

# Chương 1

## **NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN**

1.1 Cấu trúc của hệ truyền động điện

1.2 Phần cơ của hệ truyền động điện

1.3 Phương trình chuyển động của hệ truyền động

1.4 ĐTC và các trạng thái làm việc của hệ truyền động điện

# **1.1 Cấu trúc của hệ truyền động điện**

**1.1.1 Định nghĩa hệ truyền động điện**

**1.1.2 Hệ truyền động của máy sản xuất**

**1.1.3 Cấu trúc chung của hệ truyền động điện**

**1.1.4 Phân loại các hệ truyền động điện**

# 1.1.1 Định nghĩa hệ truyền động điện

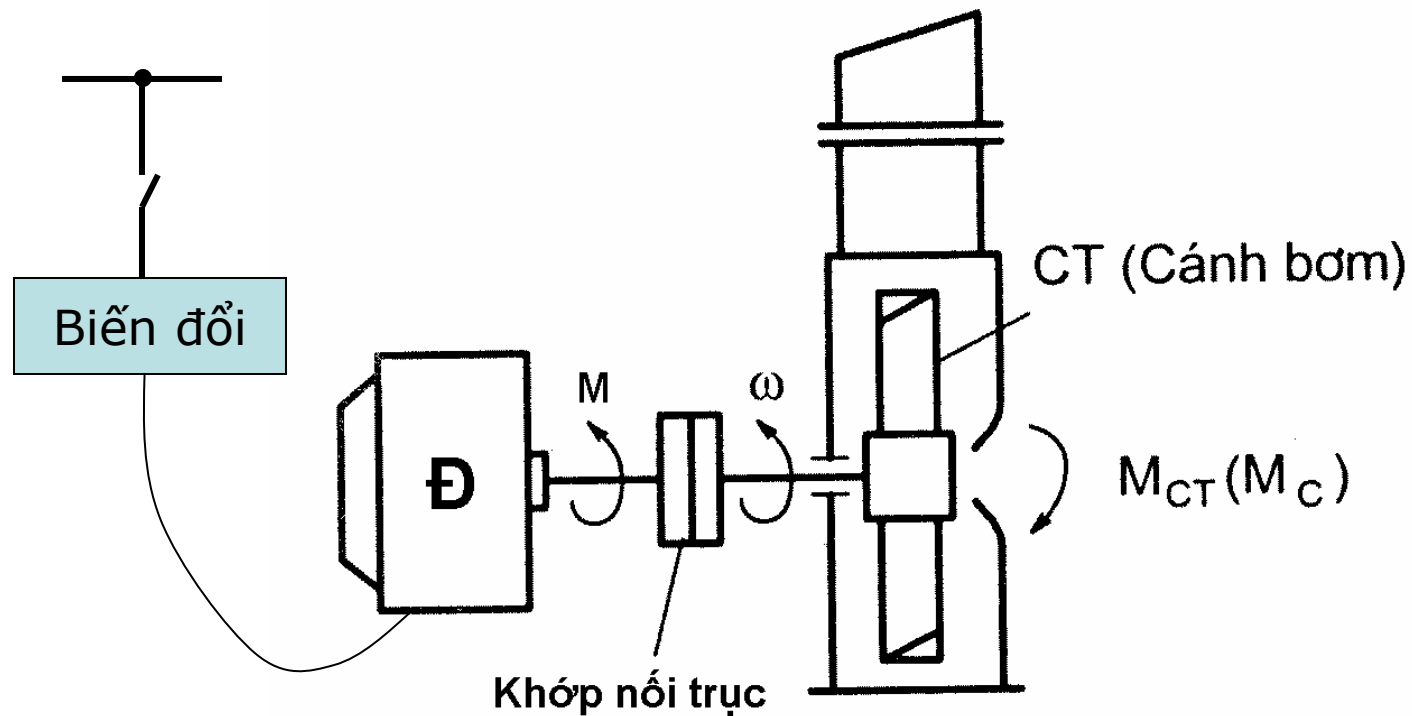
Hệ truyền động điện ...

## **1.1.2 Hệ truyền động của máy sản xuất**

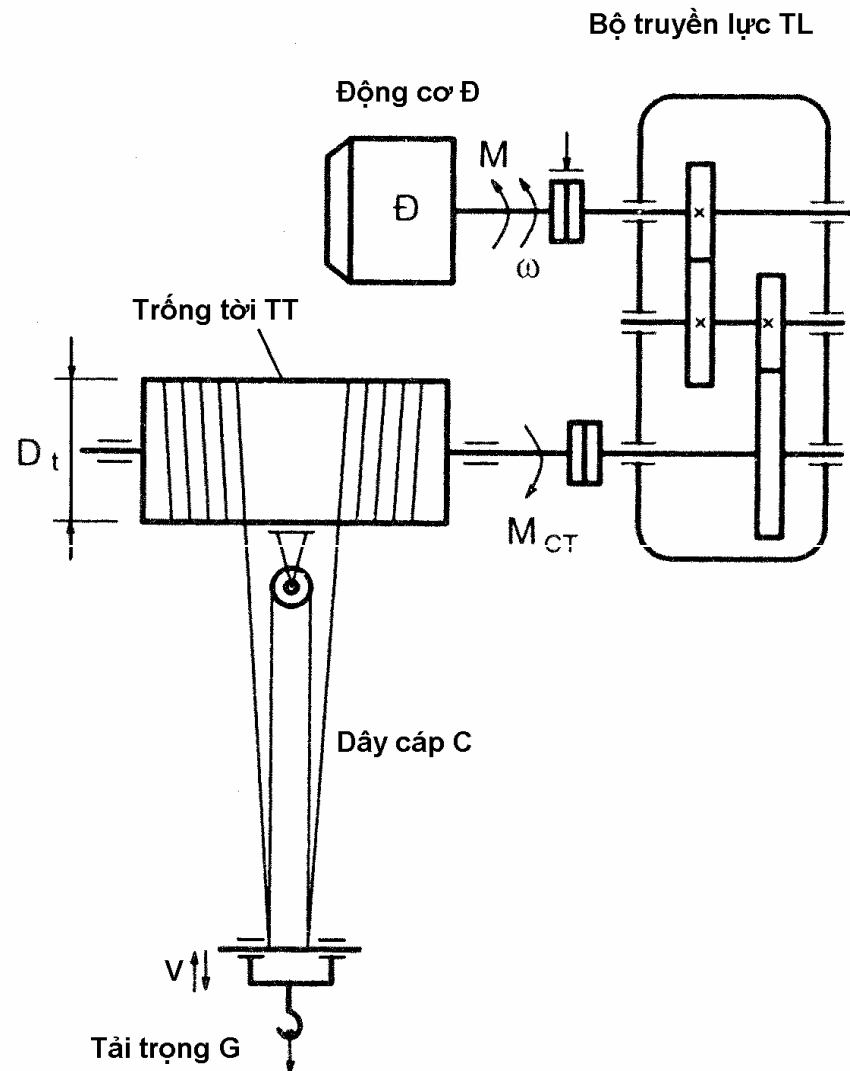
*Xét 3 ví dụ:*

- a) Truyền động của máy bơm nước**
- b) Truyền động cần trục**
- c) Truyền động mâm cặp máy tiện**

