

Chương 1:

TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ

Cần trục nói chung đ- ợc sử dụng trong nhiều ngành kinh tế khác nhau nh- các phân x- ởng lắp ráp cơ khí, xí nghiệp luyện kim, công tr- ờng xây dựng, cầu cảng... Chúng đ- ợc sử dụng trong các ngành sản xuất trên để giải quyết các việc nâng bốc vận chuyển tải trọng, phối liệu, thành phẩm ... Có thể nói rằng, nhịp độ làm việc của máy nâng chuyển góp phần quan trọng, nhiều khi có tính quyết định đến năng suất của cả dây chuyền sản xuất ở các ngành nói trên. Vì vậy, thiết kế hệ truyền động cần trục ở cơ cấu nâng hạ cần phải tuân thủ chặt chẽ các quy trình kỹ thuật đồng thời cũng phải đảm bảo tính kinh tế. Tr- ớc khi đi vào thiết kế hệ truyền động cho cơ cấu nâng-hạ cầu trục, trong ch- ơng này ta đi tìm hiểu một số đặc điểm công nghệ cùng với việc phân tích những nét chính trong yêu cầu truyền động cầu trục.

I. Đặc điểm chung của cơ cấu nâng-hạ cầu trục.

Cần trục th- ờng có ba chuyển động:

- Chuyển động nâng hạ (của bộ phận nâng tải).
- Chuyển động ngang của xe trục.
- Chuyển động dọc của xe cầu.

Trong khuôn khổ đồ án này chỉ tập chung thiết kế hệ truyền động cho riêng cơ cấu nâng hạ. Để có thể đ- a ra những ph- ơng án hợp lý cho hệ truyền động cơ cấu nâng hạ, tr- ớc hết ta đi phân tích quát quát những điểm cơ bản về yêu cầu trong truyền động của cơ cấu nâng hạ cần trục.

- Thứ nhất, về loại phụ tải: Đặc điểm của các động cơ truyền động trong cơ cấu cần trục nói chung là đều làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại, có số lần (tần số) đóng điện lớn.
- Thứ hai, về yêu cầu đảo chiều quay: Động cơ truyền động cần trục, nhất là cơ cấu nâng hạ, phải có khả năng đảo

chuyển quay, có mômen thay đổi theo tải trọng rất rõ rệt. Theo khảo sát từ thực tế thì khi không có tải trọng (không tải) mômen động cơ không vượt quá $(15 \div 20)\%M_{dm}$; đối với cơ cấu nâng của cần trục ngoãm đạt tới $50\% M_{dm}$...

- Thứ ba, yêu cầu về khởi động và hãm: Trong các hệ truyền động các cơ cấu của máy nâng, yêu cầu quá trình tăng tốc và giảm tốc phải êm, đặc biệt đối với thang máy và thang chuyên chở khách. Bởi vậy, mômen động trong quá trình hạn chế quá độ phải được hạn chế theo yêu cầu của kỹ thuật an toàn. Ở các máy nâng tải trọng, gia tốc cho phép thường được quy định theo khả năng chịu đựng phụ tải động của các cơ cấu. Đối với cơ cấu nâng hạ cần trục, máy xúc gia tốc phải nhỏ hơn khoảng $0,2 \text{ m/s}^2$ để không giật đứt dây cáp. Ngoài ra, động cơ truyền động trong cơ cấu này phải có phạm vi điều chỉnh đủ rộng và có các đặc tính cơ thỏa mãn yêu cầu công nghệ. Đó là các yêu cầu về dừng máy chính xác, nên đòi hỏi các đặc tính cơ thấp, có nhiều đặc tính trung gian để mở hãm máy êm.
- Thứ tư, phạm vi điều chỉnh không lớn, ở các cần trục thông thường $D \leq 3:1$; ở các cần trục lắp ráp ($D= 10 \div 1$) hoặc lớn hơn. Độ chính xác điều chỉnh không yêu cầu cao, thường trong khoảng $\pm 5\%$.
- Thứ năm, yêu cầu về bảo vệ an toàn khi có sự cố: Các bộ phận chuyển động phải có phanh hãm điện từ, để giữ chặt các trục khi mất điện, bảo đảm an toàn cho người vận hành và các bộ phận khác trong hệ thống sản xuất. Để đảm bảo an toàn cho người và thiết bị khi vận hành, trong sơ đồ không chế có các công tắc hành trình để hạn chế chuyển động của cơ cấu khi chúng đi đến các vị trí giới hạn. Đối với cơ cấu nâng-hạ thì chỉ cần hạn chế hành trình lên mà không cần hạn chế hành trình hạ.
- Thứ sáu, yêu cầu về nguồn và trang bị điện: Điện áp cung cấp cho cần trục không vượt quá 500V. Mạng điện xoay chiều hay dùng là 220V, 380V; mạng một chiều là 220V,

