BÀI TẬP LỚN NGUYÊN LÝ MÁY-BÀI SỐ 1

PHÂN TÍCH ĐỘNG LỰC HỌC VÀ PHÂN TÍCH LỰC CƠ CẤU PHẲNG

Bài 1: Phương án A:

Cho cơ cấu máy bào ngang như hình 1.Cho biết hệ số về nhanh của cơ cấu culít K=1,4; Hành trình đầu bào (khâu 5):H=420; Vị trí phương trược xx của đầu bào:a=(b+c)/2; Khoảng cách tâm l_{AC}=a/2.Tỷ số chiều dài khâu 3 và khâu 4: l_{DE}/l_{CD}=0.25; Khối lượng khâu 5: m_5=65kg; Lực cắt P=1300N.Khối lượng khâu 3: m_3=25kg; Momen quán tính khâu 3: $J_{s3} = m_3(l_{CD})^2/12$ .Bỏ qua khối lượng và mômen quán tính của các khâu khác.Khâu dẫn 1 có chiều quay như hình 1, vận tốc góc bằng hằng: $\omega_1 = \frac{2\pi n_1}{60}$ (rad/s), (cho n_1=150). Khâu dẫn đang ở vị trí số: 1 (hình 2).

1) Hãy xác định các kích thước còn lại của cơ cấu: l_{CD}, a, l_{AC}, l_{AB}, l_{DE}.
2) Vẽ hoạ đồ cơ cấu, hoạ đồ vận tốc, hoạ đồ gia tốc của cơ cấu ứng với vị trí đã cho của khâu dẫn.Tính vận tốc và gia tốc của đầu bào (khâu 5).
3) Vẽ hoạ đồ lực của cơ cấu tại vị trí đã cho của khâu dẫn. Xác định áp lực khớp động tại các khớp A và khớp D. Tính lực momen cân bằng trên khâu dẫn 1.

<u>Bài Làm</u>

Câu 1:Xác định các kích thước còn lại của cơ cấu:

Từ biểu thức của hệ số về nhanh:

$$K=\frac{180^0+\theta}{180^0-\theta} \Rightarrow \theta = \frac{K-1}{K+1}*180^0 = \frac{1.4-1}{1.4+1}*180^0 = 30^0$$ (Góc lắc θ của khâu 3: góc giữa hai vị trí biên của cơ cấu culít).

Từ θ, dựng hai vị trí biên của khâu 3. Đặt hành trình H vào:

$$\Rightarrow l_{CD} = \frac{H}{2\sin\frac{\theta}{2}} = \frac{420}{2\sin\frac{30^0}{2}} = \frac{420}{2\sin 15^0} = 811.37 \text{ (mm)}.$$

$$\Rightarrow b = l_{CD} = 811.37 \text{ (mm)}.$$

$$\Rightarrow c = l_{CD}\cos\frac{\theta}{2} = 811.37*\cos 15^0 = 783.73 \text{ (mm)}.$$

$\Rightarrow a = \frac{b+c}{2} = \frac{811.38+783.73}{2} = 797.55$ (mm).

$\Rightarrow l_{AC} = \frac{a}{2} = \frac{797.55}{2} = 398.77$(mm).

$\Rightarrow l_{DE} = 0.25 l_{CD} = 0.25*811.37 = 202.84$ (mm).

Xác định l_{AB}: Từ A hạ AB' và AB'' vuông góc với hai vị trí biên của khâu 3 $\Rightarrow l_{AB} = l_{AB'} = l_{AB''} = l_{AC} \sin\frac{\theta}{2} = 398.77*\sin 15^0 = 103.21$ (mm).

$\Rightarrow l_{CB} = 333.94$ (mm).

Khi dựng hình ta chọn tỷ lệ xích là : $\mu_L = \frac{0.42}{100} = 0.0042(\frac{m}{mm})$.

Câu 2:Vẽ hoạ đồ vận tốc và gia tốc của cơ cấu:

a)Bài toán vận tốc:

Từ $n_1 = 150$ (vòng/phút) $\Rightarrow \omega_1 = \frac{2\pi n_1}{60} = \frac{2\pi*150}{60} = 15.7$(rad/s).