# a) Truyền động của máy bơm nước



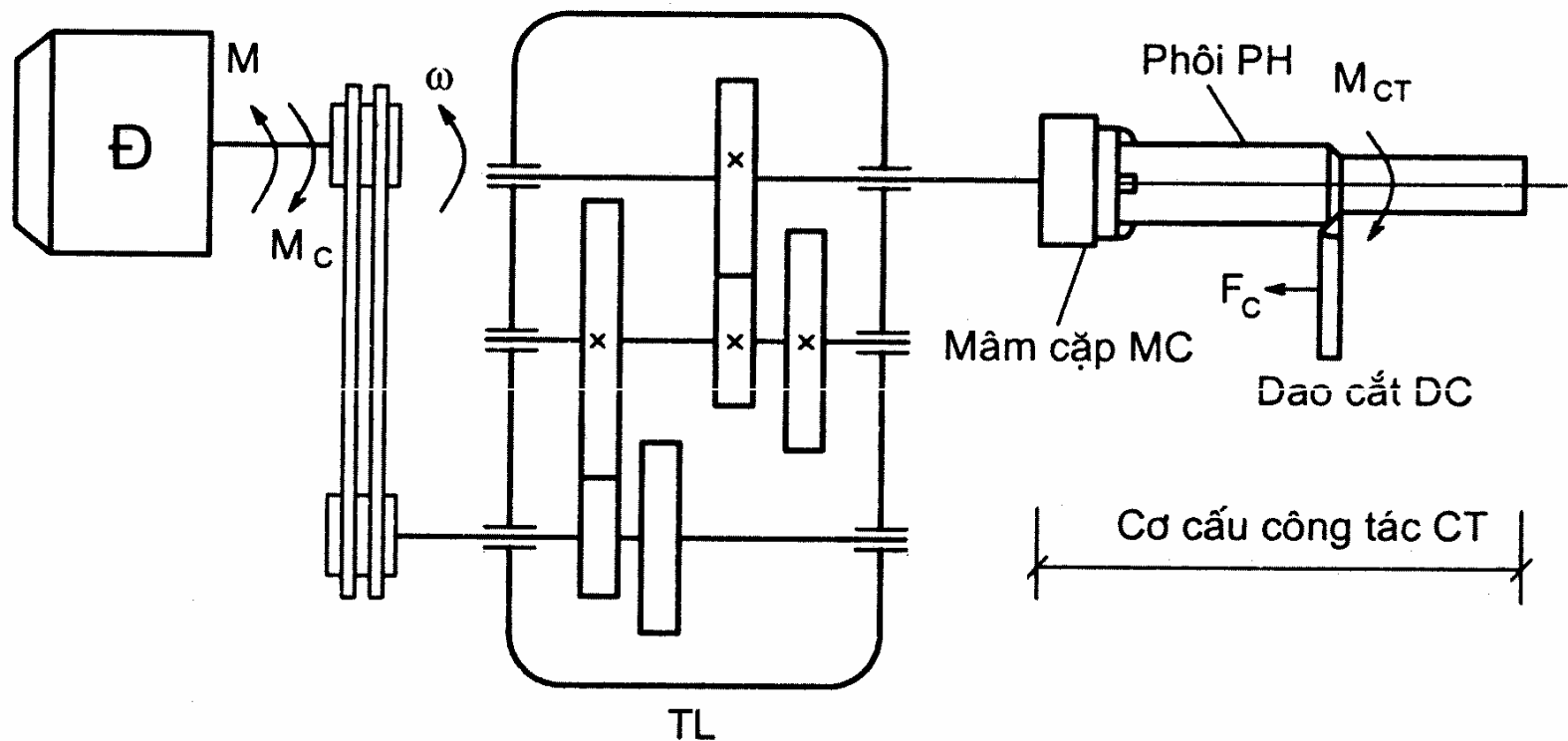
## b) Truyền động cần trục



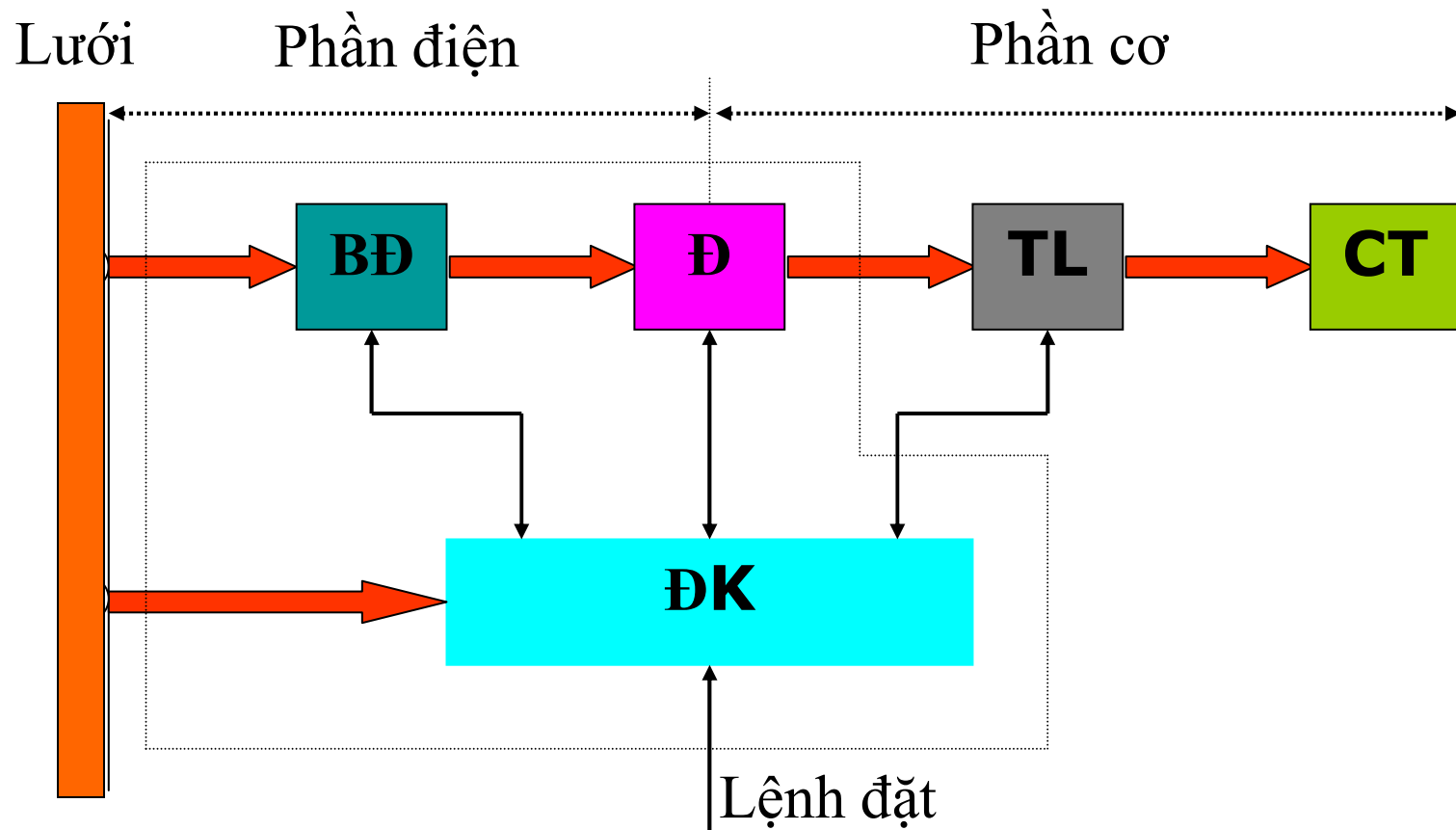
8/14/2007

[Về đầu chương](#)

## c) Truyền động mâm cặp máy tiện



## 1.1.3 Cấu trúc chung của hệ truyền động điện





## 1.1.4 Phân loại các hệ truyền động điện

- a) Theo đặc điểm động cơ
- b) Theo tính năng điều chỉnh
- c) Theo mức độ tự động hóa
- d) Một số cách phân loại khác

# 1.2 Phần cơ của hệ truyền động điện

1.2.1 Các đại lượng đặc trưng cho các phần tử cơ học

1.2.2 Sơ đồ tính toán phần cơ

1.2.3 Phân loại mômen cản

# 1.2.1 Các đại lượng đặc trưng cho các phần tử cơ học

Chuyển động thẳng			Chuyển động quay		
Đại lượng	Ký hiệu	Đơn vị	Đại lượng	Ký hiệu	Đơn vị
Lực	F, P, G	N, KG	Momen	M, M <sub>c</sub>	Nm
Vận tốc	v	m/s	Tốc độ	n	vòng/phút
				$\omega$	rad/s    s <sup>-1</sup>
Gia tốc	a	m/s <sup>2</sup>	Gia tốc góc	$\varepsilon$	rad/s <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
Trọng lượng	m	kg	Momen quán tính	J	kgm <sup>2</sup>

Qui đổi: 1KG=9,81N; 1 rad/s=9,55 vg/ph;

## 1.2.2 Sơ đồ tính toán phần cơ

a) Qui đổi mômen cản  $M_c$  về (tốc độ) trực  
động cơ

b) Qui đổi mômen quán tính về (tốc độ) trực  
động cơ J

## a) Qui đổi mômen cản về trục động cơ Mc

Nguyên tắc qui đổi:

Ta có:

$$P_{dc} = M_{i.qd} \cdot \omega = \frac{P_i}{\eta_i} = \frac{M_i \cdot \omega_i}{\eta_i}$$

## a) Qui đổi mômen cản về trục động cơ $M_c$

- Qui đổi mômen  $M_i$  :

$$M_{i.qd} = M_i \frac{1}{i.\eta}$$

- Tương tự, nếu phần tử  $i$  chuyển động thẳng với tốc độ  $V_i$  và có lực tác động là  $F_i$  thì:

$$P_{dc} = M_{i.qd}.\omega = \frac{P_i}{\eta_i} = \frac{F_i.V_i}{\eta_i} \quad \text{hay} \quad M_{i.qd} = F_i \frac{1}{\rho.\eta}$$

trong đó  $\rho = \omega/V_i$

8/14/2007

[Về đầu chương](#)

# Tổng quát, momen cản tổng quy đổi về trục động cơ

$$M_C = \sum_k M_k \frac{1}{i_k \cdot \eta_k} + \sum_1 F_1 \frac{1}{\rho_1 \cdot \eta_1}$$

## **b) Qui đổi mômen quán tính về trục động cơ J**

+ Động năng của phần tử quay thứ i:

$$W_d = J_{i.qd} \cdot \frac{\omega^2}{2} = J_i \cdot \frac{\omega_i^2}{2}$$



## b) Qui đổi mômen quán tính về trục động cơ J

- **Qui đổi mômen quán tính  $J_i$** - của phần tử thứ  $i$  làm việc với tốc độ  $\omega_i$  về tốc độ  $\omega$

