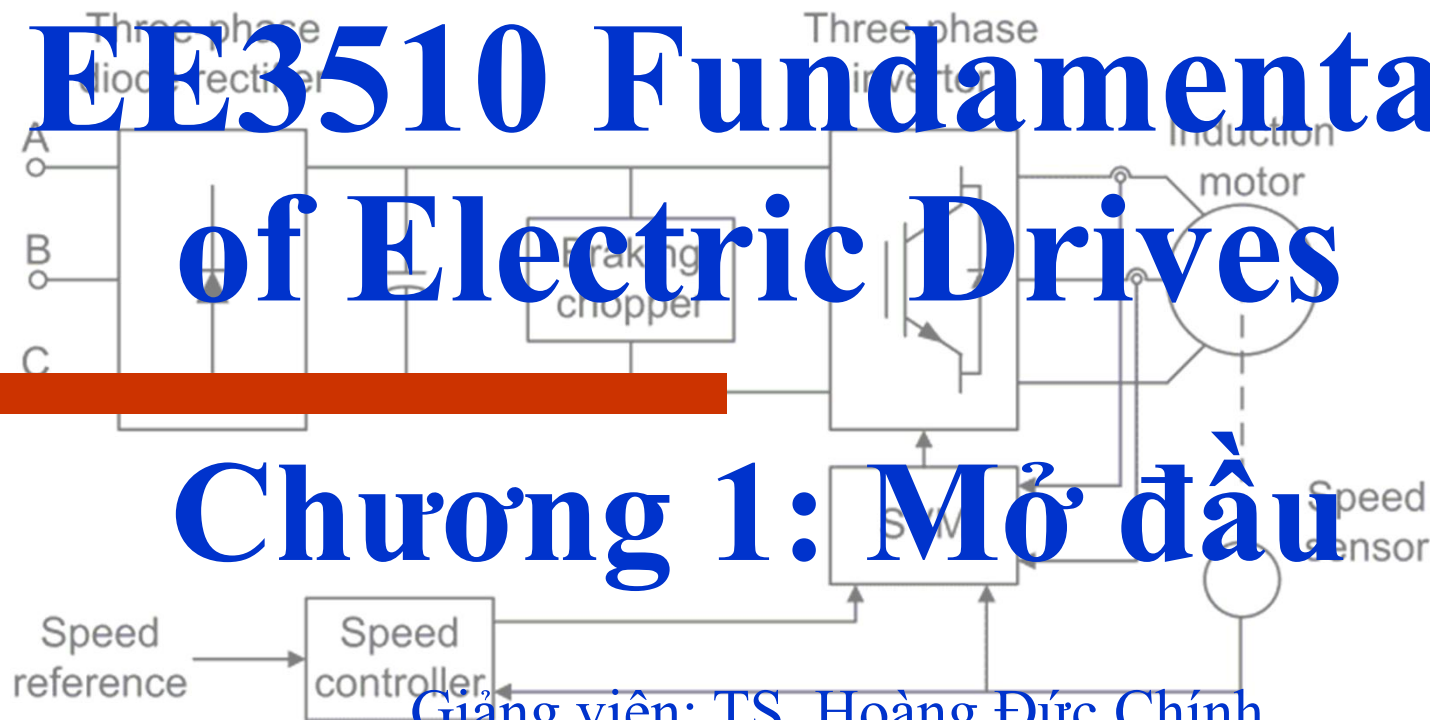


EE3510 Fundamental of Electric Drives

Chương 1: Mở đầu



Giảng viên: TS. Hoàng Đức Chính

Nhóm Truyền động điện

Bộ môn Tự động hóa Công nghiệp – Viện Điện

Email: chinh.hoangduc@hust.edu.vn

Nội dung chương 1

- 1.0 Giới thiệu môn học
- 1.1 Định nghĩa và phân loại các hệ truyền động điện
- 1.2 Đặc tính cơ của các động cơ điện thông dụng
- 1.3 Đặc tính cơ của các phụ tải
- 1.4 Phương trình động lực học
- 1.5 Quy đổi các đại lượng và tham số cơ học
- 1.6 Các chế độ làm việc và điều kiện ổn định tĩnh của hệ truyền động điện

1.0 Giới thiệu môn học

- Mục đích:
 - Cung cấp những kiến thức cơ bản về hệ truyền động điện công nghiệp
 - Giúp người học có khả năng phân tích đánh giá và sử dụng các hệ truyền động điện cơ bản nhất
- Hình thức:
 - Nghe giảng
 - Tự học
 - Bài tập
 - Thí nghiệm
- Đánh giá
 - Thi giữa kỳ (viết/mini project/quiz): 40%
 - Thi cuối kỳ (viết): 60%

1.0 Giới thiệu môn học

- Tài liệu tham khảo:

Bài giảng

[1] Bùi Quốc Khánh, Nguyễn Văn Liễn, “Cơ sở Truyền động điện”

- Tài liệu tiếng Anh:

[2] B. K. Bose, “Modern Power Electronics and AC Drives”

[3] Gobal K. Dubey, “Fundamentals of Electrical Drives”

[4] Ion Boldea & Syed Abu Nasar, “Electric Drives”

[5] Vedam Subrahmanyam, “Electric Drives. Concepts and Applications”

[6] Ned Mohan, “Electric Machines and Drives, a first course”

[7] Austin Hughes, “Electric Motors and Drives: Fundamentals, Types and Applications”

[8] Ned Mohan, “Power Electronics”

[9] P.C. Sen, “Principles of Electric Machines and Power Electronics”, 3rd Edition

[10] Jrg-andreas Dittrich and Nguyen Phung Quang, “Vector Control of Three-Phase AC Machines”

1.0 Giới thiệu môn học – Nội dung chính



Chương 1. Những vấn đề chung và khái niệm

Chương 2. Truyền động điện một chiều

Chương 3. Truyền động điện xoay chiều không đồng bộ

Chương 4. Truyền động điện xoay chiều đồng bộ

Chương 5. Các loại động cơ khác BLDC

Chương 6. Tính chọn mạch lực của truyền động điện

1.0 Giới thiệu môn học – Nội dung chính



Chương 1. Những vấn đề chung và khái niệm

- Cấu trúc, phân loại các hệ truyền động điện
- Đặc tính cơ của các phụ tải,
- Các chế độ làm việc của động cơ, quy đổi các đại lượng về trục động cơ

Chương 2. Truyền động điện một chiều

- Cấu tạo, nguyên lý hoạt động
- Sơ đồ tương đương, phương trình
- Đặc tính cơ và các thông số ảnh hưởng
- Mở máy, khởi động động cơ
- Hãm các chế độ hãm
- Các phương pháp điều khiển tốc độ
- Tự động điều khiển động cơ điện 1 chiều

Chương 3. Truyền động điện xoay chiều không đồng bộ (3 pha)

- Cấu tạo, nguyên lý hoạt động
- Sơ đồ tương đương, phương trình
- Đặc tính cơ và các thông số ảnh hưởng
- Mở máy, khởi động động cơ rotor dây quấn công suất lớn
- Hãm các chế độ hãm
- Bộ điều áp xoay chiều
- Điều khiển động cơ bằng biến tần
- Phương pháp điều khiển vector
- Điều khiển trực tiếp moment

1.0 Giới thiệu môn học – Nội dung chính



Chương 4. Truyền động điện xoay chiều đồng bộ

- Phân loại, Nguyên lý sinh mô men và đặc tính cơ của động cơ đồng bộ (ĐC ĐB)
- Điều chỉnh vec tơ ĐC ĐB kích từ bằng nam châm vĩnh cửu
 - Nam châm bề mặt
 - Nam châm chìm
- Điều khiển động cơ ở vùng tốc độ cao
- Điều khiển động cơ tối ưu tỉ số moment TĐĐ