Ta có phương trình vận tốc như sau:

$\vec{V}_{B3} = \vec{V}_{B2} + \vec{V}_{B3B2}$ (1)

Trong đó:

$$\vec{V}_{B3} \left| \begin{array}{l} \vec{V}_{B3} \perp CD \\ V_{B3} = \omega_3 * l_{CD} \end{array} \right.$$

$$\vec{V}_{B2} \left| \begin{array}{l} \vec{V}_{B2} \perp AB \\ V_{B2} = V_{B1} = \omega_1 l_{AB} = 15.7*103.21 = 1620.39(mm/s) \end{array} \right.$$

$$\vec{V}_{B3B2} \left| \begin{array}{l} \vec{V}_{B3B2} // CD \\ V_{B3B2} = ? \end{array} \right.$$

Từ (1) $\Rightarrow$ Vẽ hoạ đồ vận tốc.Với tỷ xích : $\mu_V = \frac{1.62039}{20.25} = 0.08(\frac{m}{mm.s})$.

Chọn điểm p làm gốc.Từ p vẽ $p\vec{b}_2$ biểu diễn $\vec{V}_{B2} = \vec{V}_{B1}$ .Qua b_2, vẽ đường thẳng Δ song song với phương của $\vec{V}_{B3B2}$ (song song CD).Trở về gốc p, vẽ đường thẳng Δ' song song với phương của $\vec{V}_{B3}$ (vuông góc với CD).Hai đường thẳng Δ và Δ' giao nhau tại điểm b_3.Suy ra: $p\vec{b}_3$ biểu diễn $\vec{V}_{B3}$, $\vec{b_2b_3}$ biểu diễn $\vec{V}_{B3B2}$ (hình hoạ đồ vận tốc).

Từ hoạ đồ vận tốc ta có :

pb_3 = 10.83(mm) $\Rightarrow V_{B3} = pb_3 * \mu_V$ =10.83*0.08=0.8664(m/s)= 886.4(mm/s).

b_2b_3 =20.97(mm) $\Rightarrow V_{B3B2} = b_2b_3 * \mu_V$ =17.11*0.08=1.3688(m/s)=1368.8(mm/s).

Mặt khác, ta có: $\vec{V}_E = \vec{V}_D + \vec{V}_{ED}$, trong đó:

$$\vec{V}_E \left| \begin{array}{l} \vec{V}_E // xx \\ V_E = ? \end{array} \right.$$

Theo định lý đồng dạng thuận: $\dfrac{\vec{V}_D}{\vec{V}_{B3}} = \dfrac{CD}{CB} \Rightarrow V_D = \dfrac{CD}{CB} V_{B3} = \dfrac{811.37}{333.94}$*886.4 = 2153.67(mm/s).

$$\vec{V}_D \left| \begin{array}{l} \vec{V}_D \perp CD \\ V_D = 2153.67(mm/s) \end{array} \right.$$

$$\vec{V}_{ED} \left| \begin{array}{l} \vec{V}_{ED} \perp DE \\ V_{ED} = ? \end{array} \right.$$

Ta tiếp tục vẽ hoạ đồ vận tốc.Từ P ta vẽ $\vec{b_3d}$ biểu diễn $\vec{V}_D$, từ d vẽ đường thẳng m song song với phương $\vec{V}_{DE}$ (vuông góc với DE).Trở lại gốc p vẽ đường thẳng m' song song phương $\vec{V}_E$ (song song phương trược xx).Từ đó ta suy ra : $\vec{de}$ biểu diễn $\vec{V}_{DE}$, $\vec{pe}$ biểu diễn $\vec{V}_E$.

Từ hoạ đồ vẽ được ta suy ra:

$de = 6.04(mm) \Rightarrow V_{DE} = de * \mu_V = 6.04 * 0.08 = 0.4832(m/s) = 483.2(mm/s)$

$pe = 27.58(mm) \Rightarrow V_E = pe * \mu_V = 27.08 * 0.08 = 2.2064(m/s) = 2206.4(mm/s)$

b) Bài toán gia tốc:

$$\vec{a}^t_{B3} + \vec{a}^n_{B3} = \vec{a}_{B3} = \vec{a}_{B2} + \vec{a}^r_{B3B2} + \vec{a}^k_{B3B2}$$

Trong đó:

$$\vec{a}_{B2} \left| \begin{array}{l} \vec{a}_{B2} = \vec{a}_{B1}, chieu: \mathrm{B} \rightarrow \mathrm{A} \\ a_{B2} = a_{B1} = \omega_1^2 l_{AB} = 15.7^2 * 103.21 = 25440.23(mm/s^2) \end{array} \right.$$

$$\vec{a}^r_{B3B2} \left| \begin{array}{l} \vec{a}^r_{B3B2} // CD \\ a^r_{B3B2} = ? \end{array} \right.$$