$$J_{i.qd} = J_i \cdot \frac{1}{i^2}$$

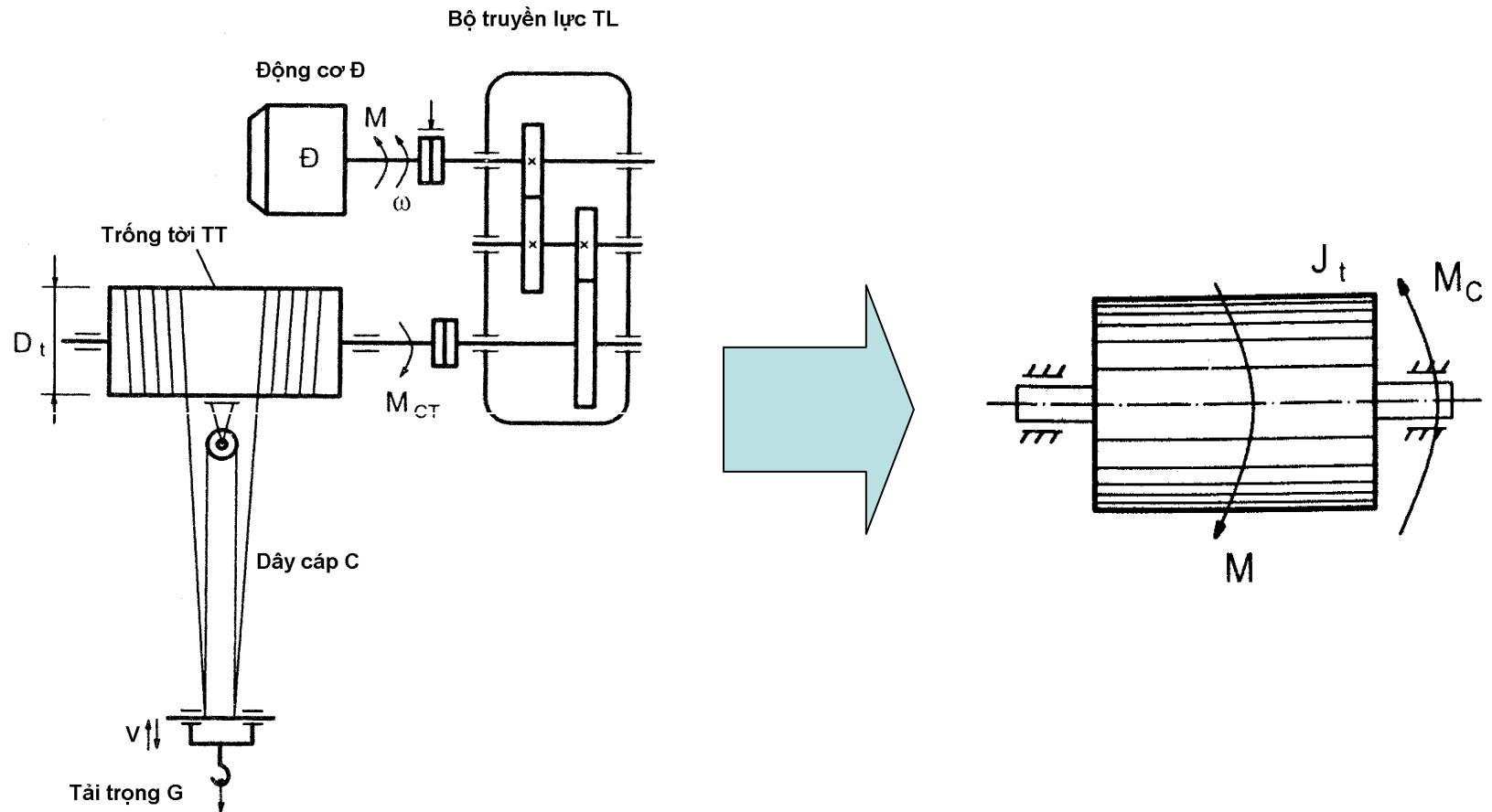
- Tương tự nếu vật chuyển động thẳng  $V_i$ ,  $m \Rightarrow \omega$

$$J_{i.qd} = m_i \cdot \frac{1}{\rho^2}$$

- Tổng mômen quán tính,  $k$  – số phần tử chuyển động

$$J_t = J_d + \sum_k J_{i.qd}$$

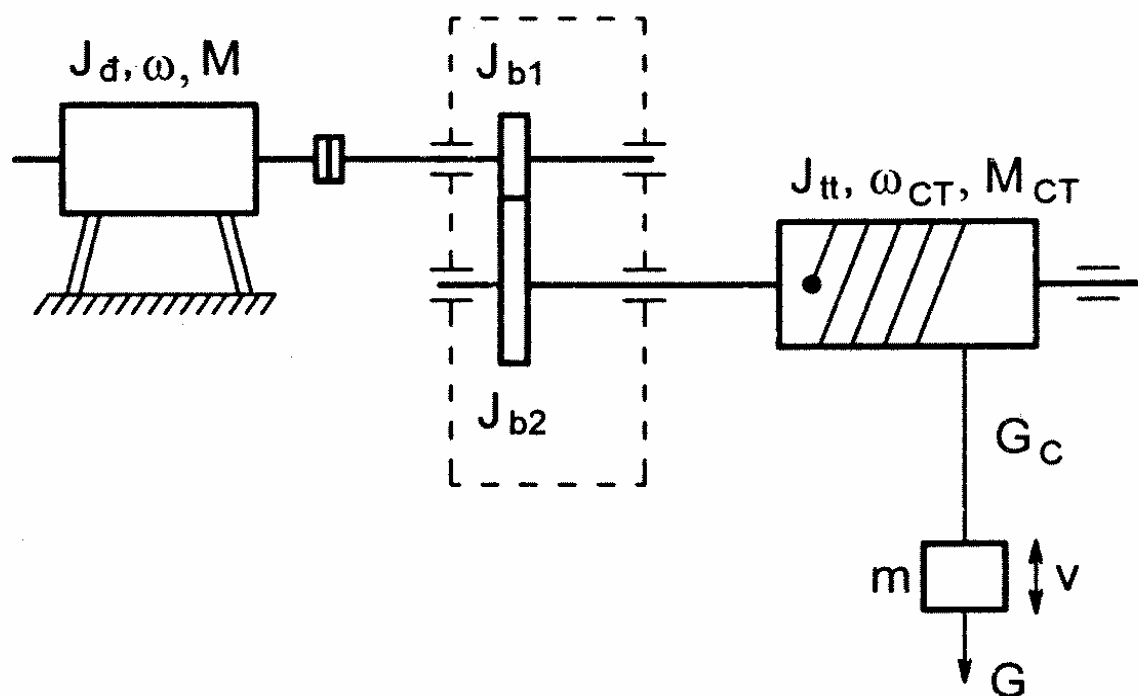
# Sơ đồ tính toán phần cơ đơn khối



8/14/2007

[Về đầu chương](#)

# Ví dụ 1 Lập sơ đồ tính toán đơn khối cho phần cơ của cần trục



Bỏ qua trọng lượng dây cáp, hãy qui đổi mômen cản  $M_c$  và mômen quán tính  $J_t$  trên trục động cơ.

# Giải

*\*) Qui đổi mômen cản:*

+ Qui đổi  $G \Rightarrow$  trọng tải  $M_{CT}$

$$M_{CT} = G \cdot \frac{D_t}{2} \cdot \frac{1}{\eta_t} \quad \text{với } G [N]; D_t [m]; \eta_t$$

+ Qui đổi  $M_{CT} \Rightarrow$  trục động cơ  $\omega$

$$M_C = M_{CT} \frac{1}{i \cdot \eta} \quad \begin{array}{l} \eta : \text{hiệu suất của hộp giảm tốc;} \\ i = \omega / \omega_{ct} \end{array}$$

Hoặc:

$$M_C = G \cdot \frac{1}{\rho \cdot \eta'} \quad \text{với } \rho = \omega / v; \eta' = \eta \cdot \eta_t$$

### *\*) Qui đổi mômen quán tính:*

- + Momen quán tính của rôto động cơ  $J_d$  và của bánh răng 1 ( $J_{b1}$ ) không phải quy đổi, vì chúng quay cùng tốc độ rôto  $\omega$ .
- + Momen quán tính bánh răng 2 ( $J_{b2}$ ) được quy đổi từ tốc độ  $\omega_{CT}$  về  $\omega$  như sau:

$$J_{b2.qd} = J_{b2} \cdot \frac{1}{i^2}$$

- + Tương tự, momen quán tính  $J_{tt}$  của trống tời được quy đổi thành:

$$J_{tt.qd} = J_{tt} \cdot \frac{1}{i^2}$$

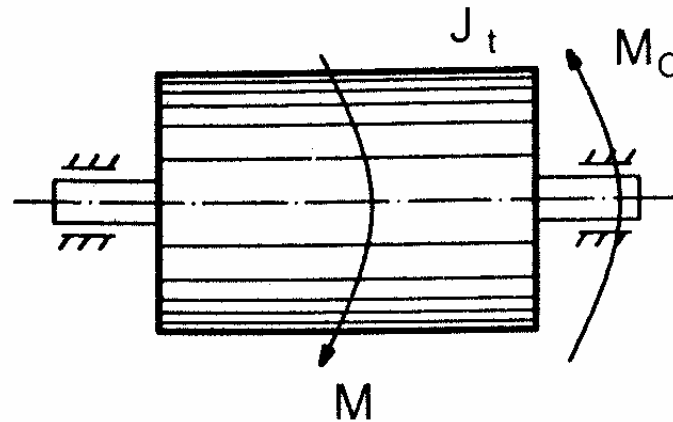
- + Momen quán tính quy đổi của tải trọng  $G$  có khối lượng  $m$  và vận tốc  $v$ :

$$J_{G.qd} = m \cdot \frac{1}{\rho^2}$$

# Mômen quán tính tổng của hệ

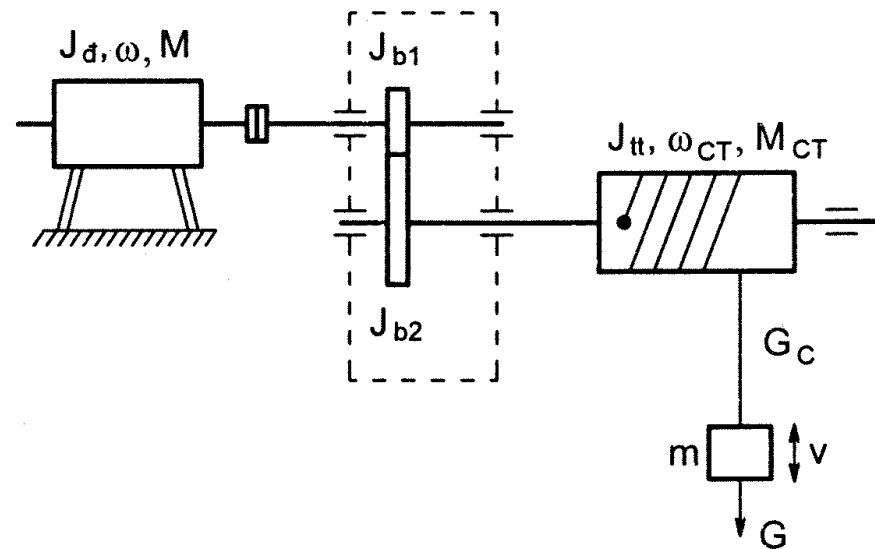
$$J_t = J_{\text{đ}} + J_{b1} + J_{b2.qd} + J_{tt.qd} + J_{G.qd}$$

*Kết quả ta thu được sơ đồ tính toán đơn khối*



# Bài tập 1:

Xác định mômen cản và mômen quán tính của tải trọng và dây cáp quy đổi về trục động cơ biết rằng cơ cấu nâng hạ có sơ đồ động học như trên hình bên, trong đó bộ truyền gồm 1 cặp bánh răng có tỷ số truyền  $i = 5$ , trọng lượng của vật nâng  $G = 10\text{kN}$ , trọng lượng dây cáp  $G_c = 10\%G$ ; tốc độ nâng  $v = 16,5\text{m/s}$ ; Hiệu suất cặp bánh răng  $\eta = 0,95$ ; Hiệu suất tổng tời  $\eta_t = 0,93$ ; Đường kính trống tời  $D_t = 0,6\text{m}$ .