44V. Điện áp chiếu sáng không vượt quá 220V. Không được dùng biến áp tự ngẫu để cung cấp cho mạng chiếu sáng sửa chữa. Do đa số đều làm việc trong môi trường nặng nề, đặc biệt ở các hải cảng, nhà máy hoá chất, xí nghiệp luyện kim, sửa chữa...Nên các khí cụ điện trong hệ thống truyền động và trang bị điện của các cơ cấu nâng hạ cần trực yêu cầu phải làm việc tin cậy, bảo đảm về năng suất, an toàn trong mọi điều kiện khắc nghiệt của môi trường, hơn nữa lại phải đơn giản trong thao tác.

Năng suất của máy nâng quyết định bởi hai yếu tố: tải trọng của thiết bị và số chu kỳ bốc, xúc trong một giờ. Số lượng hàng bốc xúc trong mỗi chu kỳ không nh- nhau và nhỏ hơn tải định mức, cho nên phụ tải đối với động cơ chỉ đạt $(60 \div 70\%)$ công suất định mức của động cơ.

Trên đây là một số những đặc điểm và yêu cầu cơ bản nhất của cơ cấu nâng hạ cần trực. Quá trình thiết kế sau này sẽ đi sát vào các đặc điểm đó.

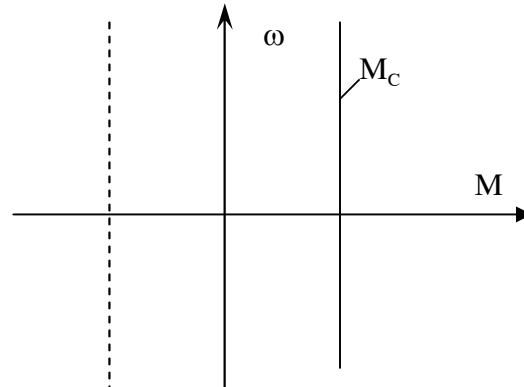
II. Khảo sát đặc tính phụ tải.

Khảo sát đặc tính của phụ tải hay của cơ cấu mà động cơ truyền động có ý nghĩa quan trọng trong việc đưa ra những lựa chọn hợp lý giữa phương án truyền động cũng như cân nhắc khi lựa chọn động cơ. Vì trạng thái làm việc của truyền động phụ thuộc vào momen quay (M_d) do động cơ sinh ra và momen cản tĩnh (M_c) của phụ tải của máy quyết định.

Khảo sát cơ cấu nâng hạ ng-ời ta thấy rằng: Momen cản của cơ cấu sản xuất luôn không đổi cả về độ lớn và chiều bất kể chiều quay của động cơ có thay đổi thế nào. Nói cách khác momen cản của cơ cấu nâng hạ thuộc loại momen cản thế năng có đặc tính $M_c = \text{const}$ và không phụ thuộc vào chiều quay. Điều này có thể giải thích dễ dàng là momen của cơ cấu do trọng lực của tải trọng gây ra. Khi tăng dự trữ thế năng (nâng tải) momen thế năng có tác dụng cản trở chuyển động; tức là hướng ngược chiều quay động cơ. Khi

giảm thế năng (hạ tải), momen thế năng lại là momen gây ra chuyển động, nghĩa là nó hướng theo chiều quay động cơ.

Dạng đặc tính cơ của cơ cấu nâng hạ như sau:



H2: Dạng đặc tính cơ của cơ cấu nâng-

Từ đặc tính cơ của cơ cấu phụ tải ta có một số nhận xét sau:

+ Khi hạ tải ứng với trạng thái máy phát của động cơ thì M_d là mômen hãm, M_c là mômen gây chuyển động.

+ Khi cần trục hạ tải dụng lực: cả hai mômen đều gây chuyển động.