$$\vec{a}^{k}_{B3B2}\left|\begin{array}{l}\vec{a}^{k}_{B3B2}: la\ \ chieu\ \ cua\ \ \vec{V}_{B3B2}\ \ quay\ \ 90^0\ \ theo\ \ chieu\ \ cua\ \ \omega_3\\ (chieu\ \ cua\ \ \omega_3\ \ suy\ \ tu\ \ chieu\ \ \vec{V}_{B3})\\ a^{k}_{B3B2}=2\omega_3 V_{B3B2}=2\dfrac{V_{B3}}{l_{CD}}V_{B3B2}=2*\dfrac{886.4}{811.37}*1368.8=2990.75(mm/s^2).\end{array}\right.$$

$$\vec{a}^{t}_{B3}\left|\begin{array}{l}\vec{a}^{t}_{B3}\perp CB\\ a^{t}_{B3}=\varepsilon_3 l_{CB}=?\end{array}\right.$$

$$\vec{a}^{n}_{B3}\left|\begin{array}{l}\vec{a}^{n}_{B3}\ huong\ \ tu\ \ B\to C.\\ a^{n}_{B3}=\omega_3^2 l_{CB}=\dfrac{V_{B3}^2}{l_{CB}}=\dfrac{886.4^2}{333.94}=2352.83(mm/s^2).\end{array}\right.$$

Ta vẽ hoạ đồ vận tốc:

Chọn một điểm π làm gốc.Từ π vẽ $\vec{\pi b'_2}$ biểu diễn $\vec{a}_{B2}$ .Qua b'_2 vẽ $\vec{b'_2k}$ biểu diễn $\vec{a}^{k}_{B3B2}$ .Qua k vẽ đường thẳng Δ song song với $\vec{a}^{r}_{B3B2}$ (song song với CD).Trở về gốc π, vẽ $\vec{\pi n}_{B3}$ biểu diễn $\vec{a}^{n}_{B3}$ .Qua n_{B3} vẽ đường thẳng Δ' song song với phương của $\vec{a}^{t}_{B3}$ (vuông góc CB).Hai đường thẳng Δ và Δ' giao nhau tại điểm b'_3 .Ta suy ra được : $\vec{\pi b'_3}$ biểu diễn $\vec{a}_{B3}$,còn $\vec{kb'_3}$ biểu diễn $\vec{a}^{r}_{B3B2}$ và $\vec{n_{B3}b'_{B3}}$ biểu diễn $\vec{a}^{t}_{B3}$ .Ta chọn tỷ xích $\mu_a=\dfrac{25.44023}{31.8}=0.8(\dfrac{m}{mm.s^2})$.

Từ hoạ đồ gia tốc ta có :

$$\pi b'_3=30.53(mm)\Rightarrow a_{B3}=\pi b'_2*\mu_a=30.53*0.8=24.424(m/s)^2=24424(mm/s)^2$$

Mặt khác: $\vec{a}_E=\vec{a}_D+\vec{a}^{t}_{ED}+\vec{a}^{n}_{ED}$

Theo định lý đồng dạng thuận:

$$\frac{\vec{a}_D}{\vec{a}_{B3}}=\frac{CD}{CB}\Rightarrow a_D=\frac{CD}{CB}a_{B3}=\frac{811.37}{333.94}*24424=59342.69(mm/s^2).$$

$$\vec{a}_D\left|\begin{array}{l}\vec{a}_D\ \ cung\ \ chieu\ \ \vec{a}_{B3}\\ a_D=59342.69(mm/s^2)\end{array}\right.$$

$$\vec{a}_{ED}^{n}\left|\begin{array}{l}\vec{a}_{ED}^{n}: huong\quad tu\quad D\to E\\ a_{ED}^{n}=\omega_{ED}^{2}l_{ED}=\dfrac{V_{ED}^{2}}{l_{ED}}=\dfrac{678.4^{2}}{202.84}=2268.91(mm/s^{2})\end{array}\right.$$

$$\vec{a}_{ED}^{t}\left|\begin{array}{l}\vec{a}_{ED}^{t}\perp ED\\ a_{ED}^{t}=?\end{array}\right.$$

$$\vec{a}_{E}\left|\begin{array}{l}\vec{a}_{E}//xx\\ a_{E}=?\end{array}\right.$$

Từ πvẽ $\vec{b_2'd}$ biểu diễn $\vec{a}_D$, từ d vẽ $\vec{dn_{ed}}$ biểu diễn $\vec{a}_{ED}^{n}$, từ n_{ed} kẻ đường thẳng n song song với phương $\vec{a}_{ED}^{t}$ (vuông góc ED).Trở lại gốc π vẽ đường thẳng n' song song với phương $\vec{a}_E$ (song song phương xx).Hai đường thẳng n và n' cắt nhau tại e. vậy : $\vec{\pi e}$ biểu diễn $\vec{a}_E$, $\vec{n_{ed}e}$ biểu diễn $\vec{a}_{ED}^{t}$.

