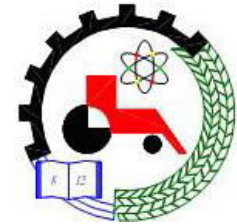




# NGUYÊN LÝ MÁY



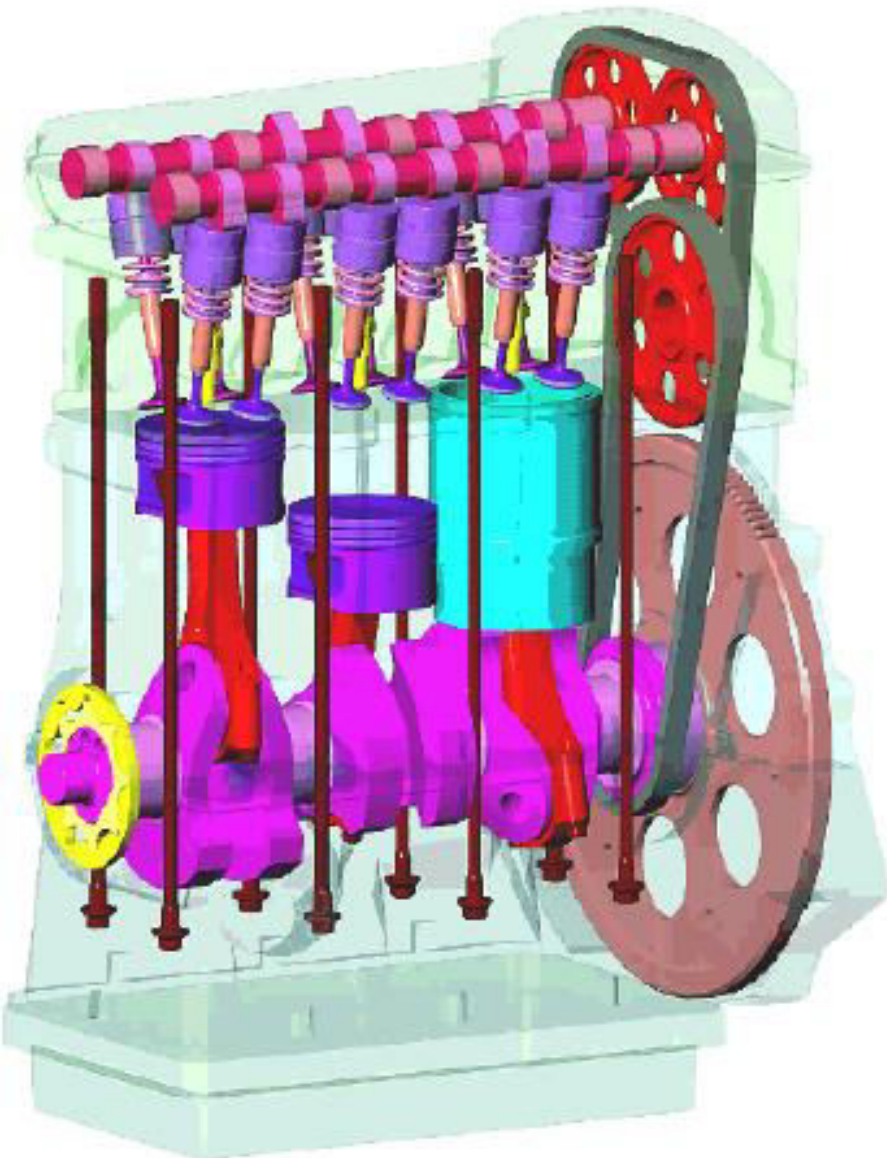
**GV: ThS. TRƯƠNG QUANG TRƯỜNG**  
**KHOA CƠ KHÍ – CÔNG NGHỆ**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG LÂM TP.HCM**



## Chương 5

# ĐỘNG LỰC HỌC MÁY

# ĐẠI CƯƠNG



-Việc xác định **chuyển động của máy** dưới tác dụng của các lực là một vấn đề cơ bản của động lực học máy

- Nhiệm vụ quan trọng của động lực học là **xác định hàm số chuyển động của các khâu**, có tính đến các lực và mômen quán tính, khối lượng, tính chất đàn hồi của các vật liệu, lực cản của môi trường chuyển động của máy..., cân bằng lực quán tính, bảo đảm máy làm việc bình ổn....