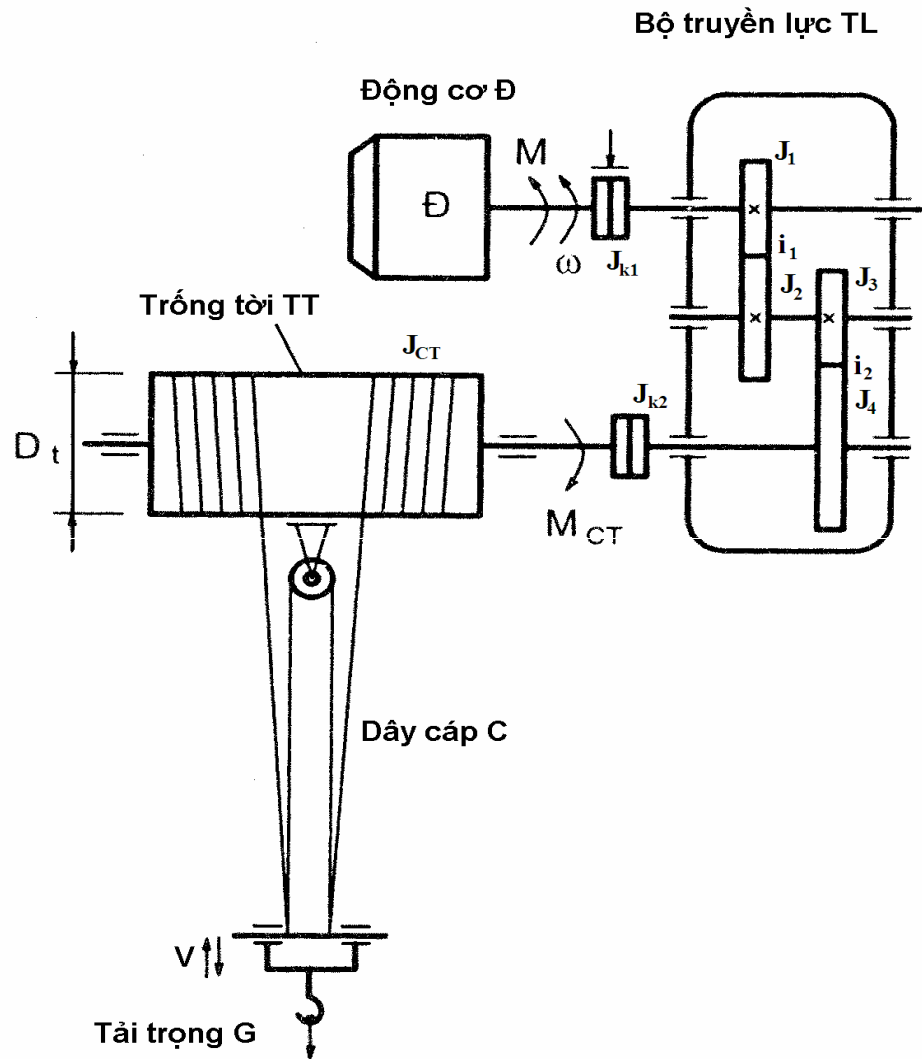


Đáp án

8/14/2007

Về đầu chương

# Bài tập 2

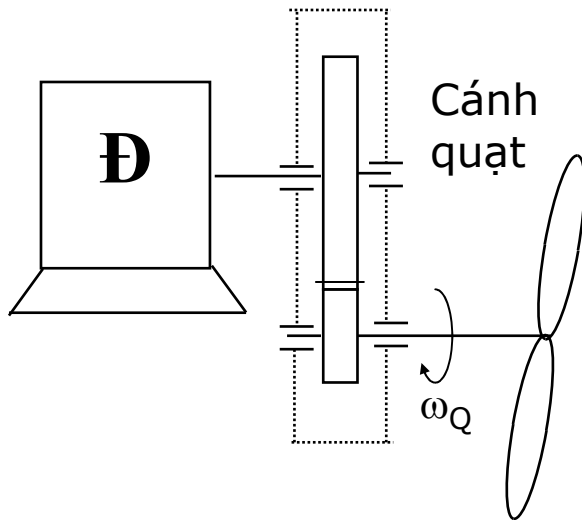


Cho hệ thống truyền động điện như hình vẽ bên. Tính mômen cản  $M_c$  và mômen quán tính  $J_t$  quy đổi về trục động cơ. Biết tỷ số truyền của 2 cặp bánh răng  $i_1 = i_2 = 5$ , trọng lượng vật nâng  $G = 22\text{kN}$ , trọng lượng cáp  $G_c = 10\%G$ , vận tốc nâng  $v = 20\text{m/s}$ . Hiệu suất mỗi cặp bánh răng  $\eta_1 = \eta_2 = 0,96$ ; hiệu suất trống tời  $\eta_{CT} = 0,93$ . Đường kính trống tời  $D_{CT} = 0,58\text{m}$ . Momen quán tính của roto, các khớp nối, các bánh răng, và trống tời lần lượt là  $0,102$ ;  $0,01$ ;  $0,01$ ;  $0,03$ ;  $0,06$ ;  $0,03$ ;  $0,07$ ;  $0,252\text{ kgm}^2$ ;

[Về đầu chương](#)



# Bài tập 3



Cho hệ thống truyền động điện như hình vẽ bên.  
Tính mômen cản  $M_c$  và mômen quán tính  $J_t$  quy đổi về trục động cơ khi động cơ quay ở tốc độ  $n = 955$  vòng/phút.

Biết tỷ số truyền của cặp bánh răng  $i = 0,4$ ; tải quạt có phương trình đặc tính cơ:

$$M_{cQ} = M_{co} + M_{dmQ} \left( \frac{n_Q}{n_{dmQ}} \right)^2$$

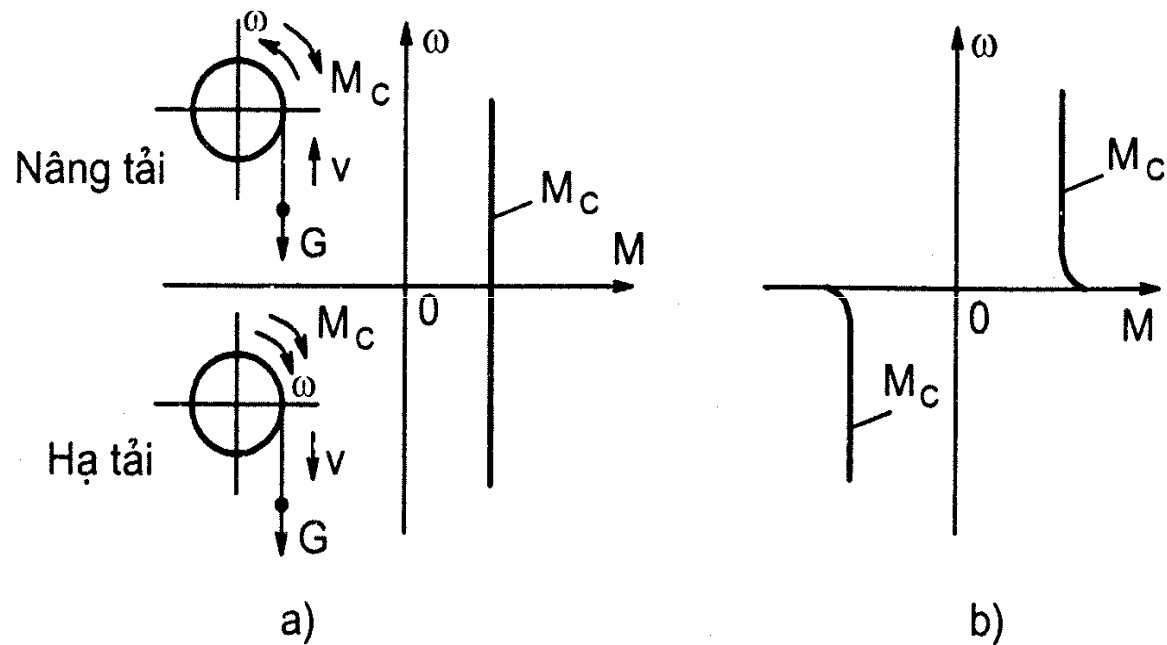
Với  $M_{co} = 0$ ;  $M_{dmQ} = 72 \text{ Nm}$ ;  $n_{dmQ} = 2000$  vòng/phút.

Hiệu suất của cặp bánh răng  $\eta = 0,96$ . Momen quán tính của roto, các bánh răng, cánh quạt lần lượt là 0,07; 0,05; 0,03; 0,02.

## 1.2.3 Phân loại mômen cản

- a) Phân loại mômen cản  $M_c$  theo chiều tác dụng
- b) Phân loại theo hàm số phụ thuộc giữa mômen cản và tốc độ- ĐTC của máy sản xuất
- c) Phân loại mômen cản theo thời gian tác dụng - Đồ thị phụ tải
- d) Phân loại khác

## a) Phân loại mômen cản $M_c$ theo chiều tác dụng



## *b) Phân loại theo hàm số phụ thuộc giữa mômen cản và tốc độ- ĐTC của máy sản xuất*

Quan hệ giữa  $M_c = f(\omega)$  được gọi là ĐTC của máy sản xuất.