Từ họa đồ gia tốc:

$\pi e=124.24\Rightarrow a_E=\pi e*\mu_a=70.81*0.8=56.648(m/s^2)=56648(mm/s^2)$.

$n_{ed}e=26.38\Rightarrow a_{ED}^{t}=n_{ed}e*\mu_a=8.9113*0.8=7.129074(m/s^2)=7129.074(mm/s^2)$.

Câu 3: Phân tích lực trên cơ cấu.

1)Tách cơ cấu thành nhóm tĩnh định và khâu nối giá:

Nhóm II : khâu 4, khâu 5, các khớp : khớp quay E, khớp quay D và khớp trượt nối khâu 5 với giá. Khớp chờ là khớp trượt nối khâu 5 với giá và khớp quay D.

Nhóm I : khâu 2, khâu 3, các khớp : khớp quay B, khớp trượt B, khớp quay D. Khớp chờ là khớp quay B và khớp quay C.

Sau khi tách hai nhóm tĩnh định trên còn lại là khâu dẫn nối giá bằng khớp quay A.

2)Viết phương trình cân bằng lực, giải phương trình cân bằng cho các nhóm các nhóm tĩnh định:

a)Nhóm II : $\vec{R}_{05}+\vec{G}_5+\vec{P}_{q5}+\vec{P}+\vec{R}_{34}=0$ **(1)**

(Bỏ qua khối lượng và lực quán tính khâu 4).

Để giảm ẩn số của phương trình (1), ta phân lực :

$$\vec{R}_{34}=\vec{R}_{34}^{t}+\vec{R}_{34}^{n}\left|\begin{array}{l}\vec{R}_{34}^{n}//ED\\ \vec{R}_{34}^{t}\perp ED\end{array}\right.$$ ($\vec{R}_{34}$ đi qua điểm D)

Lấy momen đối với điểm E của tất cả các lực tác dụng lên khâu 1:

$\sum M_{(4)}/(E) = 0 \Rightarrow R_{34}^{t} = 0$

Phương trình (1) được viết lại:

$\vec{R}_{05} + \vec{G}_5 + \vec{P}_{q5} + \vec{P} + \vec{R}_{34}^{n} = 0$ (2)

Trong đó :

$\vec{R}_{05} \left| \begin{array}{l} \vec{R}_{05} \perp xx \\ R_{05} = ? \end{array} \right.$

$\vec{G}_5 \left| \begin{array}{l} \vec{G}_5 \perp xx \\ G_5 = m_5.g = 65*10 = 650(N) \end{array} \right.$

$\vec{P}_{q5} \left| \begin{array}{l} \vec{P}_{q5} // a_E (// xx) \\ P_{q5} = a_E.m_5 = 56.648*65 = 3682.12(N) \end{array} \right.$ ($\vec{P}_{q5} \uparrow\downarrow \vec{a}_E$, nằm tại trọng tâm khâu 5)

$\vec{P} \left| \begin{array}{l} \vec{P} // xx \\ P = 1300(N) \end{array} \right.$

$\vec{R}_{34}^{n} \left| \begin{array}{l} \vec{R}_{34}^{n} // ED \\ R_{34}^{n} = ? \end{array} \right.$

Ta vẽ hoạ đồ lực, sẽ tìm được các lực còn lại.

Chọn tỷ xích : $\mu_P = \dfrac{1300}{32.5} = 40(\dfrac{N}{mm})$.

Từ hoạ đồ lực, ta có :

$R_{05} = 14.55*40 = 528(N)$

$R_{34}^{n} = 59.57*40 = 2382.8(N)$

b)Nhóm I : $\vec{R}_{43} + \vec{R}_{12} + \vec{G}_3 + \vec{p}_{q3} + \vec{R}_{03} = 0$ **(3)**

(bỏ qua khối lượng và lực quán tính khâu 2)

***** Đầu tiên ta tách riêng từng khâu : khâu 3 và khâu 2. Khi đó khâu 2 gồm 2 lực tác dụng là : $\vec{R}_{32}, \vec{R}_{12}$.

$\vec{R}_{12}$: Đi qua tâm B, chưa biết phương và độ lớn.

$\vec{R}_{32}$: Có phương vuông góc với CD, chưa biết điểm đặt, độ lớn. Giả sử cách tâm B một đoạn là x, ta lấy momen của điểm B đối với các lực tác dụng lên khâu 2 : $\sum M_{(B)}/(2) = 0 \Leftrightarrow R_{32}.x = 0 \Rightarrow x = 0$. Vậy để khâu 2 cân bằng thì $\vec{R}_{32}$ phải đi qua tâm B $\Rightarrow \vec{R}_{12}$ vuông góc với CD (Xem hình 3).