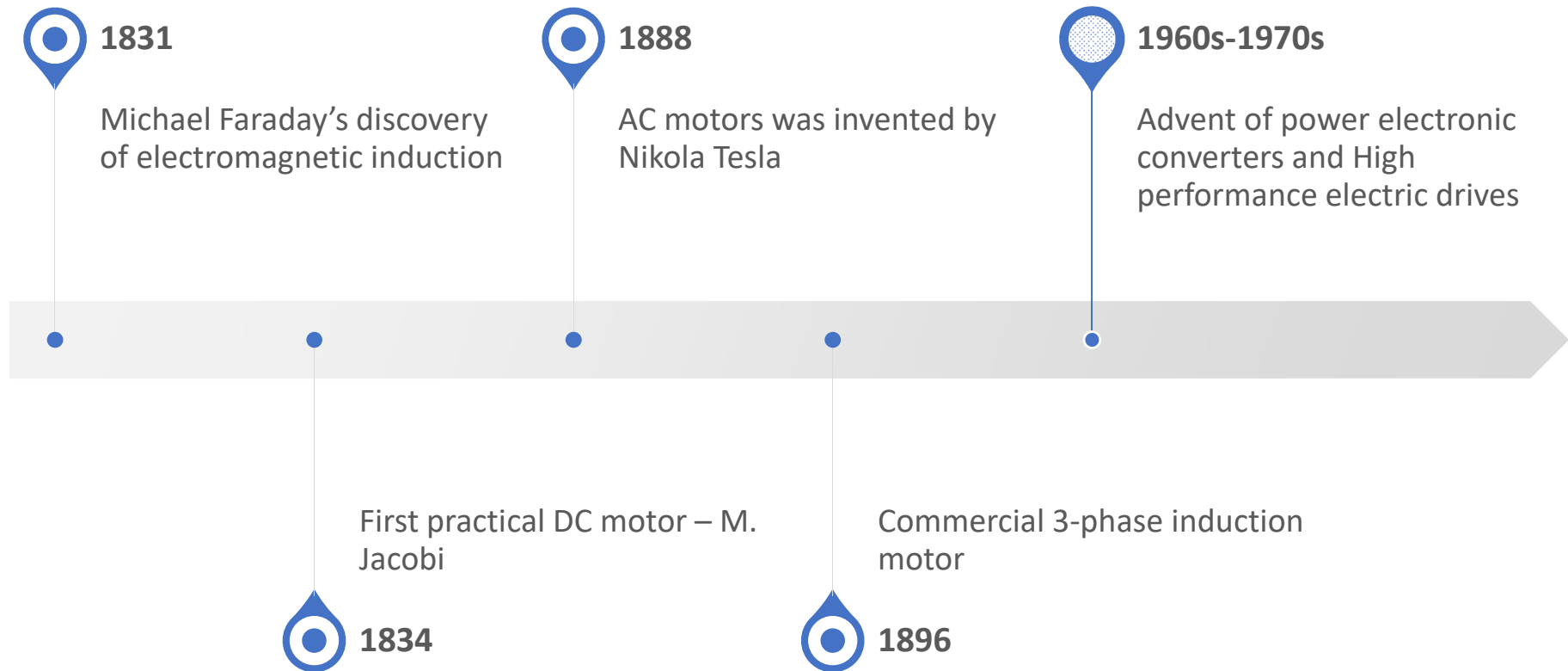
Chương 5. Động cơ một chiều không chổi than (BLDC)

- Cấu tạo và nguyên lý hoạt động
- Sơ đồ điều khiển dòng điện pha
- Các vấn đề của động cơ BLDC

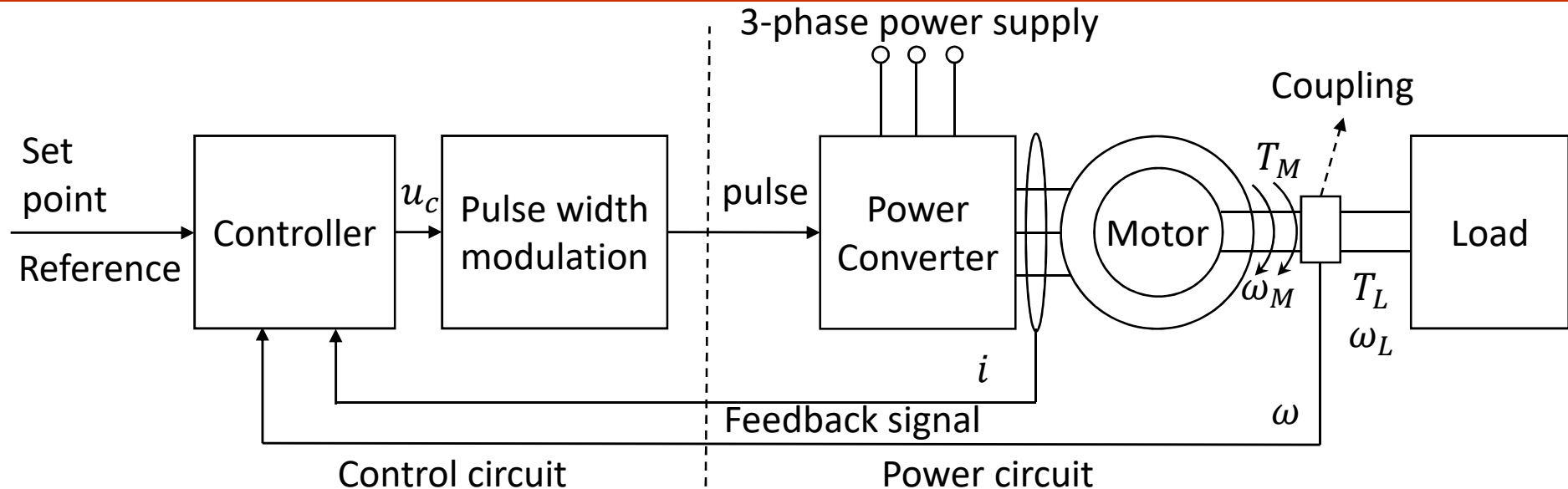
Chương 6. Tính chọn mạch lực của truyền động điện

- Các chế độ làm việc của cơ cấu máy và động cơ điện
- Tính chọn công suất động cơ điện
- Phương án truyền động và chọn bộ biến đổi
- Chọn hệ thống bảo vệ

Lịch sử



1.1 Định nghĩa hệ TĐĐ tổng quan



- Motor: động cơ
- Power converter: bộ biến đổi công suất
- Controller: bộ điều khiển
- Feedback signal: tín hiệu phản hồi
- Setpoint/reference: tín hiệu đặt
- Coupling: bộ biến đổi cơ
- Load: tải

- ω_M : tốc độ quay động cơ [rad/s]
- T_M : moment xoắn động cơ (torque) [Nm]
- ω_L : tốc độ quay trên tải qua bộ biến đổi cơ [rad/s]
- T_L : moment xoắn trên tải qua bộ biến đổi cơ [Nm]

1.1 Định nghĩa hệ TĐĐ tổng quan



- Năng lượng điện biến đổi thành cơ năng (công suất ra):

$$P_{mechanical} = T\omega$$

- Công suất điện (công suất vào):

$$P = \sqrt{3}UI \cos \varphi \text{ (AC motor)}$$

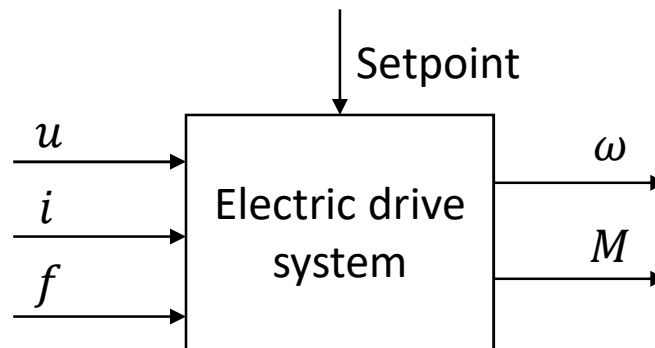
Hoặc

$$P = UI \text{ (DC motor)}$$

1.1 Định nghĩa hệ TĐĐ tổng quan



- Định nghĩa: Truyền động điện là một tập hợp các thiết bị để biến đổi điện năng thành cơ năng và điều khiển dòng năng lượng ấy



- $P_{electrical} = P_{mechanical} + \Delta P$
- Với ΔP công suất mất mát (power loss), tổn thất sinh ra do nhiệt, tổn hao sắt, đồng, tổn thất cơ do ma sát, v.v...
- Hiệu suất: $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_{mechanical}}{P_{electrical}} = \frac{P_{mechanical}}{P_{mechanical} + \Delta P} \approx 0.8 \div 0.95$
- Mong muốn: $\eta \rightarrow 1$

