text{ (mm)}.$$

- Bán kính vòng đỉnh răng :

$$R_d = R_1 + (f' + f_1 - f_1) \cdot m$$

$$= 41,712 + 11,264 = 52,976 \text{ (mm)}.$$

$$+ = R_2 + (f' + 2 -).m$$

$$= 61,8255 + 11,264 = 73,0895 \text{ (mm)}$$

- Chiều dày trên vòng chia :

- Hệ số trùng khớp của cặp bánh răng :

$$\text{Ta tính được : } = 1,15 > 1,1.$$

- Bước răng trên vòng lăn :

- Kiểm tra nhọn răng bánh 1 và 2.

$$e_l = 38,74^\circ.$$

$$\text{inV}_{e_l} = 0,1261$$

Chiều dày ở đỉnh ở bánh răng 1.

$$= 2,65 > 0,3. m = 0,3.5,5 = 1,65$$

Đảm bảo điều kiện không bị nhọn răng bánh 1.

Động cơ đốt trong đối xứng

$$e_2 = 31,9^\circ \quad \text{inv } e_2 = 0,0657.$$

Chiều dày đỉnh răng bánh 2.

$$= 4,33 > 0,3 \cdot m = 0,3 \cdot 5,5 = 1,65$$

Bánh 2 đảm bảo điều kiện không bị nhọn răng.

4. Tiến hành vẽ

Chọn tỉ lệ xích $L = 0,22528(\text{mm/mm})$.

$$R_1 = 195,3125 \text{ mm} \quad ; \quad R_2 = 292,96875 \text{ mm} \quad ; \quad R_{01} = 183,534 \text{ mm}$$

$$R_{02} = 275,301 \text{ mm} \quad ; \quad R_{L1} = 206,281 \text{ mm} \quad ; \quad R_{L2} = 309,422 \text{ mm}$$

$$R_{i1} = 185,15625 \text{ mm} \quad ; \quad R_{i2} = 274,4385 \text{ mm} \quad ; \quad R_{e1} = 235,1563 \text{ mm}$$

$$R_{e2} = 324,4385 \text{ mm} \quad ; \quad t = 76,7 \text{ mm} \quad ; \quad h = 50 \text{ mm}$$

$$L = 27^\circ 10' \quad ; \quad S_1 = 53,1694 \text{ mm} \quad ; \quad S_2 = 47,0748 \text{ mm}.$$

Chọn tâm ăn khớp P vẽ 2 cung tròn R_{L1} ; R_{L2} vòng tròn cơ sở R_{01} ; R_{02} .

- Kẻ pháp tuyến chung N_1N_2 .

- Vẽ biên dạng răng.

- Từ điểm P (tâm ăn khớp ta đặt các bán kính R_{L1} ; R_{L2} và vẽ 2 vòng tròn đó).

- Vẽ các đường tròn cơ sở Ro_1 ; Ro_2 sau đó kẻ tuyến tuyến N_1N_2 .

Từ N_1 đặt 1 cung N_1P' trên vòng tròn Ro_1 có chiều dài bằng N_1P chia đoạn N_1P làm 4 phần bằng nhau. Tương ứng với N_1P' cũng chia làm 4 phần bằng nhau

$P'1' = 1'2' = 2'3' = 3'N_1'$ và đặt thêm các đoạn $N_14 = 45 = \dots N_14' = 4'5'$.

Qua các điểm $1'1''$; $2'2''$... bằng đoạn $1P, 2P, 3P, \dots$ Sau đó nối các điểm $P', 1'', 2'', 3''$ thành 1 đường cong ta vẽ được đường thân khai và là biên dạng răng của bánh Z_1 . Cũng tương tự ta vẽ được biên dạng răng còn lại của bánh răng Z_2 . sau khi xác định được biên dạng còn lại được xác định bằng cách xác định chiều dày đỉnh răng, chiều dày răng trên vòng chia, vòng lăn rồi vẽ đối xứng với biên dạng cũ.

5. Điểm đối tiếp của cạnh răng :

Là 2 điểm của hai răng gặp nhau trên phân làm việc của đươg ăn khớp. Tại điểm a cho trước trên đườg ăn khớp thực ta vẽ cung tròn O_1 tương đươg bán kính O_1a cung tròn nay cắt cạnh răng tại A_1 tương tự ta cũng xác định đươg điểm B_2 cho bánh Z_2 A_1, B_2 là 2 điểm đối tiếp của 2 cạnh răng.

6. Phần làm việc của răng :

Là phần cạnh răn ăn khớp tiếp xác nhau trong quá trình ăn khớp đó là các cung A_1B_1 và cung A_2B_2 . Trên biên dạng răng đó là phần làm việc phần này đươg biểu diễn bằng đườg gạch trên biên dạng răng như hình vẽ.

Động cơ đốt trong đối xứng

7. Cung ăn khớp :

Trên vòng tròn lăn các cung không trượt với nhau trong thời gian ăn khớp của 1 đôi răng gọi là cung ăn khớp (cung ăn khớp của 1 đôi răng là bằng nhau). Qua điểm A ; B₁ của phần làm việc của bánh răng Z₁ ta vẽ các pháp tuyến a₁ ; b₁ cung a₁ ; b₁ là cung ăn khớp thực trên vòng tròn lăn của bánh Z₁.

Tương tự với bánh Z₂ ta có a₂ ; b₂ là các cung ăn khớp trên vòng tròn lăn của bánh Z₂.

Gọi K là chiều dài cung ăn khớp.

: Chiều dài đoạn ăn khớp thực ab.

8. Hệ số trượt tương đối đồ thị đường cong trượt khi làm việc 2 cặp biên dạng đối tiếp vừa lăn vừa trượt đối nhau trên đoạn là việc của biên dạng răng sự trượt tương đối này gọi là hiện tượng trượt biên dạng.

Để đánh giá từng thời điểm trên biên dạng làm việc của cặp răng người ta đưa ra hệ số trượt tương đối là μ_1 và μ_2 :

Ta có công thức : và

Trong đó : và

Tại a : =

=

Tại b : =

=

Tại N_1 : $\sigma_1 = -$; $\sigma_2 = 1$

Tại N_2 : $\sigma_1 = 1$; $\sigma_2 = -$

Ta chọn tỉ lệ : 1 tương ứng với 50 (mm) biểu diễn trên bản vẽ ta có:

Tại a : $\sigma_1 = -40$; $\sigma_2 = 22,175$

Tại b : $\sigma_1 = 30$; $\sigma_2 = -74,725$

Tại N_1 : $\sigma_1 = -$; $\sigma_2 = 50.$

Tại N_2 : $\sigma_1 = 50$; $\sigma_2 = -$.

Từ đó ta vẽ được đường cong biểu diễn hệ số trượt của từng răng theo điểm ăn khớp đường cong này là đường cong trượt (Hình vẽ).