* **Tính lực quán tính khâu 3**: $\vec{P}_{q3}$: điểm đặt tại tâm va đập K, K được xác định như sau:

$$l_{CK} = \frac{m_3(l_{CS3})^2 + J_{S3}}{m_3.l_{CS3}} = \frac{m_3.(\frac{l_{CD}}{2})^2 + m_3.\frac{l_{CD}^{\ 2}}{12}}{m_3.\frac{l_{CD}}{2}} = \frac{2}{3}l_{CD} = \frac{2}{3}*811.37 = 540.91(mm)$$

Trong đó :

s_3: Trọng tâm khâu 3 (CD)

m_3: Khối lượng khâu 3

K: Tâm va đập

J_{s3} : Momen quán tính khâu 3

***Tính** a_{S3} : dựa vào định lý đồng dạng thuận :

$$a_{S3} = \frac{l_{CS3}}{l_{CB}}a_{B3} = \frac{l_{CD}}{2l_{CB}}a_{B3} = \frac{811.37}{2*333.94}*24424 = 29671.35(mm/s^2) = 29.67135(m/s^2)$$

$$P_{q3} = m_3.a_{S3} = 25*29.67135 = 741.78(N)$$

***<u>Vậy ta có :</u>**

$$\vec{R}_{12}\left|\begin{array}{l}\vec{R}_{12} \perp CD, \quad qua \quad B \\ R_{12} = ?\end{array}\right.$$

$$\vec{P}_{q3}\left|\begin{array}{l}\vec{P}_{q3} \uparrow\downarrow \vec{a}_{B3}, \quad qua \quad K \\ P_{q3} = 741.78(N)\end{array}\right.$$

$$\vec{G}_3\left|\begin{array}{l}\vec{G}_3 \perp xx, \quad qua \quad S_3 \\ G_3 = m_3.g = 25*10 = 250(N)\end{array}\right.$$

$$\vec{R}_{43}\left|\begin{array}{l}\vec{R}_{43} \uparrow\downarrow \vec{R}_{34}, \quad qua \quad D \\ R_{43} = R_{34} = 2382.8(N)\end{array}\right.$$

$$\vec{R}_{03}\left|\begin{array}{l}\vec{R}_{03} \quad qua \quad c \\ R_{03} = ?\end{array}\right.$$

***Tính** $\vec{R}_{12}$:

Lấy momen tất cả các lực tác dụng lên khâu 2 và khâu 3:

$$\sum M_{(2,3)}/(C) = 0 \Leftrightarrow R_{43}.h_1 + P_{q3}.h_2 + G_3.h_3 - R_{12}.h_4 = 0 \quad (4)$$

Các giá trị : h_1, h_2, h_3, h_4, ta tính được bằng cách đo trực tiếp trên hình vẽ autocad . Khi đó ta có :

$$\begin{aligned} h_1 &= 189.4*0.0042 = 0.79548(m) = 798.48(mm) \\ h_2 &= 125.45*0.0042 = 0.52689(m) = 526.89(mm) \\ h_3 &= 21.11*0.0042 = 0.08866(m) = 88.66(mm) \\ h_4 &= l_{CB} = 333.94(mm) \end{aligned}$$

Từ (4):

$$\Rightarrow R_{12} = \frac{R_{43}h_1 + P_{q3}h_2 + G_3h_3}{h_4} = \frac{2382.8*798.48 + 741.78*526.89 + 250*88.66}{333.94} = 6934.23(N)$$

Để tìm lực $\vec{R}_{03}$, ta vẽ hoạ đồ lực.Với tỷ xích: $\mu_P = \frac{250}{2} = 125$

Và ta suy ra được : $R_{03} = 30.49*125 = 3811.25(N)$, và có chiều như hình vẽ.

3) Tính momen cân bằng trên khâu dẫn :

Lấy tỷ xích : $\mu_L = \frac{0.10321}{1.86} = 0.05548$

$$\sum M_{(1)}/(A) = 0 \Leftrightarrow R_{21}h - M_{cb} = 0 \Rightarrow M_{cb} = R_{21}h = 6934.23*42.33*0.05548 = 16284.82(N)$$

Trong đó : $\vec{R}_{21} \uparrow\downarrow \vec{R}_{12}$, $R_{21} = R_{12} = 6934.23(N)$.

h đo được trực tiếp trên hình autocac,

h=42.33*0.05548=2.348(m).