Ứng dụng



Train à Grande Vitesse, "high-speed train"
 $6 \div 8$ MW under 25 kV

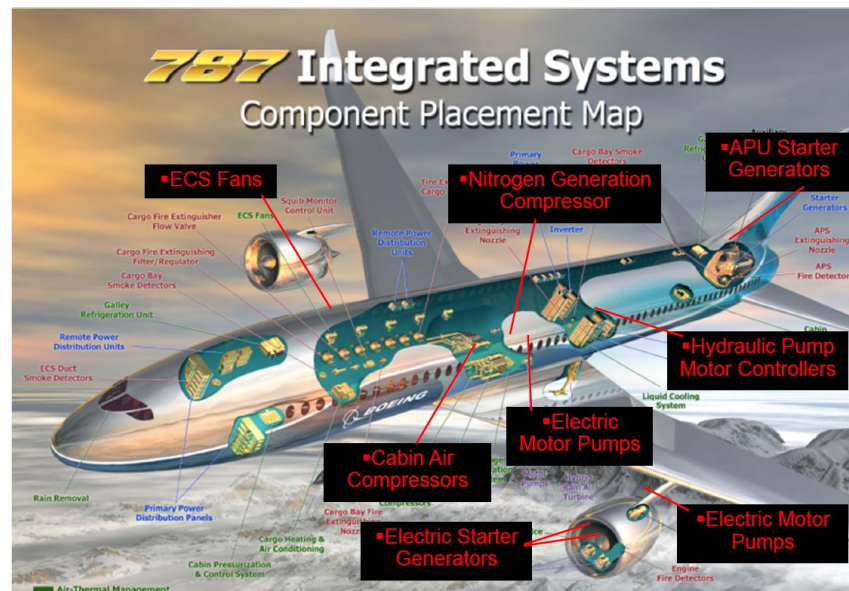
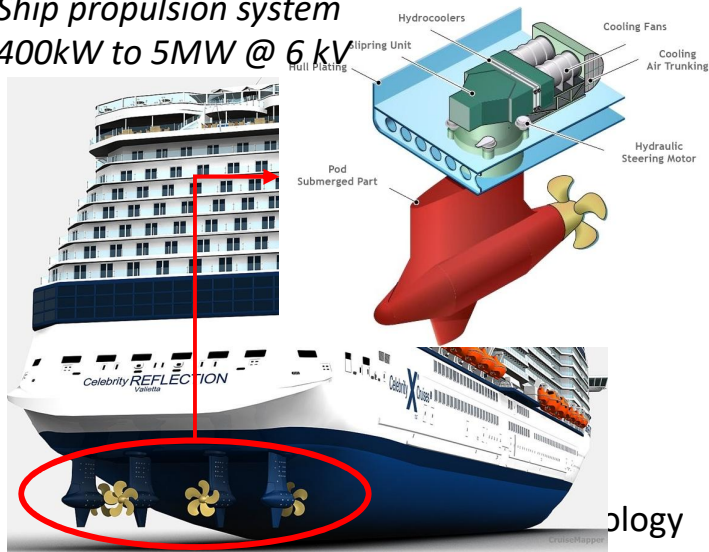


A rubber tyred gantry crane (RTG crane) 100 ÷ 600 kW @ 4 ÷ 13kV

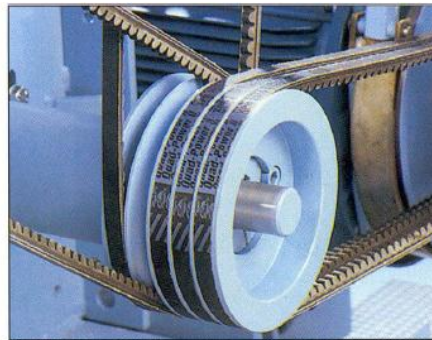


Cement ball mill
10 ÷ 25 MW @ 13 ÷ 25kV

Ship propulsion system
400kW to 5MW @ 6 kV



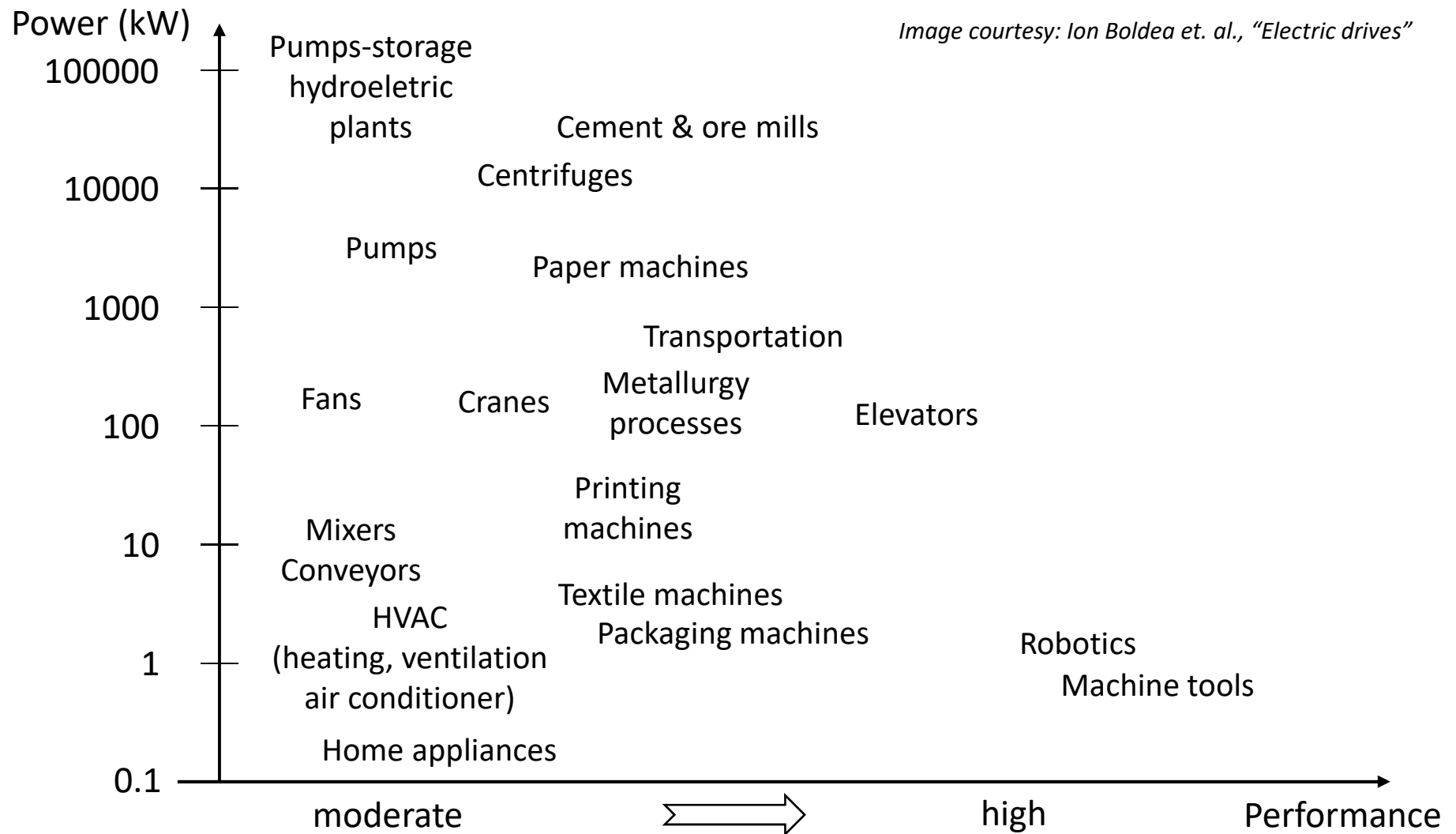
Ứng dụng



Ứng dụng



Image courtesy: Ion Boldea et. al., "Electric drives"