- Momen cản loại máy tiện 
$$M_c = M_{co} + M_{dm} \cdot \frac{\omega_{dm}}{\omega} \approx \frac{M_{dm} \cdot \omega_{dm}}{\omega}$$

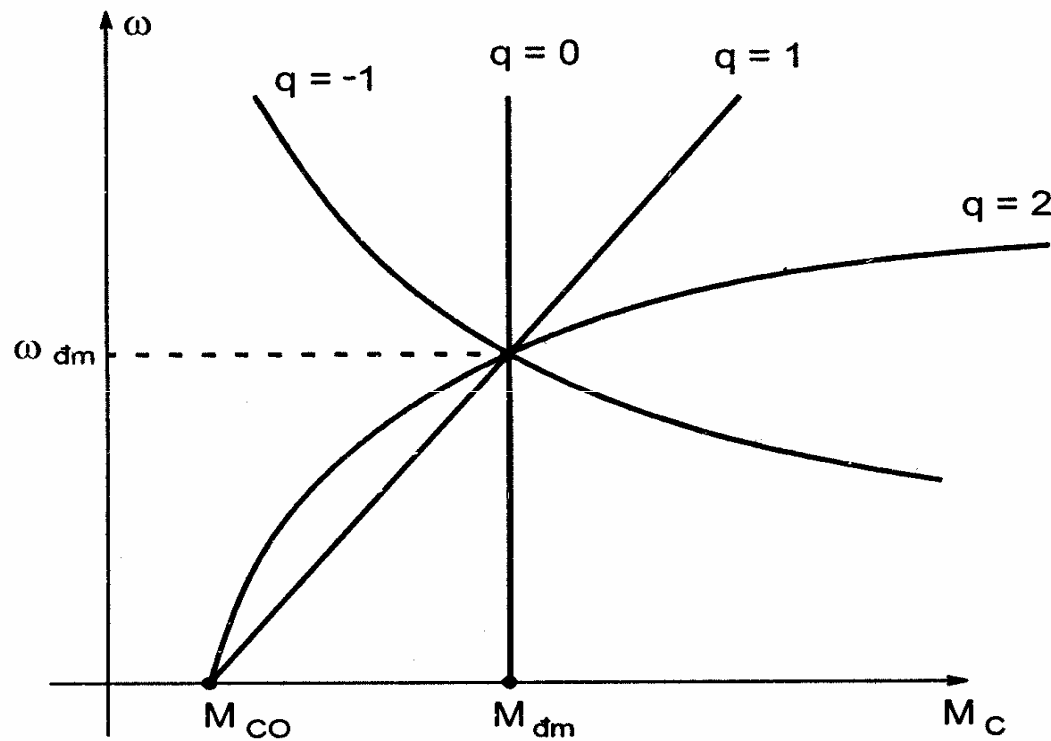
- Momen cản loại cần trục 
$$M_c = M_{dm} = \text{const}$$

- Momen cản loại ma sát nhớt 
$$M_c = M_{co} + M_{dm} \frac{\omega}{\omega_{dm}} \approx \frac{M_{dm}}{\omega_{dm}} \cdot \omega$$

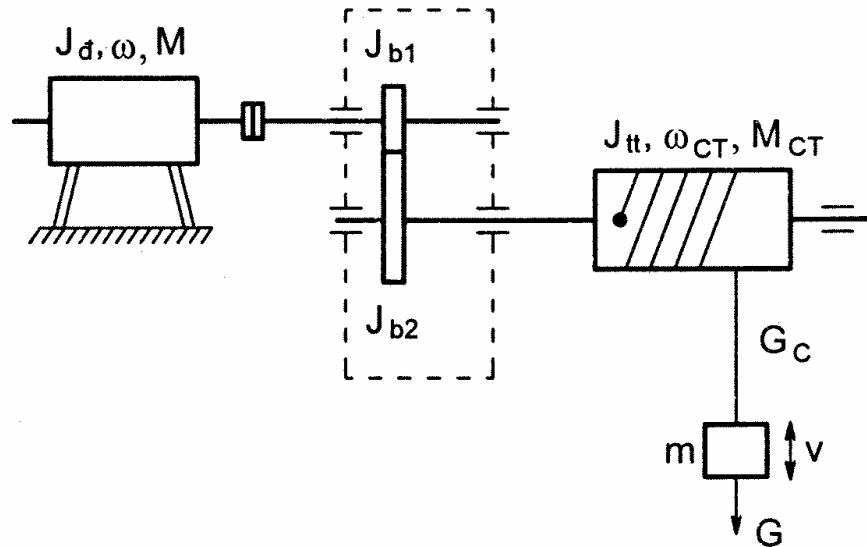
- Momen cản loại quạt gió 
$$M_c = M_{co} + M_{dm} \left( \frac{\omega}{\omega_{dm}} \right)^2 \approx M_{dm} \cdot \left( \frac{\omega}{\omega_{dm}} \right)^2$$

# Diễn tả tổng quát cả 4 loại tải bằng công thức chung

$$M_c = M_{co} + M_{dm} \cdot \left( \frac{\omega}{\omega_{dm}} \right)^q \quad q = -1, 0, 1, 2.$$

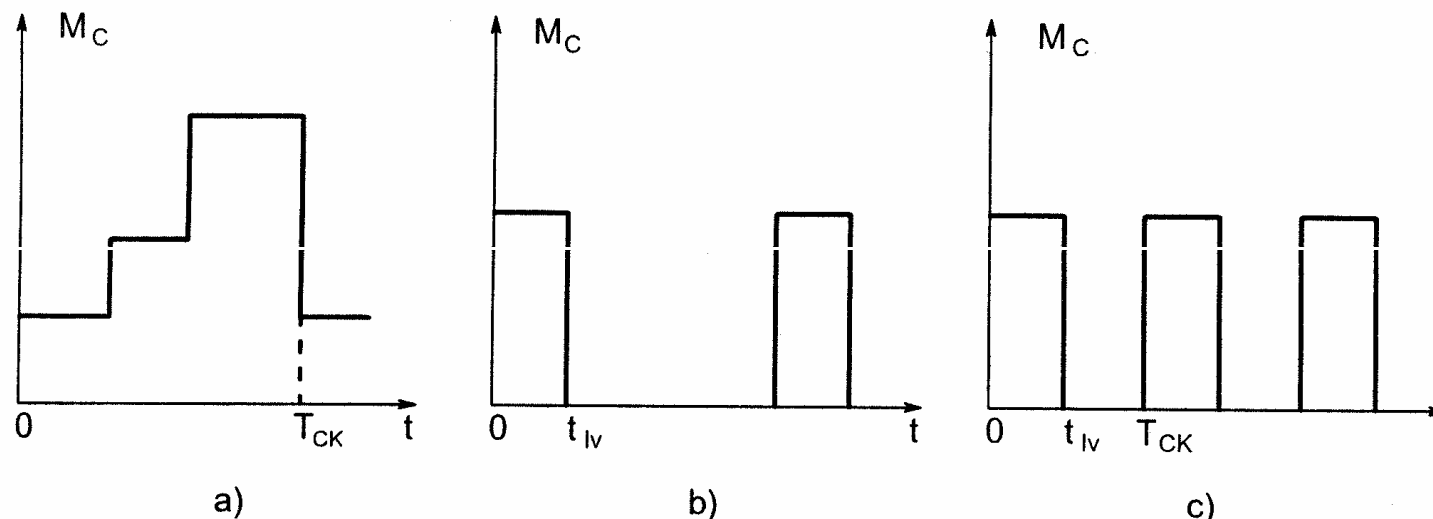


# Câu hỏi



- Giả sử động cơ quay với tốc độ không đổi. Momen cản trên trục động cơ  $M_c$  có thay đổi theo thời gian không?
- Động cơ đang kéo loại tải gì?  $q=?$

### c) Phân loại mômen cản theo thời gian tác dụng - Đồ thị phụ tải



+ Một động cơ điện chạy liên tục trong 1 năm rồi nghỉ 1 tháng sau đó chạy tiếp. Động cơ làm việc ở chế độ nào?

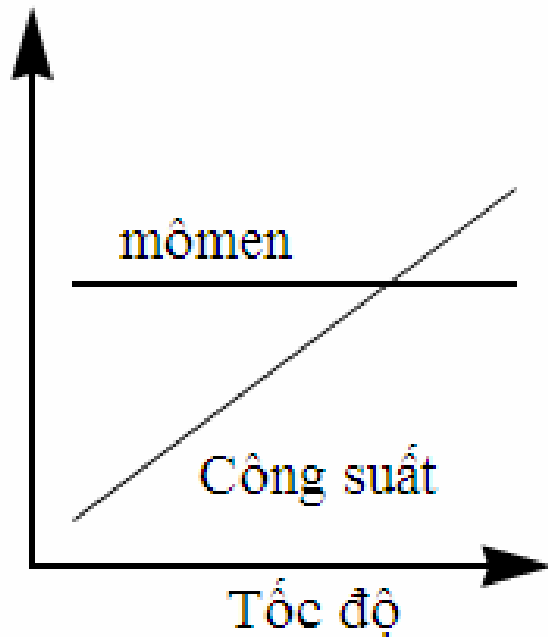
+ Động cơ một chiều được cấp điện theo chu kỳ như sau: Đóng điện trong 1ms, rồi cắt điện trong 3ms. Hỏi động cơ làm việc ở chế độ nào?