# I. KHÂU THAY THẾ - CÁC ĐẠI LƯỢNG THAY THẾ

## 1. Khâu thay thế

- Chuyển động của các khâu trong máy phụ thuộc vào chuyển động của khâu dẫn

→ **Để biết chuyển động thực của máy ta chỉ cần biết chuyển động thực của khâu dẫn**

→ **Chọn khâu dẫn làm khâu thay thế**

### Yêu cầu:

- Động năng khâu thay thế bằng động năng của toàn bộ cơ cấu khi chuyển động:

$$E_t = \sum E_i$$

- Công suất các lực tác động lên cơ cấu bằng công suất của lực tác động lên khâu thay thế:

$$N_t = \sum N_i$$



# I. KHÂU THAY THỂ - CÁC ĐẠI LƯỢNG THAY THỂ

## 2. Các đại lượng thay thế

### a. Khối lượng thay thế

Cân bằng động năng: 
$$\frac{m_t \cdot V^2}{2} = \sum_{i=1}^n \frac{m_i \cdot V_{si}^2 + J_{si} \cdot \omega_i^2}{2}$$

$$\rightarrow m_t = \sum_{i=1}^n \left[ m_i \cdot \left( \frac{V_{si}}{V} \right)^2 + J_{si} \cdot \left( \frac{\omega_i}{V} \right)^2 \right]$$

Các giá trị  $(V_{si}/V)$  và  $(\omega_i/V)$  xác định dựa vào họa đồ vận tốc

### b. Momen quán tính thay thế

Cân bằng động năng: 
$$\frac{J_t \cdot \omega^2}{2} = \sum_{i=1}^n \frac{m_i \cdot V_{si}^2 + J_{si} \cdot \omega_i^2}{2}$$

$$\rightarrow J_t = \sum_{i=1}^n \left[ m_i \cdot \left( \frac{V_{si}}{\omega} \right)^2 + J_{si} \cdot \left( \frac{\omega_i}{\omega} \right)^2 \right]$$

Các giá trị  $(V_{si}/\omega)$  và  $(\omega_i/\omega)$  xác định dựa vào họa đồ vận tốc



# I. KHÂU THAY THỂ - CÁC ĐẠI LƯỢNG THAY THỂ

## 2. Các đại lượng thay thế

### c. Lực thay thế

Cân bằng công suất: 
$$P_t \cdot V = \sum_{i=1}^n (P_i \cdot V_i \cdot \cos \alpha_i + M_i \cdot \omega_i)$$

$$\rightarrow P_t = \sum_{i=1}^n \left[ P_i \cdot \frac{V_i}{V} \cdot \cos \alpha_i + M_i \cdot \frac{\omega_i}{V} \right]$$

Các giá trị  $(V_i/V)$  và  $(\omega_i/V)$  xác định dựa vào họa đồ vận tốc

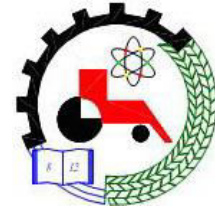
### d. Momen thay thế

Cân bằng công suất: 
$$M_t \cdot \omega = \sum_{i=1}^n (P_i \cdot V_i \cdot \cos \alpha_i + M_i \cdot \omega_i)$$

$$\rightarrow M_t = \sum_{i=1}^n \left[ P_i \cdot \frac{V_i}{\omega} \cdot \cos \alpha_i + M_i \cdot \frac{\omega_i}{\omega} \right]$$

Các giá trị  $(V_i/\omega)$  và  $(\omega_i/\omega)$  xác định dựa vào họa đồ vận tốc

## II. PHƯƠNG TRÌNH CHUYỂN ĐỘNG CỦA MÁY



### 1. Phương trình động năng

$$A_d - A_c = \Delta E$$

$$\rightarrow \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} M_{td} \cdot d\varphi - \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} M_{tc} \cdot d\varphi = \frac{J_{t2} \cdot \omega_2^2}{2} - \frac{J_{t1} \cdot \omega_1^2}{2}$$

Trong đó:

+  $\Delta E$ : độ biến thiên động năng của cơ cấu.  $\Delta E = E_2 - E_1$ , với  $E_1, E_2$  là động năng của khâu thay thế tại thời điểm  $t_1$  và  $t_2$ .