Nh- vậy, trong mỗi giai đoạn nâng, hạ tải thì động cơ cần phải được điều khiển để làm việc đúng với các trạng thái làm việc ở chế độ máy phát hay động cơ sao cho phù hợp với đặc tính tải. Phụ tải của cần trục có thể biến đổi từ 0 (khi hạ hoặc nâng móc câu không tải) đến những giá trị rất lớn. Phức tạp hơn cả là các điều kiện hạ tải. Khi hạ không tải, trọng lượng của móc câu không đủ để bù lại các lực ma sát trong truyền động, nên động cơ phải sinh ra một momen nhỏ theo chiều hạ. Khi hạ những tải trọng lớn, không những các lực ma sát được khắc phục hết mà động cơ còn bị tải

trọng kéo quay theo chiều tác dụng của nó. Khi đó, muốn hạn chế và điều chỉnh tốc độ, ta phải sử dụng các phương tiện nhất định.

Chương 2: Xây dựng các công thức cần thiết cho tính toán cơ cấu nâng.

Nh- đã tìm hiểu ở trên, động cơ truyền động trong cơ cấu nâng làm việc với phụ tải ngắn hạn lặp lại, mở máy và hãm máy nhiều. Do đó, khi chọn công suất động cơ cần xét đến phụ tải tĩnh và động.

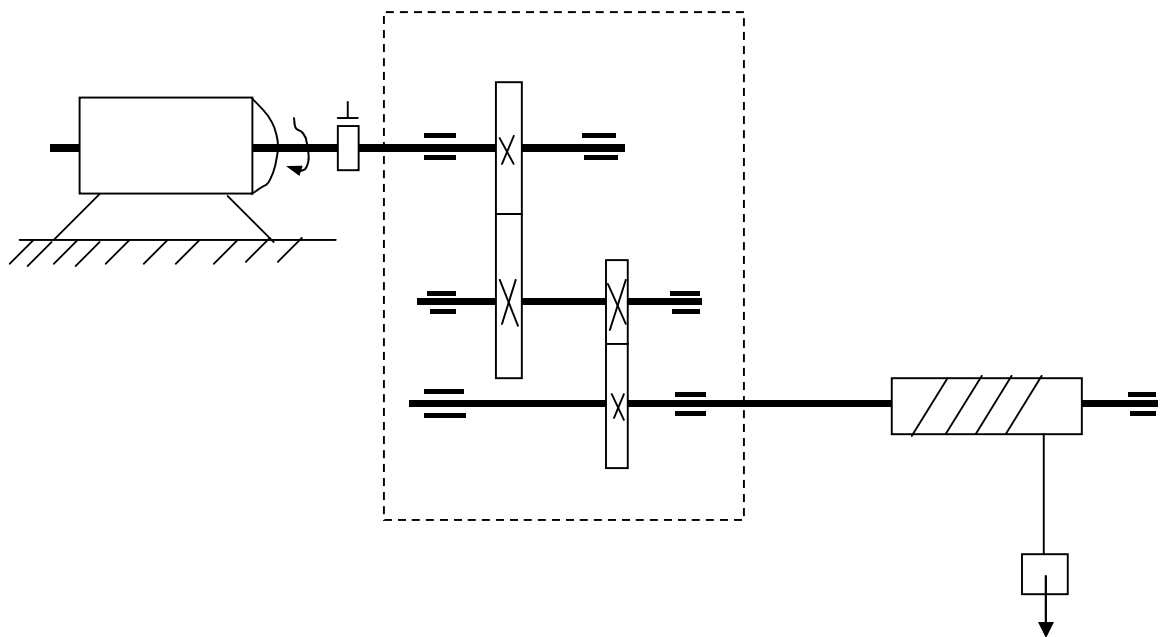
Sau đây ta sẽ khảo sát các đặc tính phụ tải khi nâng và hạ tải trọng.

1. Xác định phụ tải tĩnh.

Phụ tải tĩnh của cơ cấu nâng chủ yếu do tải trọng của bản thân cơ cấu và vật nâng gây ra. Th- ờng có thể chia làm hai loại cơ cấu: loại có dây cáp một đầu và loại có dây cáp hai đầu. Trong khuôn khổ đồ án này chỉ đề cập tới loại dùng cáp một đầu đ- ược sử dụng rộng rãi trong các cần trục, palăng trong các phân x- ởng lắp ráp.

a. *Phụ tải tĩnh khi nâng tải.*

Giả sử có cơ cấu nâng hạ nh- sau:



H2. Sơ đồ cơ cấu nâng-hạ cần trục

Xét một cơ cấu nâng có palăng với bội số u ; hiệu suất η_p ; bộ truyền trung gian có tỷ số truyền chung là i và hiệu suất η_0 .