Phân loại

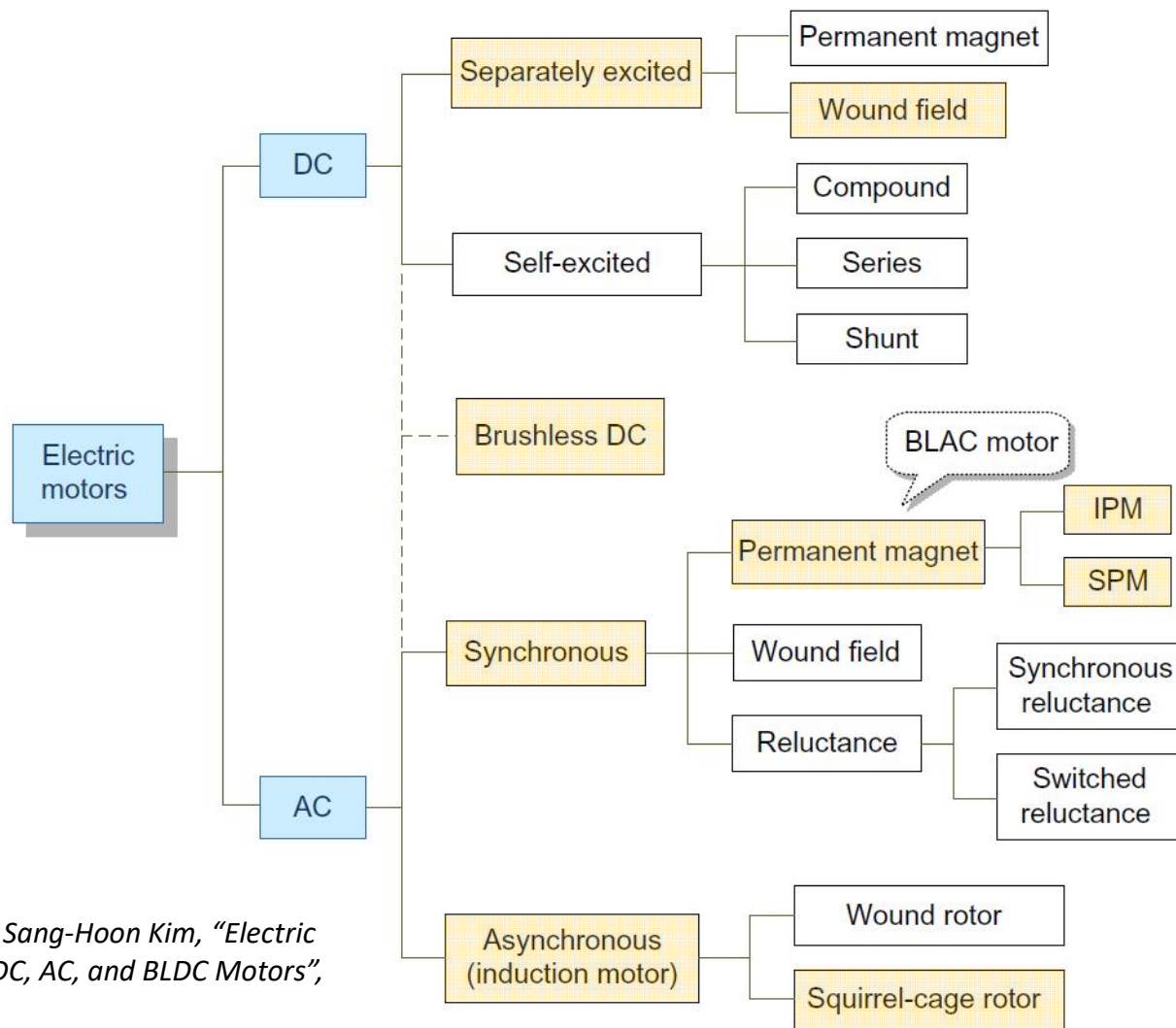
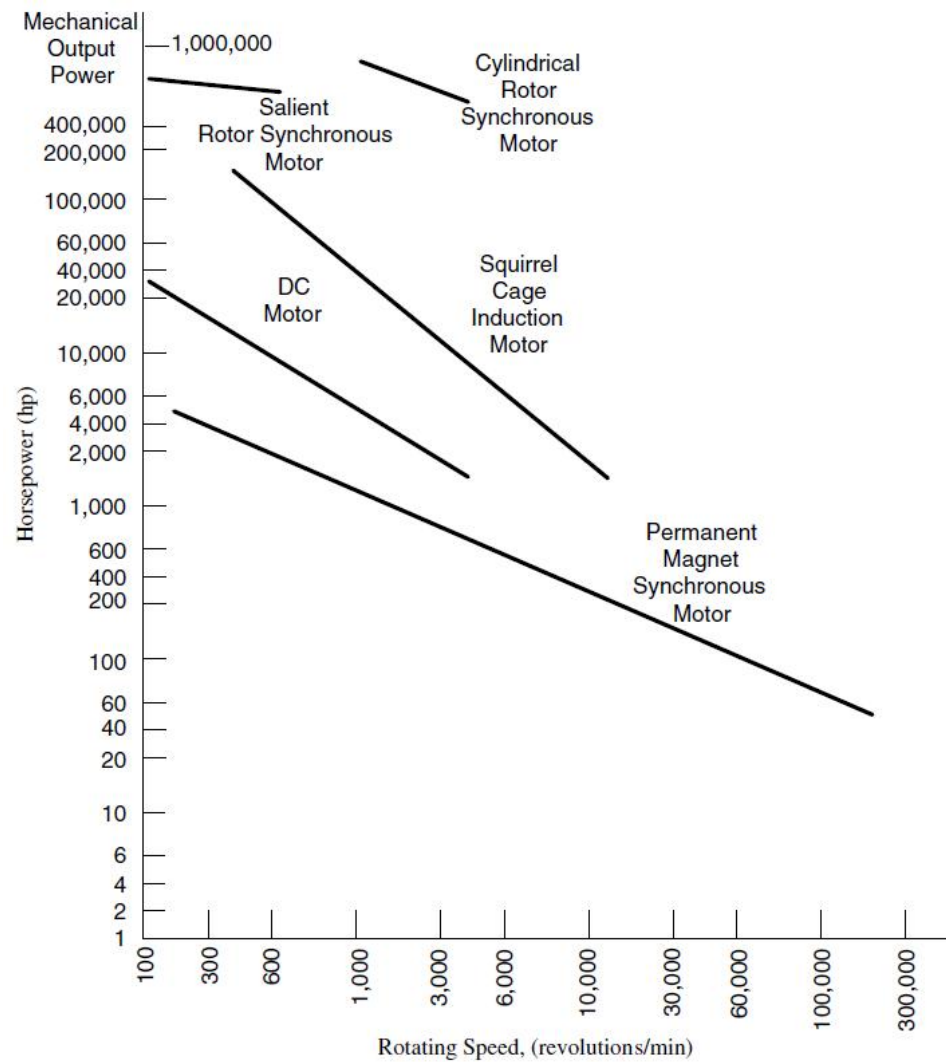


Image courtesy: Sang-Hoon Kim, "Electric Motor Control: DC, AC, and BLDC Motors", Elsevier, 2017.

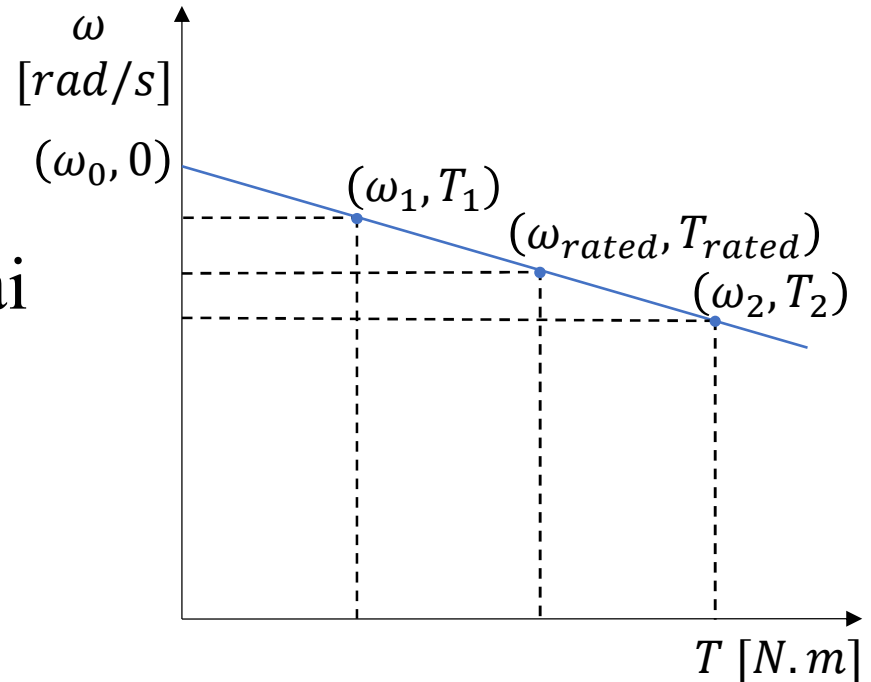
Phân loại



1.2 Đặc tính cơ của động cơ điện



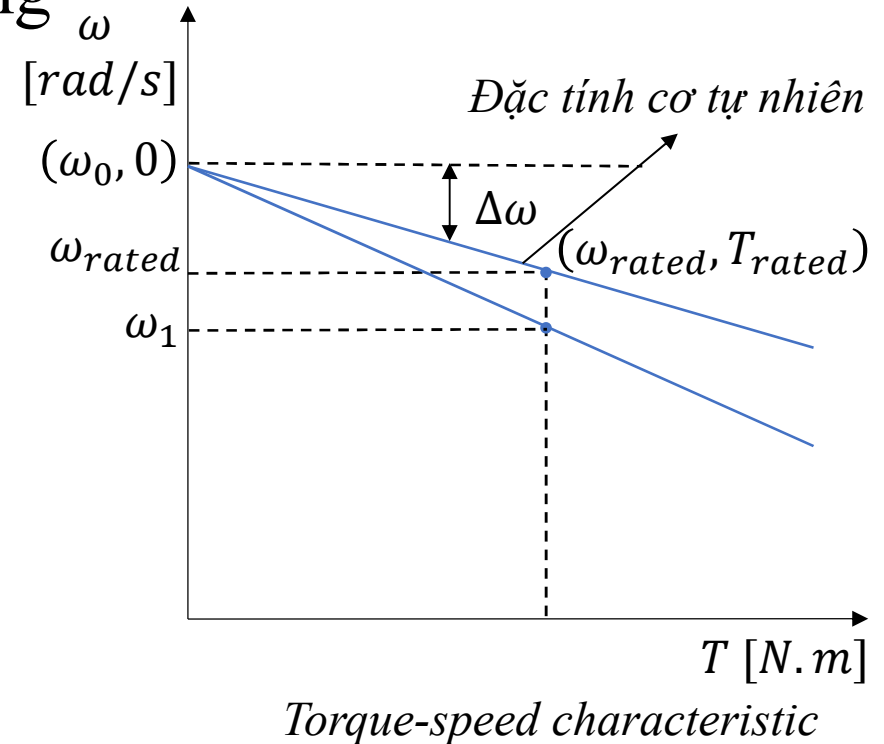
- Đặc tính cơ là quan hệ giữa moment và tốc độ: $\omega = f(T)$ hoặc $T = f_1(\omega)$
- $(\omega_{rated}, T_{rated})$ – điểm làm việc định mức
- P_{rated} – công suất định mức
- ω_0 – tốc độ làm việc không tải