+  $M_{td}, M_{tc}$ : mômen thay thế của các lực phát động và lực cản.

+  $A_d, A_c$ : công của lực phát động và công của lực cản trong khoảng thời gian từ thời điểm  $t_1$  đến  $t_2$ , tương ứng với góc quay của khâu thay thế là  $\varphi_1$  và  $\varphi_2$ .

+  $\omega_1, \omega_2$ : vận tốc góc của khâu thay thế tại thời điểm  $t_1$  và  $t_2$ .

Khoa Cơ Khí – Công Nghệ

Trường ĐH Nông Lâm TPHCM



## II. PHƯƠNG TRÌNH CHUYỂN ĐỘNG CỦA MÁY

Đặc điểm động lực học trong các thời kỳ chuyển động của máy

+ Thời kỳ chuyển động mở máy:

$$\text{Bắt đầu mở máy} \Rightarrow \varphi_1 = 0 \Rightarrow \omega_1 = 0$$

$$\Rightarrow \mathbf{A}_d - \mathbf{A}_c = \Delta E > 0$$

$\Rightarrow$  Công động > Công cản  $\Rightarrow$  Máy sẽ chuyển động nhanh dần, công thừa biến thành động năng

+ Thời kỳ chuyển động bình ổn:

$$\Rightarrow \omega_1 = \omega_2$$

$$\Rightarrow \mathbf{A}_d - \mathbf{A}_c = \Delta E = 0$$

$\Rightarrow$  Công động = Công cản  $\Rightarrow$  Chuyển động của khâu thay thế là chuyển động đều

+ Thời kỳ chuyển động tắt máy:

$$\text{Khi tắt máy} \Rightarrow \varphi_2 = 0 \Rightarrow \omega_2 = 0$$

$$\Rightarrow \mathbf{A}_d - \mathbf{A}_c = \Delta E < 0$$

$\Rightarrow$  Biến thiên động năng âm  $\Rightarrow$  động năng giảm dần

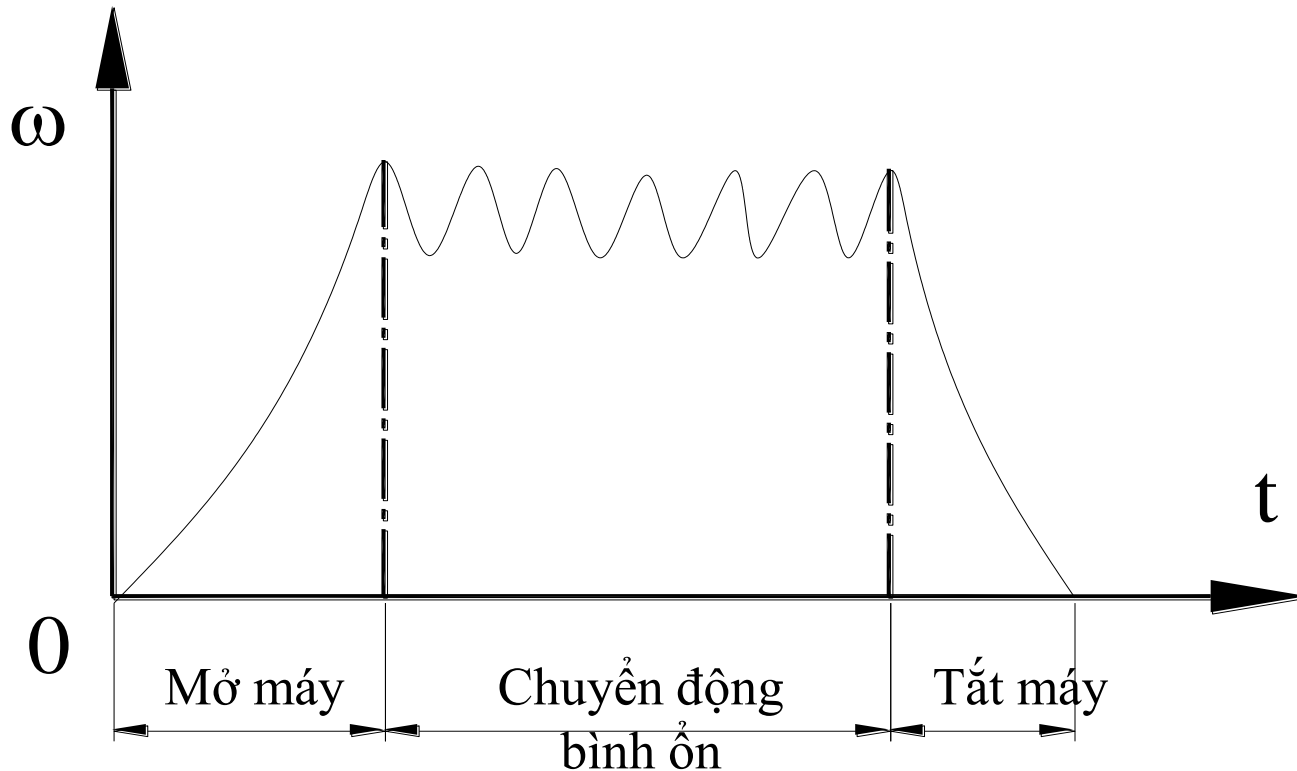
$\Rightarrow$  Khâu thay thế chuyển động chậm dần