Khi động cơ quay theo chiều t -ơng ứng, vật đ-ợc nâng lên với vận tốc v_n .

Lực căng của các nhánh dây nếu không tính mất mát:

$$T_0' = T_1' = T_2' = \dots = \frac{(G + G_0)}{u}$$

Thực tế, do có các lực cản phụ, lực căng trong các nhánh dây cuốn lên tang nên:

$$T_0 = \frac{T_0'}{\eta_p} = \frac{G}{u \cdot \eta_p}$$

Momen do vật nâng gây ra trên tang:

$$M_v = T_0 \cdot \frac{D_0}{2} = \frac{(G + G_0) \cdot D_0}{2u \cdot \eta_p} = \frac{(G + G_0) \cdot R_t}{u \cdot \eta_p}$$

Momen trên trục cuối cùng của bộ truyền trung gian (trục III) là:

$$M_3 = \frac{M_v}{\eta_t} = \frac{(G + G_0)}{u \cdot \eta_p \cdot \eta_t}$$

(η_t : là hiệu suất của tang, hệ số này tính đến do việc: muốn nâng vật lên ta phải đặt vào trục III (trục tang) một momen lớn hơn momen M_n trên tang, vì còn phải thắng lực cản trên tang do độ cứng của dây và do ma sát trong ổ trục).

T-ơng tự, momen trên trục II sẽ là;

$$M_2 = \frac{M_3}{i_2 \cdot \eta_2} = \frac{(G + G_0) \cdot R_t}{u \cdot i_2 \cdot \eta_p \cdot \eta_t \cdot \eta_2}$$

và momen trên trục I:

$$M_1 = \frac{M_2}{i_1 \cdot \eta_1} = \frac{(G + G_0) \cdot R_t}{u \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot \eta_p \cdot \eta_t \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}$$

Tổng quát:

$$M_1 = \frac{(G + G_0) \cdot R_t}{u \cdot (i_1 i_2 \dots i_n) \cdot (\eta_1 \eta_2 \dots \eta_n) \cdot \eta_p \cdot \eta_t}$$

Ta đặt:

$i = i_1 i_2 \dots i_n$: là tỷ số truyền chung của bộ truyền.

$\eta = \eta_1 \eta_2 \dots \eta_n$: là hiệu suất chung của bộ truyền

$\eta_c = \eta_p \eta_t \eta$ là hiệu suất chung của cơ cấu.

$$\Rightarrow M_1 = \frac{(G + G_0) R_t}{u \cdot i \cdot \eta_c} \text{ (N.m)}$$

Vậy muốn nâng đ-ợc vật lên, động cơ phải phát ra momen nâng khắc phục đ-ợc momem trên trục động cơ.

$$M_n = M_1 = \frac{(G + G_0) R_t}{u \cdot i \cdot \eta_c} \text{ (N.m)} \quad (1)$$

Công suất của động cơ cần thiết để nâng vật:

$$P_n = \frac{M_n \cdot \omega_n}{1000} = \frac{(G + G_0) \cdot v_n}{60 \cdot 102 \cdot \eta_c} \text{ (kW)} \quad (2)$$

Trong các công thức (1), (2) thì:

G - trọng l-ợng của tải trọng (kg).

G_0 — trọng l-ợng bản thân cơ cấu nâng (kg).

R_t — bán kính tang nâng (m).

η_c — hiệu suất của cơ cấu nâng.

u — bội số của ròng rọc (palăng)

i — Tỷ số truyền chung của cơ cấu truyền trung gian.

$$i = \frac{2\pi \cdot R_t \cdot n}{u \cdot v_n}$$

n — Tốc độ động cơ (v/phút)

v_n — tốc độ nâng tải (m/phút)

Từ (1) & (2) dễ dàng suy ra momen và công suất của động cơ phát ra lúc nâng không tải:

$$M_{n0} = \frac{G_0 \cdot R_t}{u \cdot i \cdot \eta_c} \quad (3)$$

$$P_{n0} = \frac{G_0 \cdot v_n}{60 \cdot 102 \cdot \eta_c} \quad (4)$$

b. Phụ tải tĩnh khi hạ tải.