## d) Cách phân loại khác<sup>(\*)</sup>

- Tải mômen không đổi, tốc độ thay đổi
- Tải mômen thay đổi, tốc độ thay đổi
- Tải công suất không đổi
- Tải công suất không đổi, mômen không đổi
- Tải mômen khởi động lớn theo sau mômen không đổi

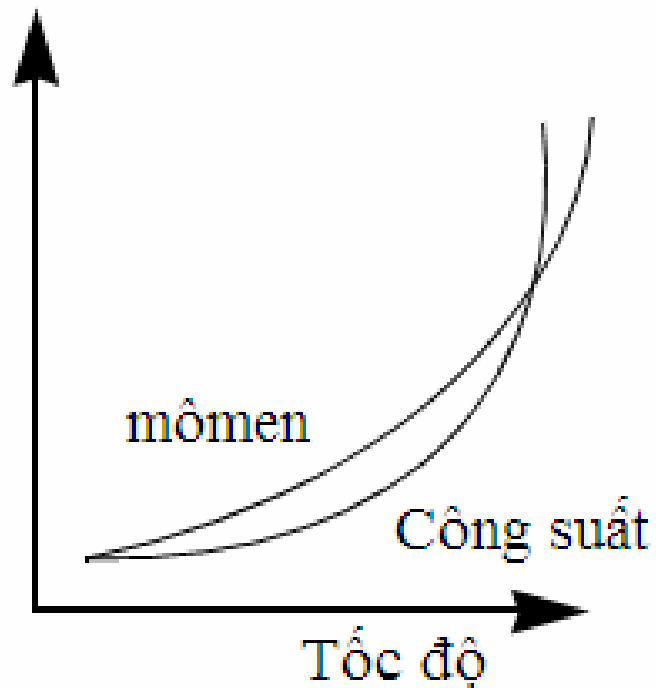


## ■ Tải mômen không đổi, tốc độ thay đổi



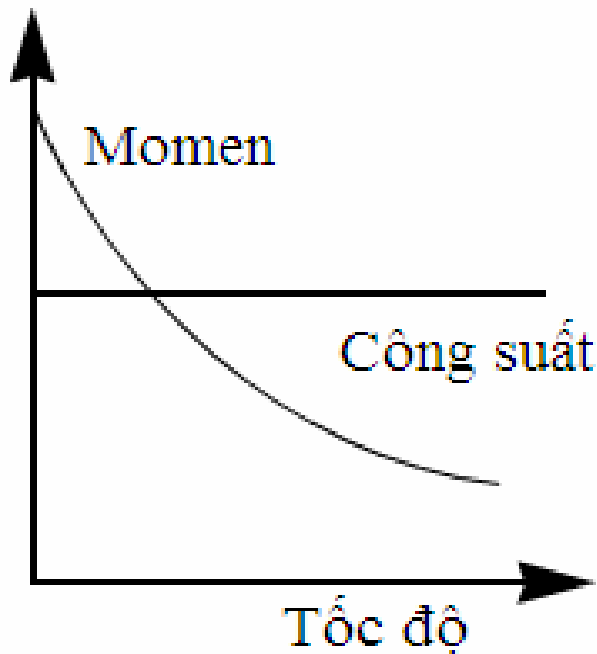
- mômen không đổi bất chấp tốc độ thay đổi.
- Tải cầu trục, thang máy, vận thăng, các máy nâng hạ, băng tải và máy cấp liệu,...

## ■ Tải mômen thay đổi, tốc độ thay đổi



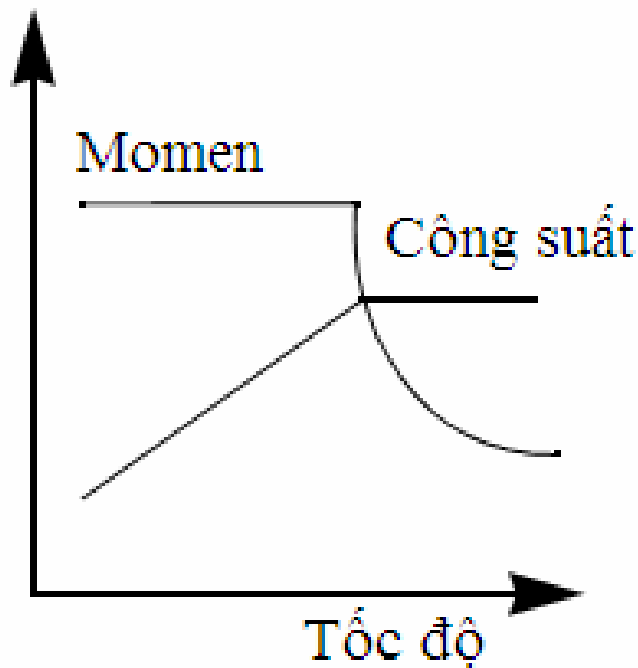
- Momen tỷ lệ bình phương lần tốc độ, công suất tỷ lệ bậc ba với tốc độ.
- Tải quạt, bơm,...

# ■ Tải công suất không đổi



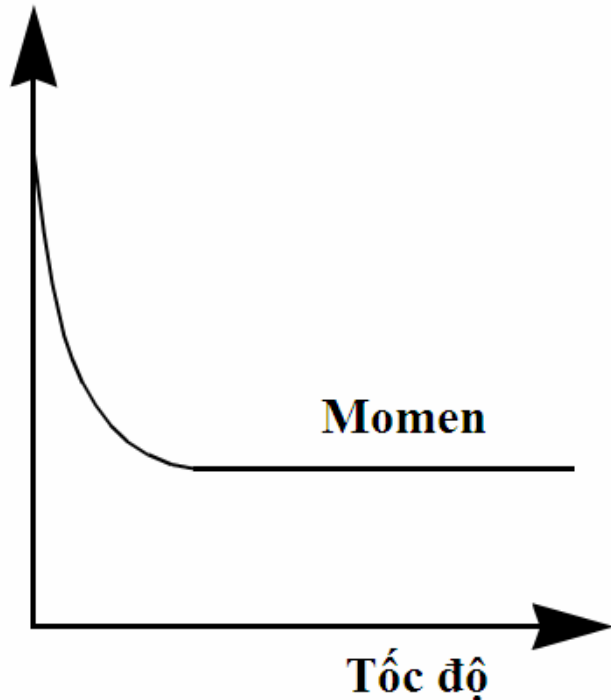
- Momen tỷ lệ nghịch với tốc độ và công suất giữ không đổi khi mômen và tốc độ thay đổi.
- Loại tải thường gặp trong ngành giao thông vận tải, loại tải có yêu cầu mômen lớn ở tốc độ thấp đặc biệt lúc khởi động để gia tốc; sau đó giảm dần khi đã khởi động xong.

## ■ Tải công suất không đổi, mômen không đổi



- Đây là loại tải rất hay gặp trong ngành công nghiệp sản xuất giấy.
- Khi tốc độ nhỏ hơn một mức xác định thì mômen giữ không đổi, khi tốc độ vượt quá một ngưỡng xác định thì mômen giảm tỷ lệ nghịch với tốc độ để đảm bảo công suất không đổi.

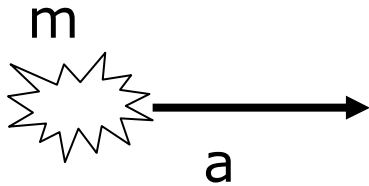
## ■ Tải mômen khởi động lớn theo sau mômen không đổi



- Đây là loại tải có đặc tính cơ mômen có giá trị rất lớn khi tốc độ thấp, khi tốc độ vượt quá một ngưỡng xác định thì mômen giữ không đổi.
- Đây là đặc tính tải của các loại máy đúc ép, máy đùn chất dẻo,...

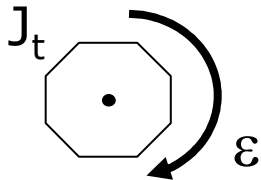
### 1.3 Phương trình chuyển động của hệ truyền động

- Vật chuyển động thẳng



$$\sum F_i = m.a$$

- Vật chuyển động quay



$$\sum M_i = J_t . \varepsilon$$

- Với hệ truyền động điện

$$\sum M_i = M - M_c = M_{dg}$$

- Gia tốc của hệ

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$$

# 1.3 Phương trình chuyển động của hệ truyền động

⇒ Ta thu được

$$M - M_c = J_t \cdot \frac{d\omega}{dt}$$

$J_t$  - mômen quán tính của cả hệ thống

*"phương trình chuyển động của hệ truyền động điện"*

*"phương trình động lực học của hệ thống truyền động điện"*

## - Qui ước dấu:

- + Chọn một chiều quay của roto động cơ làm chuẩn dương ( $\omega > 0$ )
- + Mômen động cơ sinh ra  $M > 0$  khi  $M$  cùng chiều với  $\omega$ .
- + Mômen cản  $M_c > 0$  khi  $M_c$  ngược chiều với  $\omega$ .
- + Công suất điện  $P_d > 0$  khi điện năng truyền từ lưới vào động cơ.
- + Công suất cơ  $P_{cơ} > 0$  khi cơ năng truyền từ động cơ đến máy sản xuất.

## - Câu hỏi:

- + Khi nào động cơ tăng tốc, giảm tốc, và quay ổn định (quan hệ giữa mômen động cơ sinh ra và mômen tải phải như thế nào)?