## II. PHƯƠNG TRÌNH CHUYỂN ĐỘNG CỦA MÁY



Đặc điểm động lực học trong các thời kỳ chuyển động của máy



Các thời kỳ chuyển động của máy

## II. PHƯƠNG TRÌNH CHUYỂN ĐỘNG CỦA MÁY



### 2. Phương trình chuyển động của máy viết dưới dạng momen

$$M = M_d - M_c = \frac{d}{d\phi} \left( \frac{J_t \cdot \omega^2}{2} \right) = \frac{\omega^2}{2} \cdot \frac{dJ_t}{d\phi} + J_t \cdot \frac{d\omega}{dt}$$

(phương trình dạng này ít được sử dụng)



### III. CHUYỂN ĐỘNG THẬT CỦA MÁY

- Trong khi giải bài toán phân tích động học cơ cấu, ta giả sử là khâu dẫn quay đều. Thực tế, các lực tác động lên máy luôn thay đổi, vị trí cơ cấu luôn luôn thay đổi. Vì vậy chuyển động thật của khâu dẫn là không đều. Xác định chuyển động thật của máy, tức là xác định vận tốc của khâu dẫn tại từng vị trí của cơ cấu.
- Xét khâu thay thế là khâu quay, có mômen quán tính là  $J_t$ , chịu tác động của các mômen thay thế là  $M_{td}$  và  $M_{tc}$ .
- Trong thực tế, đại lượng  $M_t$  này có thể là hàm của  $\varphi$ , của  $\omega$  hoặc của  $t$ ; hoặc có thể là hàm của các thông số  $\varphi$ ,  $\omega$ ,  $t$ .
- Ví dụ:
  - Động cơ điện:  $M_d = M_d(\omega)$ .
  - Động cơ đốt trong:  $M_d = M_d(\omega, \varphi)$ .
  - Máy bơm, quay ly tâm:  $M_c = M_c(\omega)$ .
  - Máy ép:  $M_c = M_c(\varphi) \dots$



### III. CHUYỂN ĐỘNG THẬT CỦA MÁY

Dựa vào phương trình chuyển động của máy, xác định vận tốc góc khâu dẫn:

$$\omega = \sqrt{\frac{2}{J_t} \left[ E_o + \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} (M_d - M_c) d\varphi \right]}$$

Thay thế các đại lượng  $\Rightarrow \omega = \omega(\varphi) \Rightarrow$  Bài toán đã giải xong

Thực tế, các hàm  $M_d$ ,  $M_c$ ,  $J_t$  đều cho trước và thường ở dạng bảng số hay đồ thị. Giải bài toán bằng phương pháp số hay phương pháp đồ thị.