Có thể có hai trạng thái hạ tải.

+ Hạ động lực

+ Hạ hãm.

Hạ động lực đ-ợc dùng khi hạ những tải trọng nhỏ. Khi đó momen do tải trọng sinh ra không đủ để thắng lực ma sát trong cơ cấu. Máy điện làm việc ở chế độ động cơ.

Hạ hãm đ-ợc dùng khi hạ những tải trọng lớn. Khi đó momen do tải trọng sinh ra lớn hơn mô men ma sát nên gây ra chuyển động của hệ thống. Máy điện phải làm việc ở chế độ hãm để giữ cho tải trọng rơi với vận tốc ổn định (tức là chuyển động không có gia tốc).

Gọi momen trên trục động cơ do tải trọng sinh ra khi không có mất mát là momen tải trọng:

$$M_t = \frac{(G + G_0) \cdot R_t}{u \cdot i}$$

Khi hạ tải, năng l-ợng đ-ợc truyền từ phía tải trọng về phía cơ cấu truyền và động cơ, nên:

$$M_h = M_t - \Delta M = M_t \cdot \eta_h$$

trong đó: M_h — momen trên trục động cơ khi hạ tải.

ΔM — mất mát trong cơ cấu truyền.

η_h — hiệu suất của cơ cấu khi hạ tải.

Nếu $M_t > \Delta M$ ta có trạng thái hạ hãm; còn nếu $M_t < \Delta M$ ta có trạng thái hạ động lực.

Nếu coi mát mát trong cơ cấu khi nâng và khi hạ tải là nh- nhau thì:

$$\Delta M = \frac{M_t}{\eta_c} - M_t = M_t \left(\frac{1}{\eta_c} - 1 \right)$$

$$\Rightarrow M_h = M_t - M_t \left(\frac{1}{\eta_c} - 1 \right) = M_t \cdot \left(2 - \frac{1}{\eta_c} \right) = \frac{(G + G_0) \cdot R_t}{u \cdot i} \left(2 - \frac{1}{\eta_c} \right) \quad (6)$$

$$\text{So sánh (5) và (6)} \Rightarrow \eta_h = 2 - \frac{1}{\eta_c}$$

Đối với những tải trọng t- ong đối lớn (t- ong ứng với $\eta_c > 0,5$), ta có $\eta_h > 0$, $M_h > 0$. Điều này có nghĩa là momen động cơ ng- ợc chiều với momen phụ tải, động cơ làm việc ở trạng thái hãm (hạ hãm). Khi tải trọng t- ong đối nhỏ $\eta_c < 0,5$ thì $\eta_h < 0$; $M_h < 0$. Điều này có nghĩa là momen động cơ cùng chiều với momen phụ tải để cùng khắc phục lực ma sát trong cơ cấu truyền lực.

Từ (6) ta suy ra momen hạ không tải:

$$M_{h0} = \frac{G_0 \cdot R_t}{u \cdot i} \left(2 - \frac{1}{\eta_c} \right) = M_{n0} \cdot (2\eta_c - 1) \quad (7)$$

Từ đó tính đ- ợc công suất trên trục động cơ khi hạ tải:

$$P_h = \frac{M_h \cdot \omega_h}{1000} \quad (\text{kW}) \quad (9)$$

$$P_{h0} = \frac{M_{h0} \cdot \omega_h}{1000} \quad (\text{kW}) \quad (10)$$

2. Tổng kết các công thức cần thiết dùng trong tính toán cơ cấu nâng-hạ:

Từ phân tích đặc điểm công nghệ của cơ cấu cân trục nâng-hạ, ta nhận thấy chu kỳ làm việc của cơ cấu nâng th- ờng bao gồm các giai đoạn: Hạ không tải, nâng tải, hạ tải và nâng không tải. Giữa các giai đoạn đó có những thời gian nghỉ. Dựa vào nhiệm vụ cụ thể của cơ cấu mà xác định chu kỳ làm việc. D- ưới đây xin tổng kết lại các công thức cần thiết trong tính toán cơ cấu này.