Torque-speed characteristic

Đặc tính cơ của động cơ điện

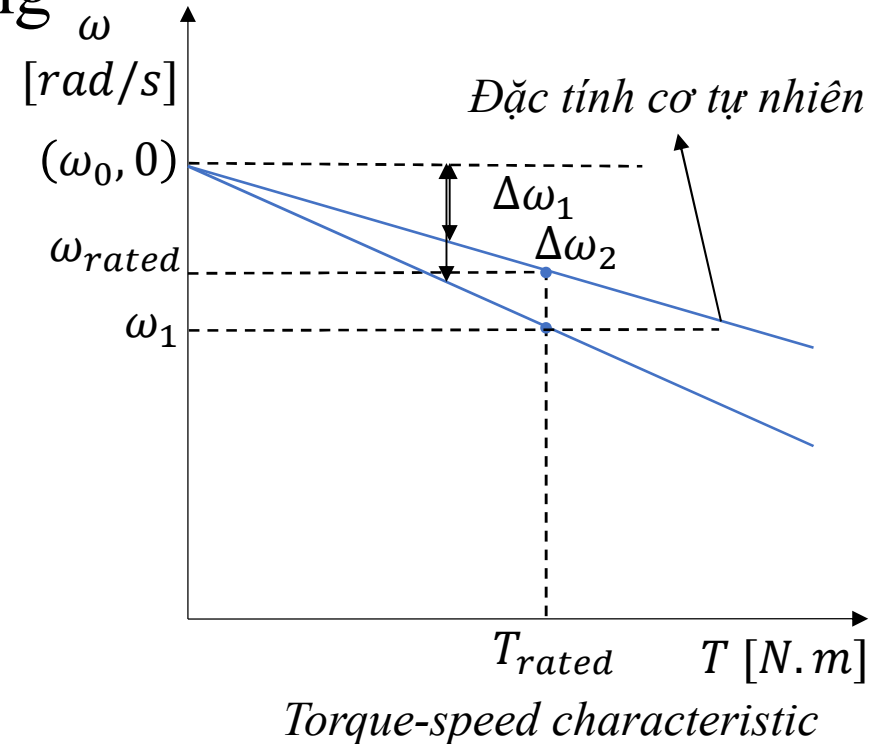
- Đặc tính cơ là quan hệ giữa moment và tốc độ: $\omega = f(T)$ hoặc $T = f_1(\omega)$
- Đặc tính cơ tự nhiên tương ứng với $V = V_{rated}$, $f = f_{rated}$
- $\Delta\omega$ – độ sụt tốc độ (độ dốc)



Đặc tính cơ của động cơ điện

- Đặc tính cơ là quan hệ giữa moment và tốc độ: $\omega = f(T)$ hoặc $T = f_1(\omega)$
- Đặc tính cơ tự nhiên tương ứng với $V = V_{rated}$, $f = f_{rated}$
- $\Delta\omega$ – độ sụt tốc độ (độ dốc)
- Độ cứng đặc tính cơ:

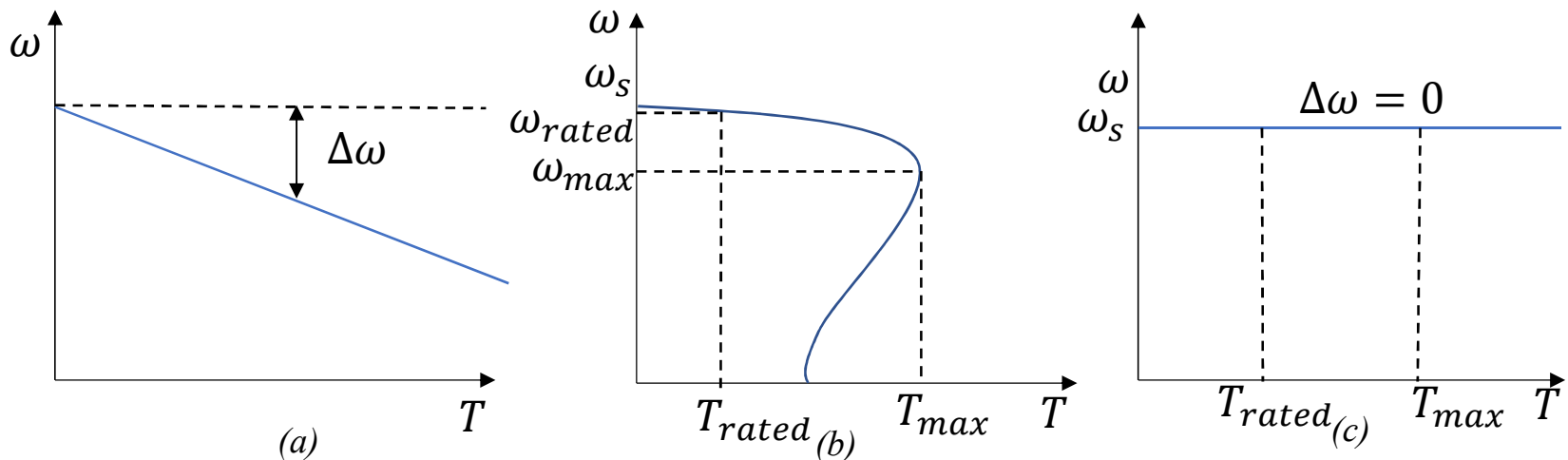
$$\beta = \frac{\Delta T}{\Delta\omega} = \frac{T_2 - T_1}{\omega_2 - \omega_1}$$



Đặc tính cơ của một số động cơ thông dụng



- Động cơ một chiều
- Động cơ không đồng bộ:
 - T_{max}, ω_{max} – moment tới hạn và tốc độ tới hạn, $T_{max} \approx 3 \times T_{rated}$
 - ω_s – tốc độ từ trường quay
- Động cơ đồng bộ:
 - $\omega = \omega_s \forall T < T_m$, và $\Delta\omega = 0$



Torque-speed characteristic of (a) DC motor, (b) Induction Motor, (c) Synchronous motor

1.3 Đặc tính cơ của các tải đặc trưng

- Đặc tính tải tổng quát:

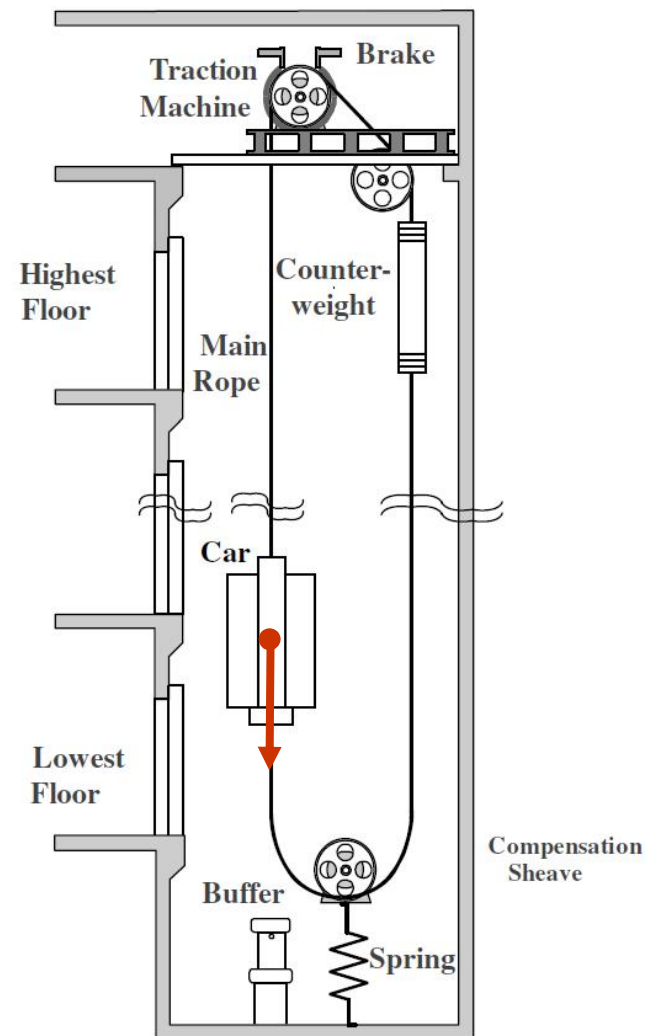
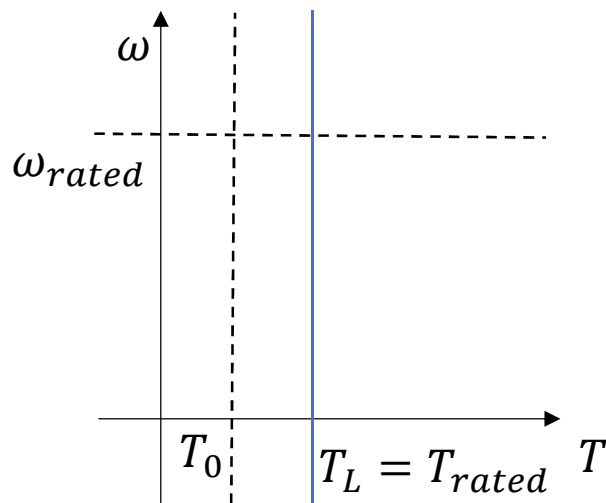
$$T_L = T_0 + (T_{rated} - T_0) \left(\frac{\omega}{\omega_{rated}} \right)^\alpha$$