# III. CHUYỂN ĐỘNG THẬT CỦA MÁY

## 1. Phương pháp số

- Biểu thức vận tốc trên có thể viết lại dưới dạng

$$\omega_1(\varphi) = \sqrt{\frac{2}{J(\varphi_{i+1})} \left( J(\varphi_{i+1}) \frac{\omega_1^2(\varphi_{i+1})}{2} + \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} (M_{td} + M_{tc}) d\varphi \right)}$$

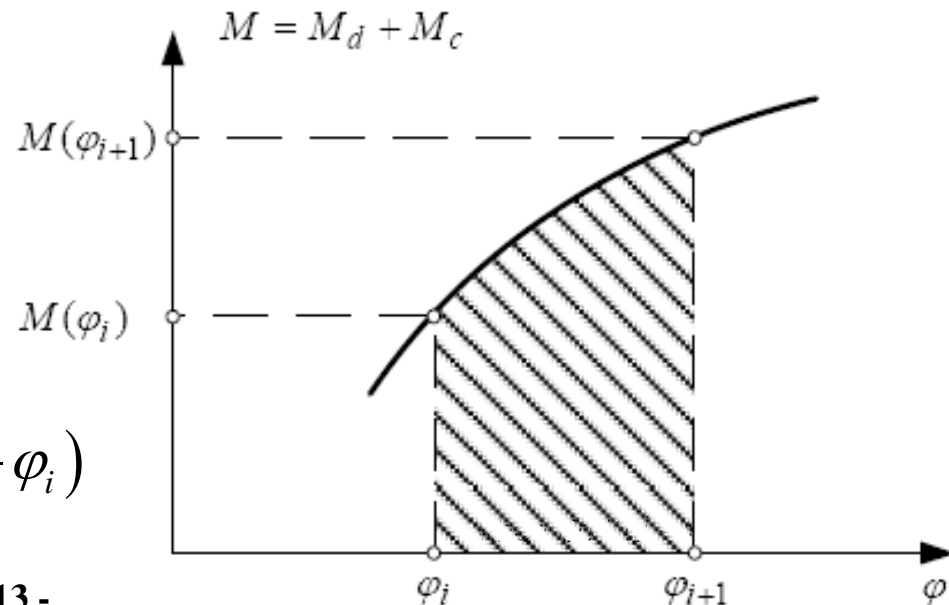
Hay 
$$\omega_1(\varphi) = \sqrt{\frac{2}{J(\varphi_{i+1})} [E(\varphi_i) + \Delta E(\varphi_i)]}$$

Trong đó

$$E(\varphi_i) = \frac{1}{2} J(\varphi_i) \omega_1^2(\varphi_i)$$

$$\Delta E(\varphi_i) = \int_{\varphi_i}^{\varphi_{i+1}} (M_d + M_c) d\varphi$$

$$; \frac{1}{2} [M(\varphi_{i+1}) + M(\varphi_i)] (\varphi_{i+1} - \varphi_i)$$





### III. CHUYỂN ĐỘNG THẬT CỦA MÁY

#### 1. Phương pháp số

Đại lượng \ Vị trí cơ cấu	$\varphi_1$	$\varphi_2$	...	$\varphi_n = \varphi_1 + \phi$	...	$\varphi_m = \varphi_1 + \phi_A$	...	$\varphi_n = \varphi_1 + \phi_\omega$
Moment quán tính thay thế $J$	$J_1$	$J_2$	...	$J_n = J_1$	...	$J_m$	...	$J_1$
Moment thay thế các lực cản $M_c$	$M_{c1}$	$M_{c2}$	...	$M_{cn}$	...	$M_{c1}$	...	$M_{c1}$
Moment động $M_a$	$M_{d1}$	$M_{d2}$	...	$M_{dn}$	...	$M_{d1}$	...	$M_{d1}$
Tổng moment $M = M_a + M_c$	$M_1$	$M_2$	...	$M_n$	...	$M_1$	...	$M_1$
Biến thiên động năng $\Delta E$	$\Delta E_1$	$\Delta E_2$	...	$\Delta E_n$	...	$\Delta E_m$	...	$\Delta E_1$
Động năng $E$	$E_1$	$E_2$	...	$E_n$	...	$E_m$	...	$E_1$
Vận tốc góc khâu dẫn $\omega_1$	$\omega_1(\varphi_1)$	$\omega_1(\varphi_2)$	...	$\omega_1(\varphi_n)$	...	$\omega_1(\varphi_m)$	...	$\omega_1(\varphi_1)$