# **1.4 ĐTC và các trạng thái làm việc của hệ truyền động điện**

1.4.1 ĐTC của máy sản xuất

1.4.2 ĐTC của động cơ điện

1.4.3 Độ cứng của ĐTC

1.4.4 Các trạng thái làm việc của động cơ

1.4.5 Khái niệm về độ ổn định tĩnh hệ truyền động điện



*Đặc tính cơ: ĐTC là quan hệ giữa hai đại lượng cơ học mômen (cản hoặc động cơ sinh ra) và tốc độ quay roto động cơ*

### **1.4.1 ĐTC của máy sản xuất**

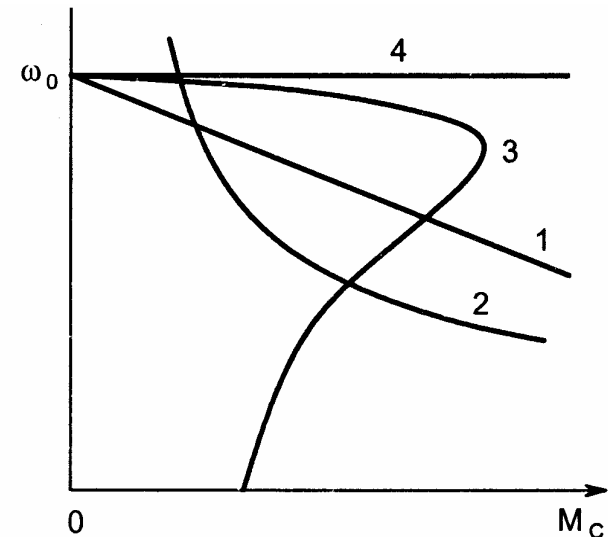
$$M_c = f(\omega)$$

- Độ cứng đặc tính cơ  $\beta_c = dM_c/d\omega$

### **1.4.2 ĐTC của động cơ điện**

$$M = f(\omega)$$

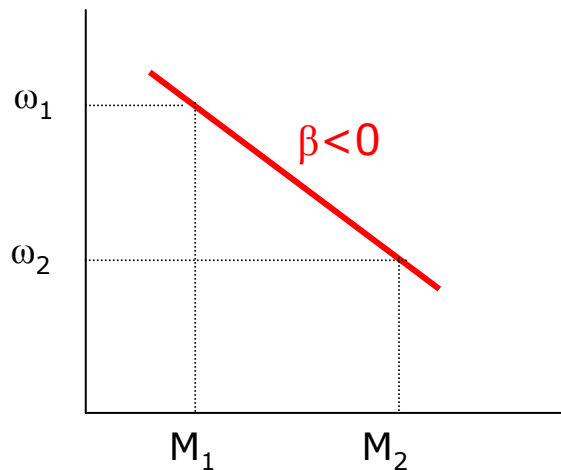
- ĐTC tự nhiên?
- ĐTC nhân tạo?



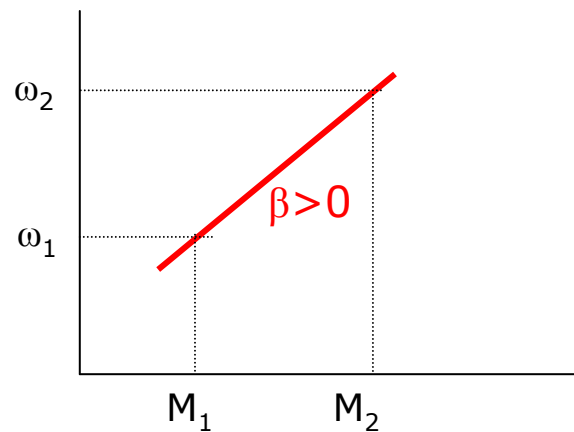
# 1.4.3 Độ cứng của ĐTC

$$\beta = \frac{dM}{d\omega} \approx \frac{\Delta M}{\Delta \omega} \quad \text{hay} \quad \beta^* = \frac{dM^*}{d\omega^*}$$

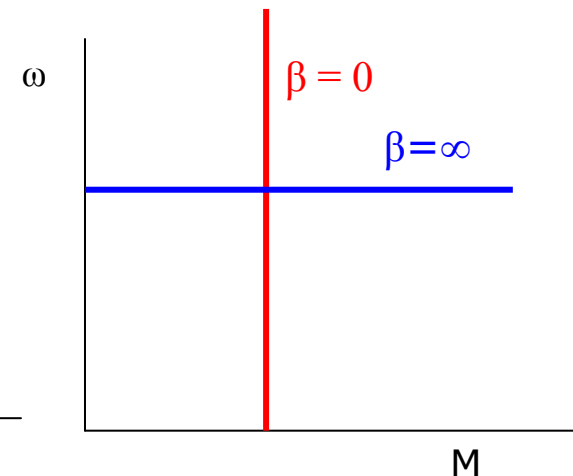
trong đó  $M^* = M/M_{đm}$ ;  $\omega^* = \omega/\omega_{đm}$ ; hoặc  $\omega^* = \omega/\omega_0$



$$\beta \approx \frac{M_2 - M_1}{\omega_2 - \omega_1} < 0$$



$$\beta \approx \frac{M_2 - M_1}{\omega_2 - \omega_1} > 0$$

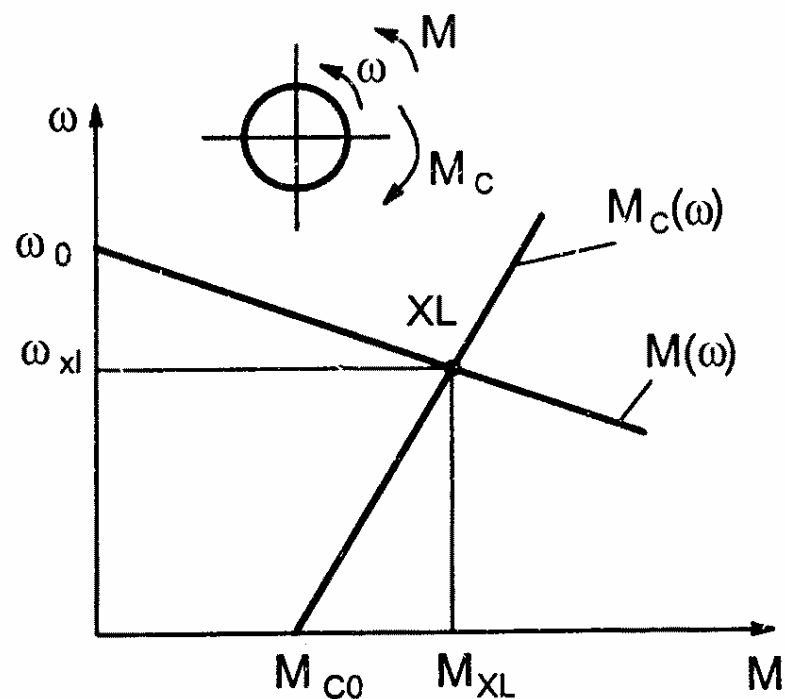


Do hầu hết các ĐTC của động cơ điện có  $\beta < 0$ , nên để so sánh độ cứng giữa các ĐTC ta qui ước dùng trị tuyệt đối của  $\beta$  thay cho  $\beta$ :

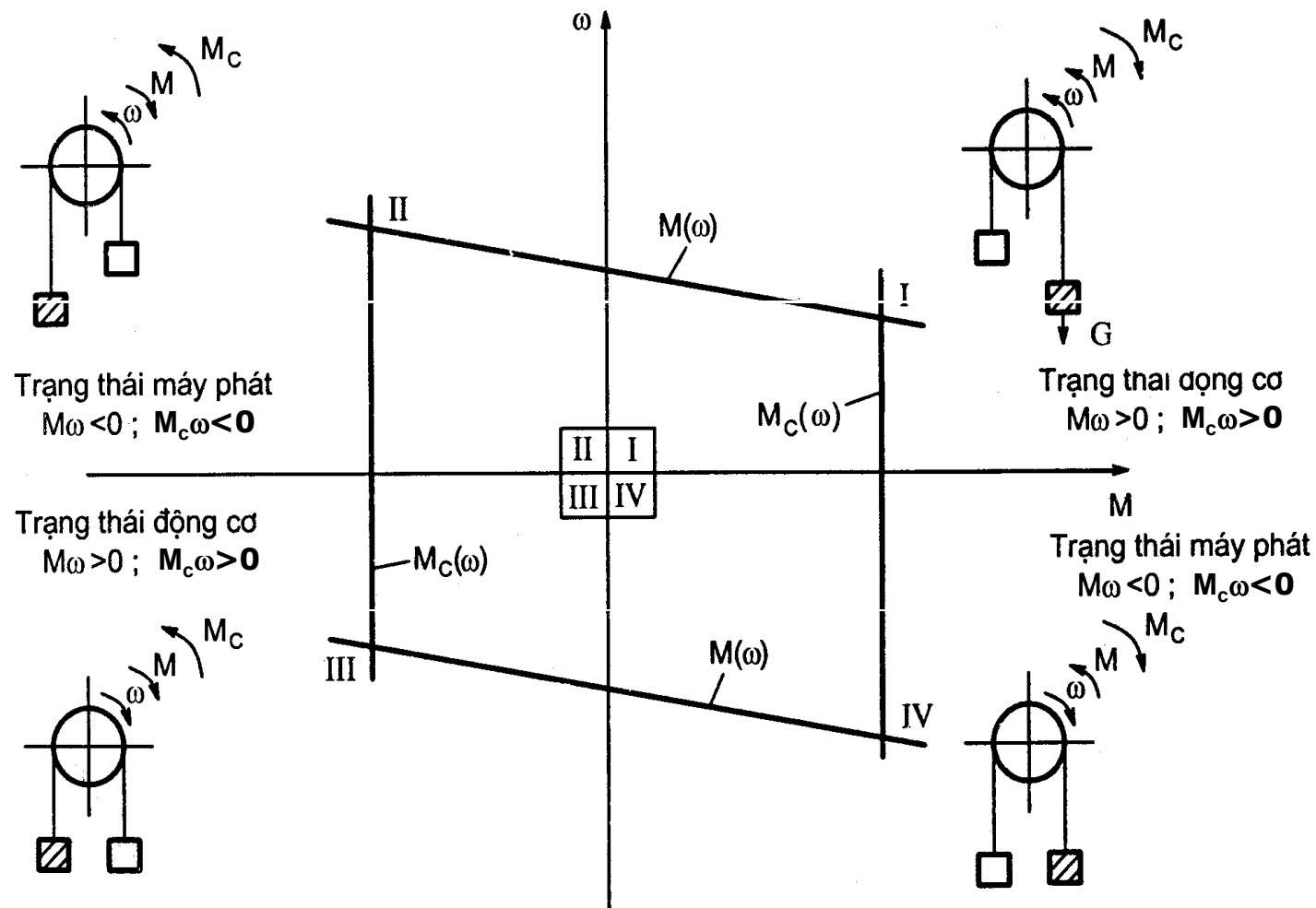
$$\beta = \left| \frac{dM}{d\omega} \right| \quad \& \quad \beta^* = \left| \frac{dM^*}{d\omega^*} \right|$$