Trong đó:

- T_L moment tải
- T_0 moment tải tại tốc độ 0
- T_{rated} moment tải định mức của động cơ
- ω_{rated} tốc độ định mức của động cơ
- ω tốc độ đang xét
- α hệ số mũ đặc trưng cho tải

Đặc tính cơ của các tải đặc trưng

- Trường hợp $\alpha = 0$:
 - $T_L = T_{rated}$
 - Tải thế năng, ví dụ như các cơ cấu nâng hạ, băng tải, cơ cấu ăn dao máy cắt gọt

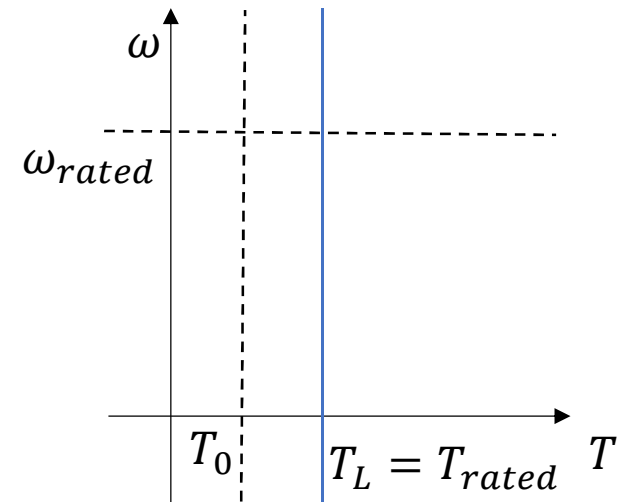


Đặc tính cơ của các tải đặc trưng



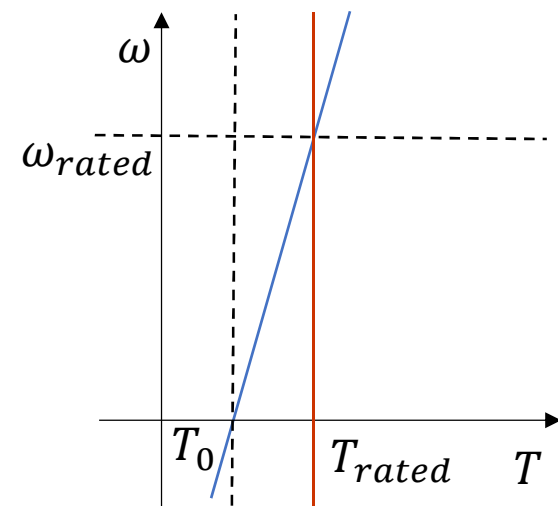
- Trường hợp $\alpha = 0$:

- $T_L = T_{rated}$
- Tải thế năng, ví dụ như các cơ cấu nâng hạ, băng tải, cơ cấu ăn dao máy cắt gọt



- Trường hợp $\alpha = 1$ (ít gặp)

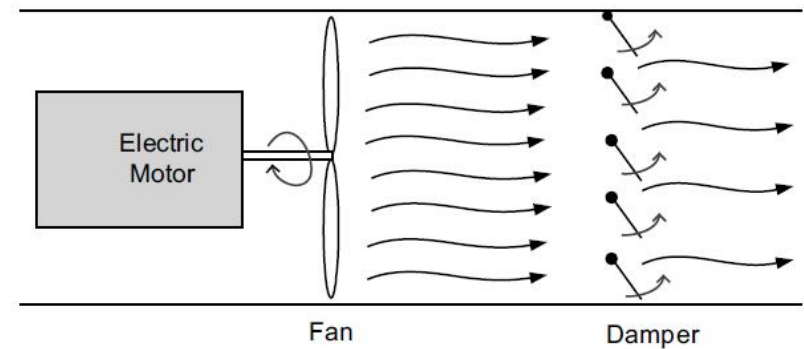
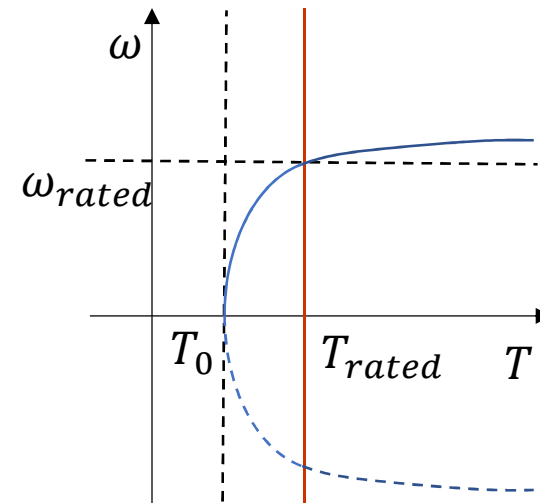
- $T_L = T_0 + (T_{rated} - T_0) \frac{\omega}{\omega_{rated}}$



Đặc tính cơ của các tải đặc trưng

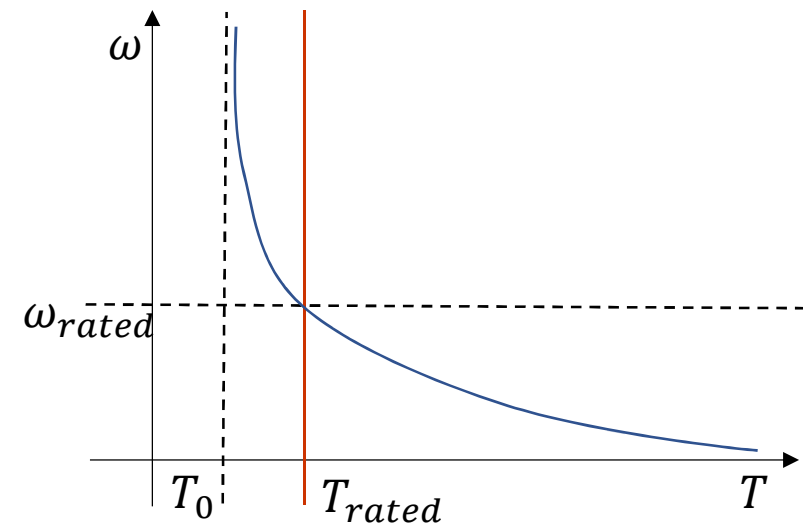
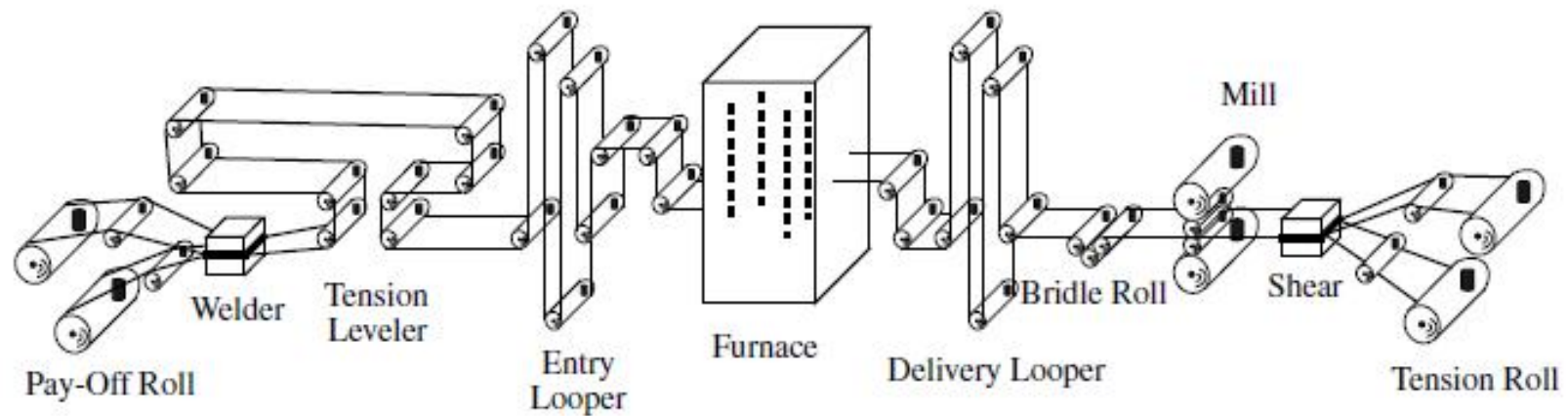
- Trường hợp $\alpha = 2$:

- $T_L = T_0 + (T_{rated} - T_0) \left(\frac{\omega}{\omega_{rated}} \right)^2$
- Ví dụ máy bơm, quạt gió



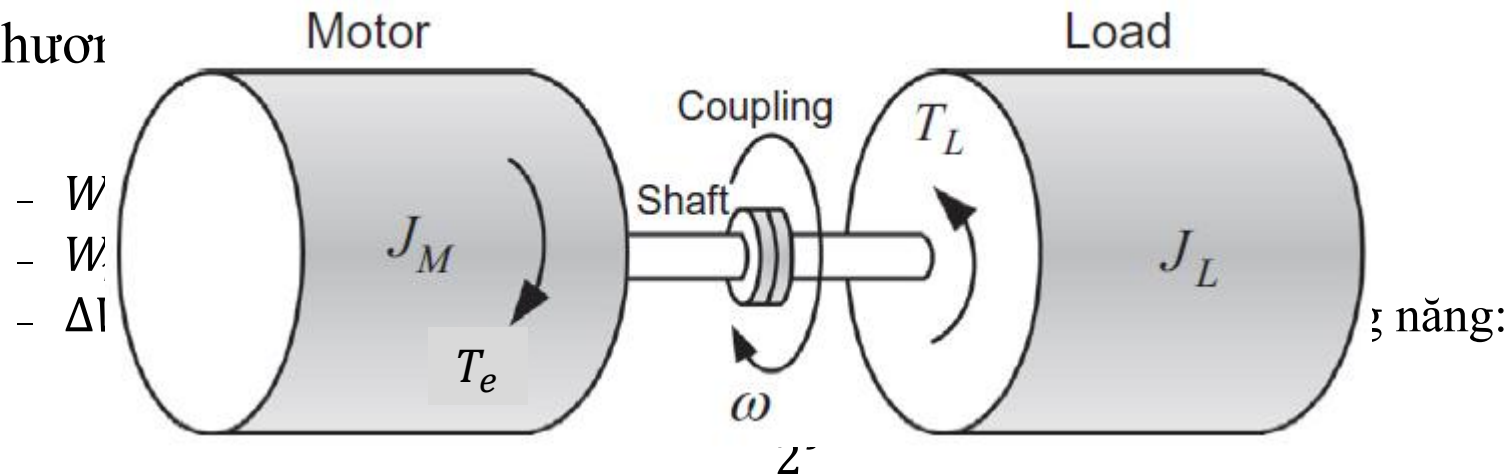
Đặc tính cơ của các tải đặc trưng

■ 1



1.4 Phương trình động lực học

■ Phương



■ Phương trình dạng tổng quát:

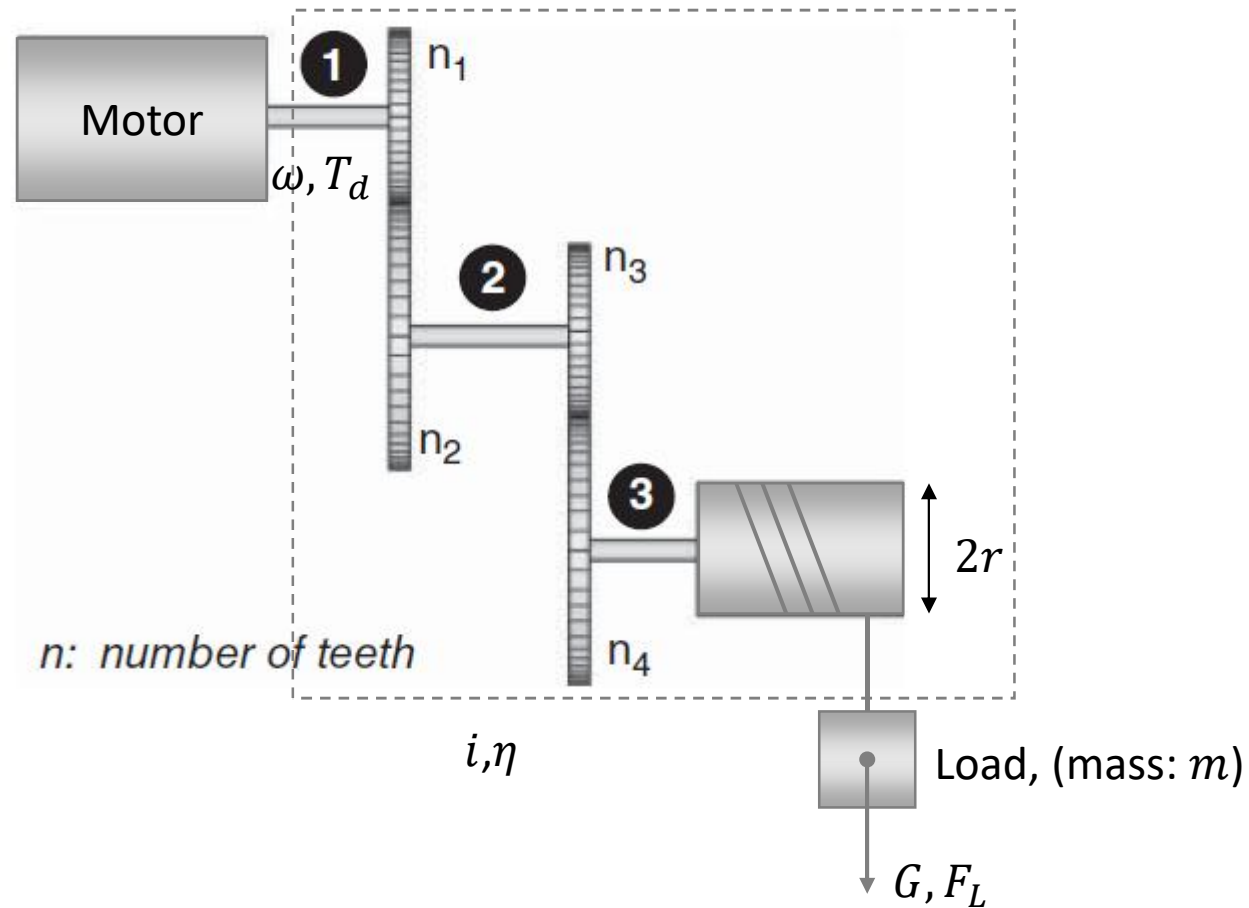
$$T_e = J \frac{d\omega}{dt} + \frac{1}{2} \omega \frac{dJ}{dt} + T_L$$

Với $J = J_M + J_L$

■ Giả thiết $\frac{dJ}{dt} = 0$ (thông thường trên thực tế), phương trình thường dùng:

$$T_e = J \frac{d\omega}{dt} + T_L \text{ hoặc } T_e = J \frac{d\omega}{dt} + T_L + T_{friction}$$

1.5 Quy đổi các đại lượng và tham số cơ học



1.5 Quy đổi các đại lượng và tham số cơ học



- Quy đổi moment tải T_L và lực cản F_L về trục động cơ
 - Xét tang trống trong cơ cấu nâng hạ

$$T_d \cdot \omega = \frac{T_L \omega_L}{\eta} \Rightarrow T_d = T_L \frac{1}{\eta} \cdot \frac{1}{i}$$

T_L — moment tang trống, $i = \frac{\omega}{\omega_L}$ — tỉ số truyền, η hiệu suất của hệ truyền lực

- Tải trọng G sinh ra lực cản F_L , vận tốc chuyển động v

$$T_d \omega = \frac{F_L \cdot v}{\eta} \Rightarrow T_d = \frac{F_L}{\eta} \cdot \frac{v}{\omega} = \frac{F_L}{\eta} \cdot \frac{1}{\rho}$$

r — bán kính tang trống, m — khối lượng của hệ

1.5 Quy đổi các đại lượng và tham số cơ học



- Quy đổi moment quán tính về trục động cơ:
 - Các cặp bánh răng có moment quán tính J_1, J_2, \dots, J_K
 - Moment tang trống J_L ,
 - khối lượng quán tính m ,
 - moment quán tính động cơ J
- Moment quán tính chung của hệ truyền động

$$J_s \frac{\omega^2}{2} = J \frac{\omega^2}{2} + \left(J_1 \frac{\omega_1^2}{2} + \dots + J_K \frac{\omega_K^2}{2} \right) + J_L \frac{\omega_L^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$$
$$\Rightarrow J_s = J + \sum_1^K \left(\frac{J_k}{i_k^2} \right) + J_L \frac{\omega_L^2}{2} + \frac{m}{\rho^2}$$