### III. CHUYỂN ĐỘNG THẬT CỦA MÁY

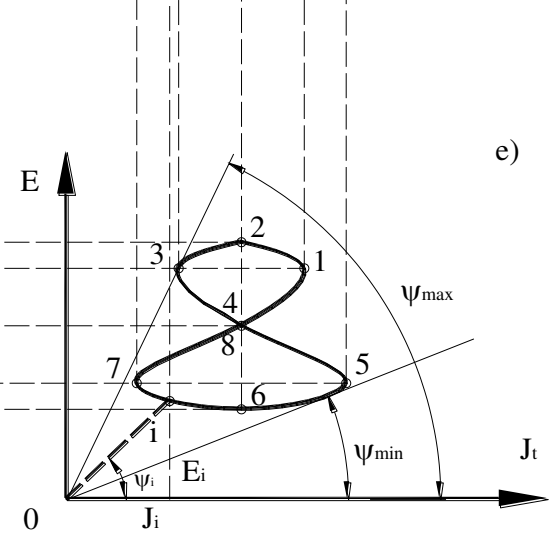
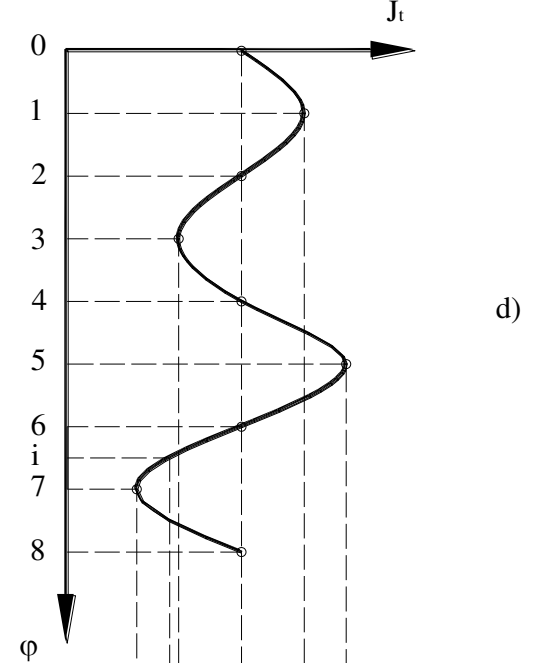
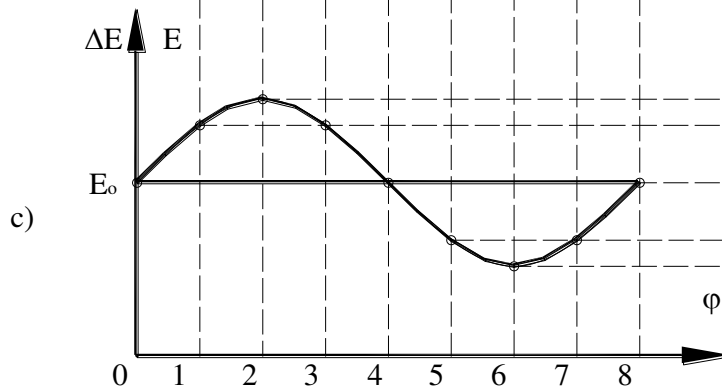
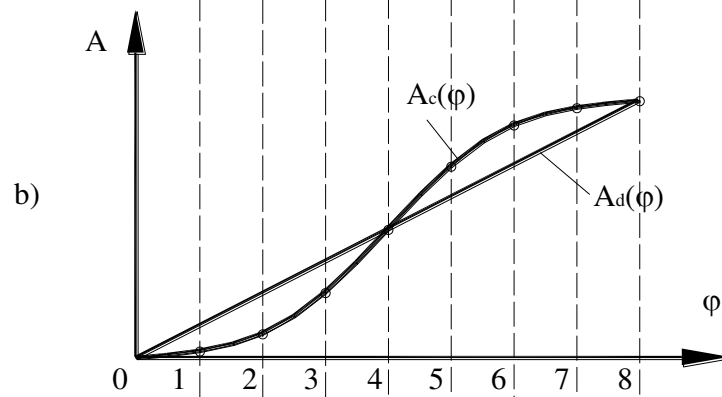
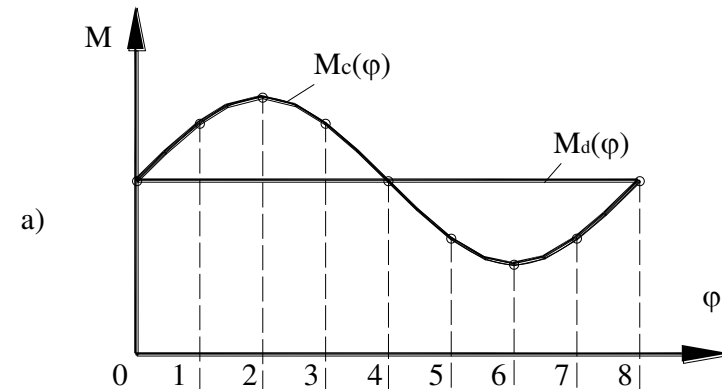
#### 2. Phương pháp đồ thị