## 1.4.4 Các trạng thái làm việc của động cơ

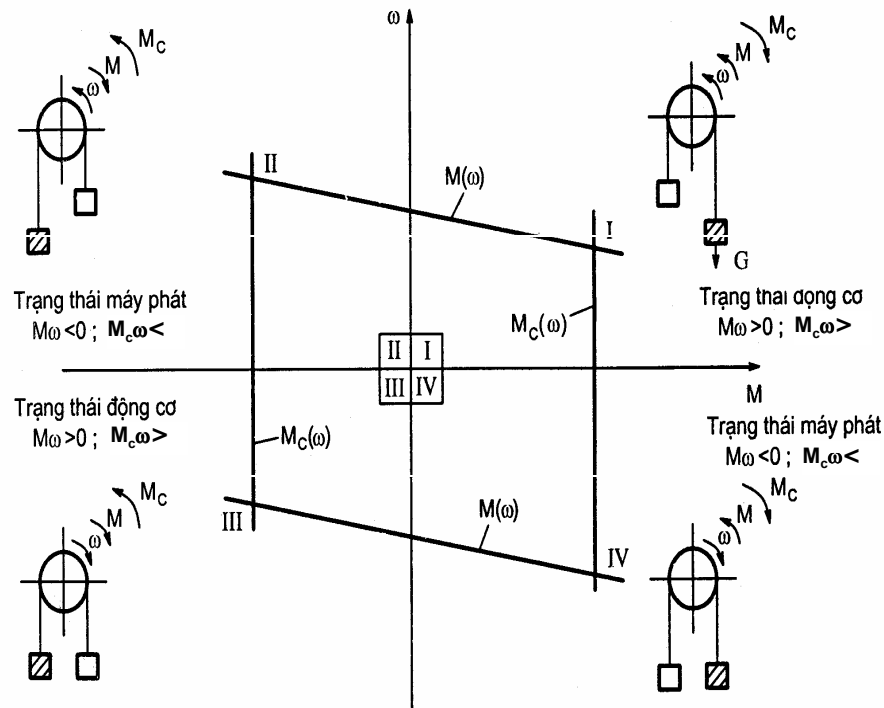
- Điểm làm việc xác lập là giao của 2 đường ĐTC: ĐTC của tải và ĐTC của động cơ



## 1.4.4 Các trạng thái làm việc của động cơ



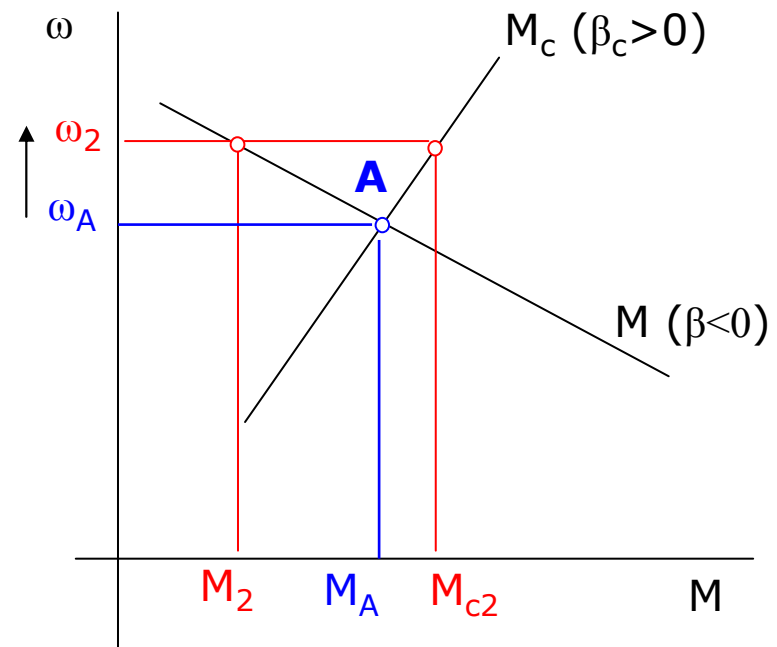
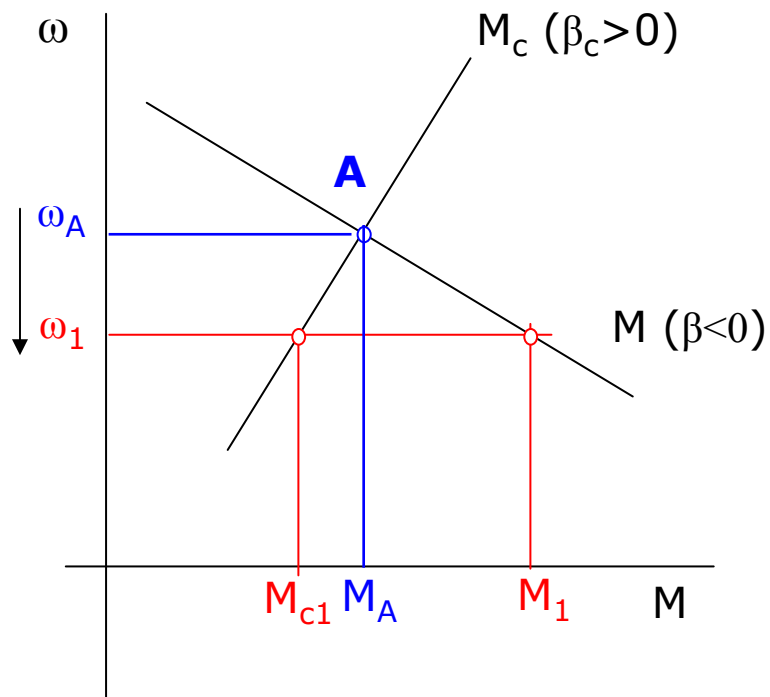
## 1.4.4 Các trạng thái làm việc của động cơ



- Miền làm việc của động cơ bị giới hạn bởi những yếu tố nào? (Động cơ có thể làm việc được-an toàn-trong toàn bộ mặt phẳng  $[M, \omega]$ )?

# 1.4.5 Khái niệm về độ ổn định tĩnh

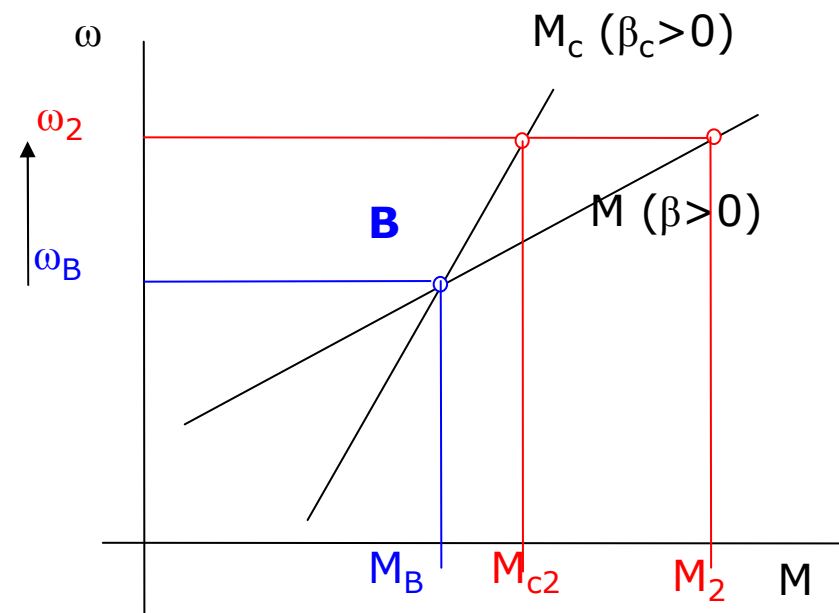
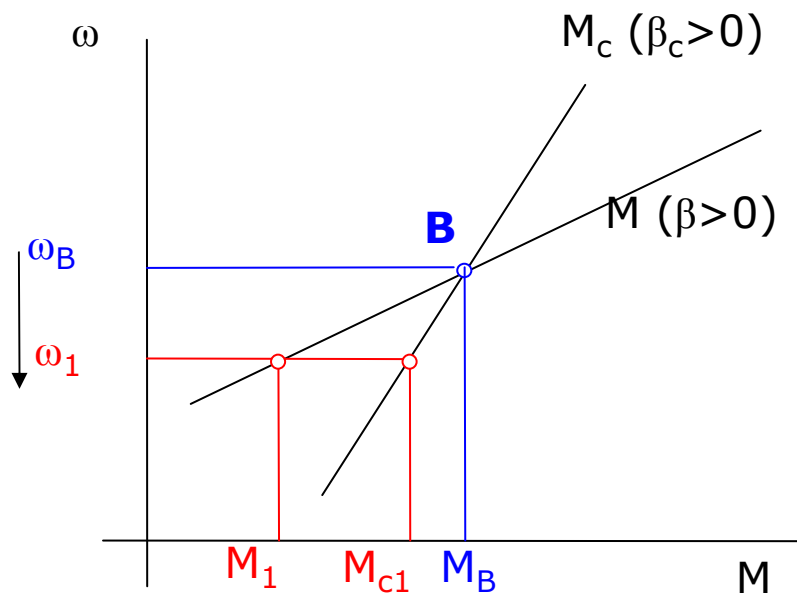
Xét điểm A:



$\Rightarrow$  Điểm A là ổn định ( $\beta < \beta_c$ )

# 1.4.5 Khái niệm về độ ổn định tĩnh

Xét điểm B:



$\Rightarrow$  Điểm B là không ổn định ( $\beta > \beta_c$ )

Điều kiện ổn định:

$$\beta < \beta_c$$

# Bài tập

- Tìm các điểm làm việc ổn định trong số các điểm làm việc xác lập- các điểm cắt hình bên.