1.6 Các trạng thái làm việc và điều kiện ổn định của hệ TĐĐ

- Phương trình cân bằng công suất:

$$P_e = P_m + \Delta P$$

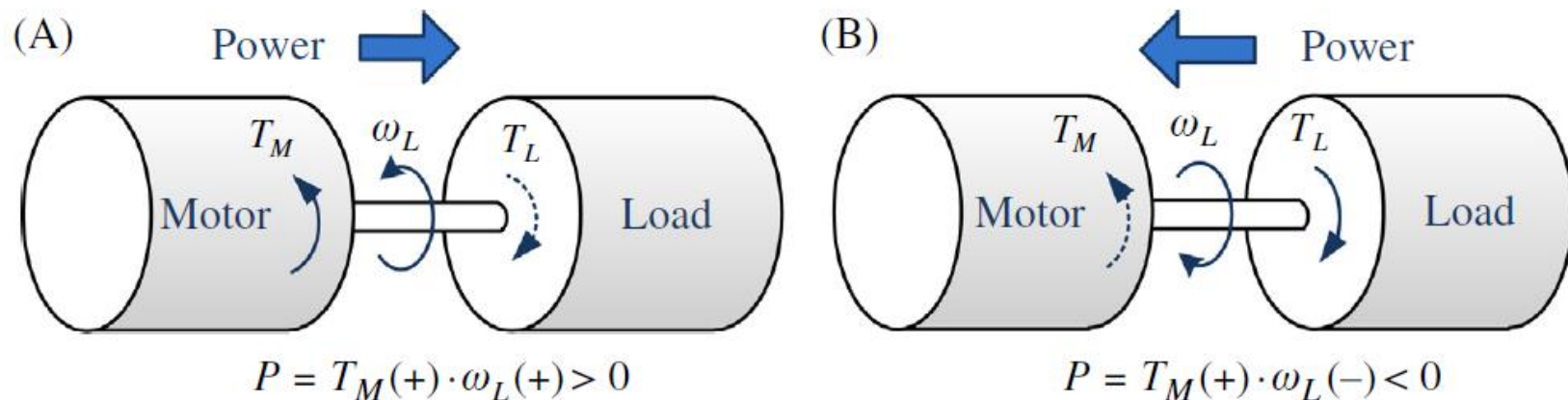
P_e — công suất điện

P_m — công suất cơ

ΔP — tổn thất công suất

- Các trạng thái làm việc

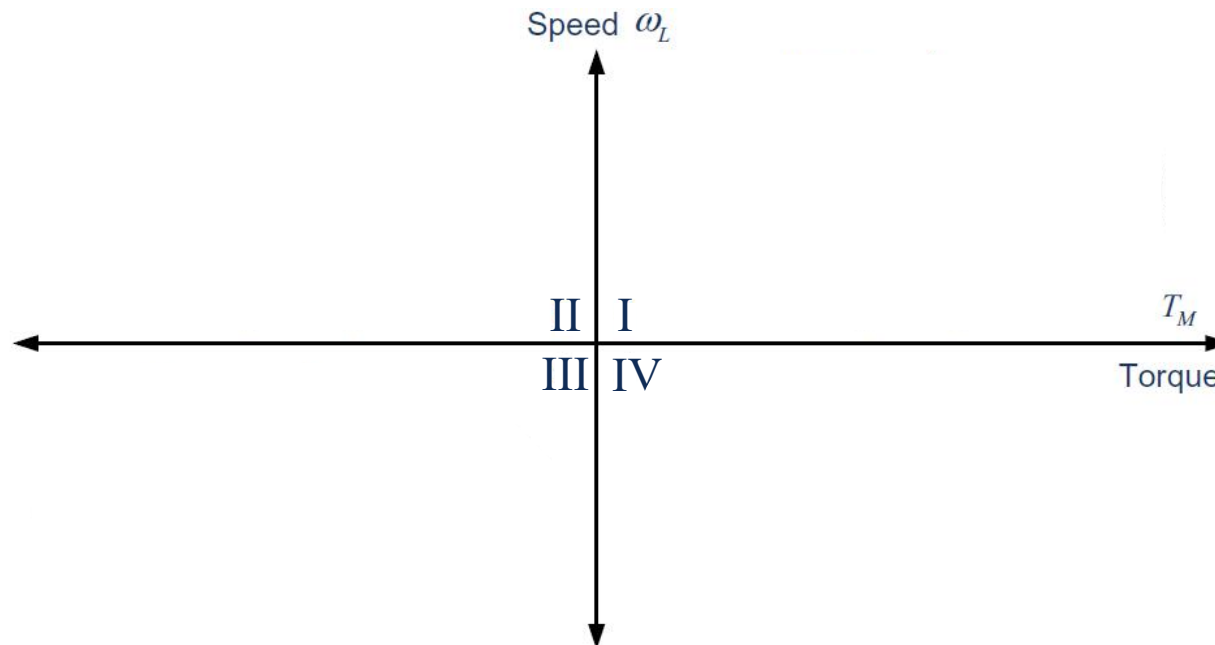
- Trạng thái động cơ: Có tải / Không tải
- Trạng thái hãm



1.6 Các trạng thái làm việc và điều kiện ổn định của hệ TĐĐ

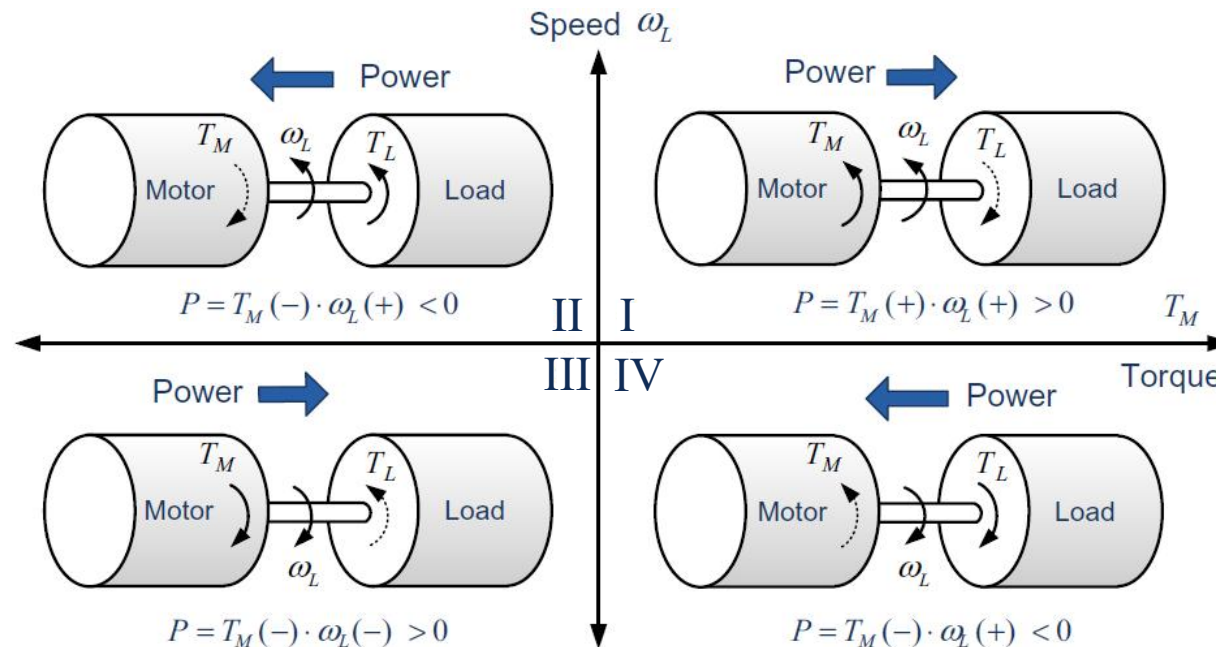


- Trạng thái động cơ (I và III)
- Trạng thái hãm
 - Hãm tái sinh (góc II và IV): $P_e < 0, P_m < 0$, cơ năng biến thành điện năng trả về lưới
 - Hãm động năng (góc II): $P_e = 0, P_m < 0$, điện năng và cơ năng chuyển thành tổn thất ΔP
 - Hãm ngược (góc II và IV) : $P_e > 0, P_m < 0$, cơ năng biến thành ΔP



1.6 Các trạng thái làm việc và điều kiện ổn định của hệ TĐĐ

- Trạng thái động cơ (I và III)
- Trạng thái hãm
 - Hãm tái sinh (góc II và IV): $P_e < 0, P_m < 0$, cơ năng biến thành điện năng trả về lưới
 - Hãm động năng (góc II): $P_e = 0, P_m < 0$, điện năng và cơ năng chuyển thành tổn thất ΔP
 - Hãm ngược (góc II và IV) : $P_e > 0, P_m < 0$, cơ năng biến thành ΔP



Điều kiện ổn định của hệ TĐĐ



- Khi $T_e = T_L$ thì hệ làm việc ổn định
- Điểm làm việc ổn định là giao điểm của hai đặc tính cơ của động cơ $\omega(T_e)$ và của máy sản xuất (tải) $\omega_L(T_L)$

- Ví dụ:

- Tại điểm A: ổn định
- Tại B: không ổn định
- Tại C: ổn định
- Tại D: ổn định

$$\beta_e - \beta_L < 0$$