- Xây dựng đồ thị  $J(\varphi), M_c(\varphi), M_d(\varphi)$
- Cộng đồ thị  $M(\varphi) = M_d(\varphi) + M_c(\varphi)$
- Tích phân đồ thị  $M(\varphi) \rightarrow$  đồ thị  $\Delta E(\varphi) \rightarrow$  đồ thị  $E(\varphi)$
- Xây dựng đồ thị  $E(J)$  (**đường cong Wittenbauer**) từ đồ thị  $E(\varphi)$   
và đồ thị  $J(\varphi)$



# III. CHUYỂN ĐỘNG THẬT CỦA MÁY

## 2. Phương pháp đồ thị







# III. CHUYỂN ĐỘNG THẬT CỦA MÁY

## 2. Phương pháp đồ thị

Từ đường cong Wittenbauer xác định vận tốc  $\omega_1$  như sau:

+ Tại  $\varphi = \varphi^k$ , động năng và momen quán tính của máy có giá trị:

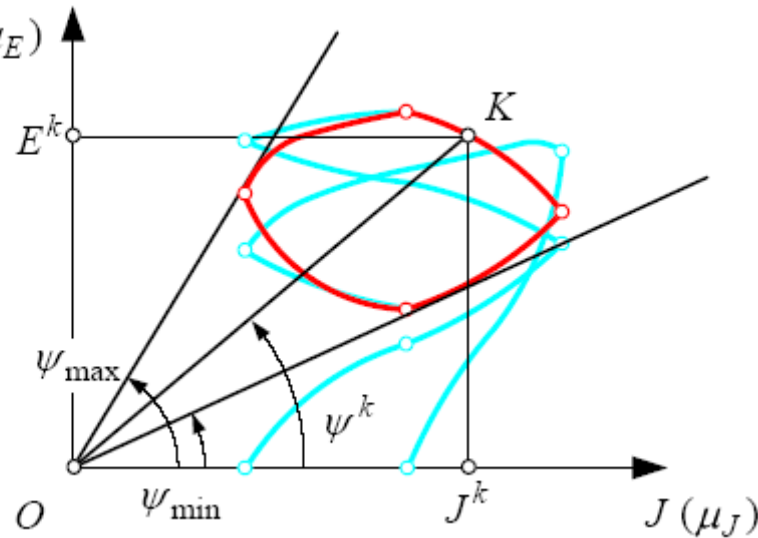
$$E^k = E(\varphi^k)$$

$$J^k = J(\varphi^k)$$

Xác định bởi điểm K trên đường cong

+ Gọi  $\psi^k = \angle(OJ, OK)$ , ta có

$$\tan \psi^k = \frac{OE^k}{OJ^k} = \frac{E(\varphi^k) / \mu_E}{J(\varphi^k) / \mu_J} = \frac{E(\varphi^k) \mu_J}{J(\varphi^k) \mu_E}$$



+ Do đó

$$\frac{E(\varphi^k)}{J(\varphi^k)} = \frac{\mu_E}{\mu_J} \tan \psi^k \Rightarrow \omega_1(\varphi^k) = \sqrt{2 \frac{E(\varphi^k)}{J(\varphi^k)}} = \sqrt{2 \frac{\mu_E}{\mu_J} \tan \psi^k}$$

Trường hợp tổng quát, đường cong  $E(J)$  gồm ba giai đoạn: Khởi động, chuyển động bình ổn và tắt máy. Trong giai đoạn bình ổn,  $\psi$  biến thiên giữa  $\psi_{\max}$  và  $\psi_{\min} \rightarrow$  Vận tốc máy biến thiên trong khoảng  $\omega_{1\min} \div \omega_{1\max}$