



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
HANOI UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Bài tập Truyền động điện

Đề bài: Mô phỏng bộ biến đổi chỉnh lưu cầu 1 pha 4 góc phần tư

Nhóm: 3

Mã lớp: 126004

GVHD: TS. Vũ Hoàng Phương



Danh sách thành viên

20181443	Vương Tùng Dương
20181455	Nguyễn Duy Hải
20181461	Trần Trung Hậu
20181480	Trần Đình Hoan
20181489	Nguyễn Huy Hoàng
20181494	Nguyễn Trọng Hoàng
20181516	Hoa Thành Hưng
20181513	Vũ Mạnh Hùng
20181539	Trịnh Văn Huy

NỘI DUNG



01

Thông số, mô hình hóa động cơ

02

Tham số ảnh hưởng đặc tính cơ

03

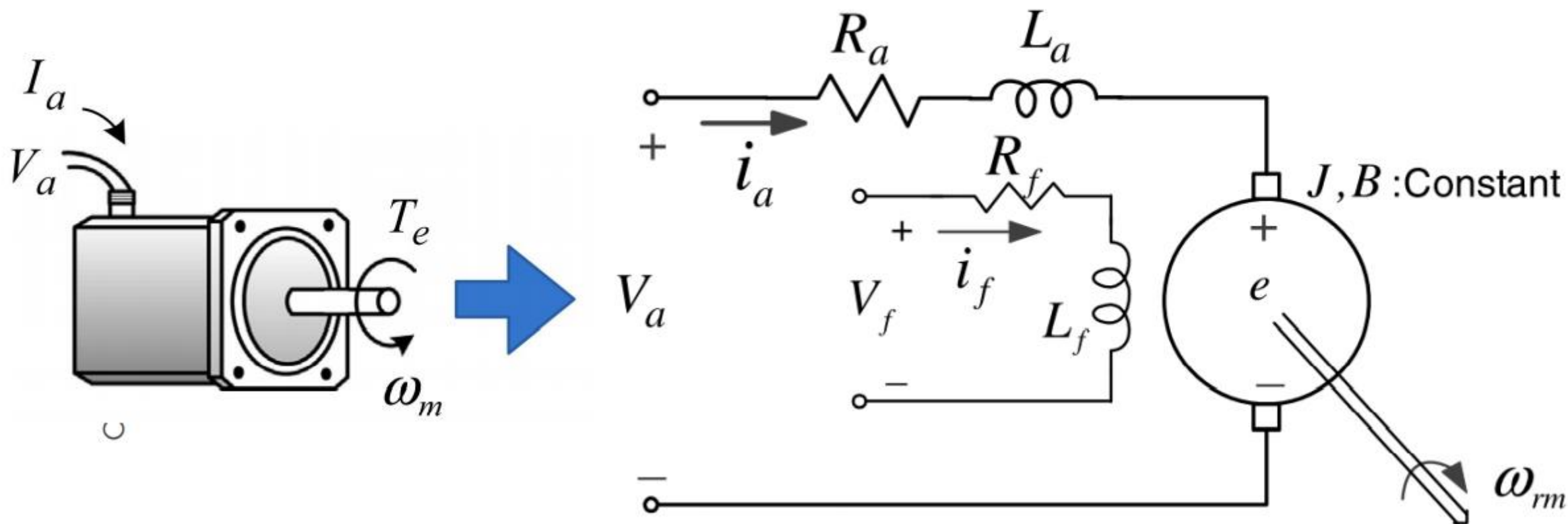
Chế độ hãm

04

Cấu trúc điều khiển

1. Thông số, mô hình hóa động cơ

a. Phương trình động học



1. Thông số, mô hình hóa động cơ

a. Phương trình động học

○ Điện áp phản ứng:

$$V_a = R_a I_a + L_a \frac{di_a}{dt} + e_a$$

○ Sức phản điện động (Back Electromotive Force – back EMF)

$$e_a = K_T \Phi_f \omega_m$$

○ Mô men điện từ:

$$T_e = K_e \Phi_f I_a$$

○ Phương trình chuyển động:

$$T_e = J \frac{d\omega_m}{dt} + B\omega_m + T_L$$

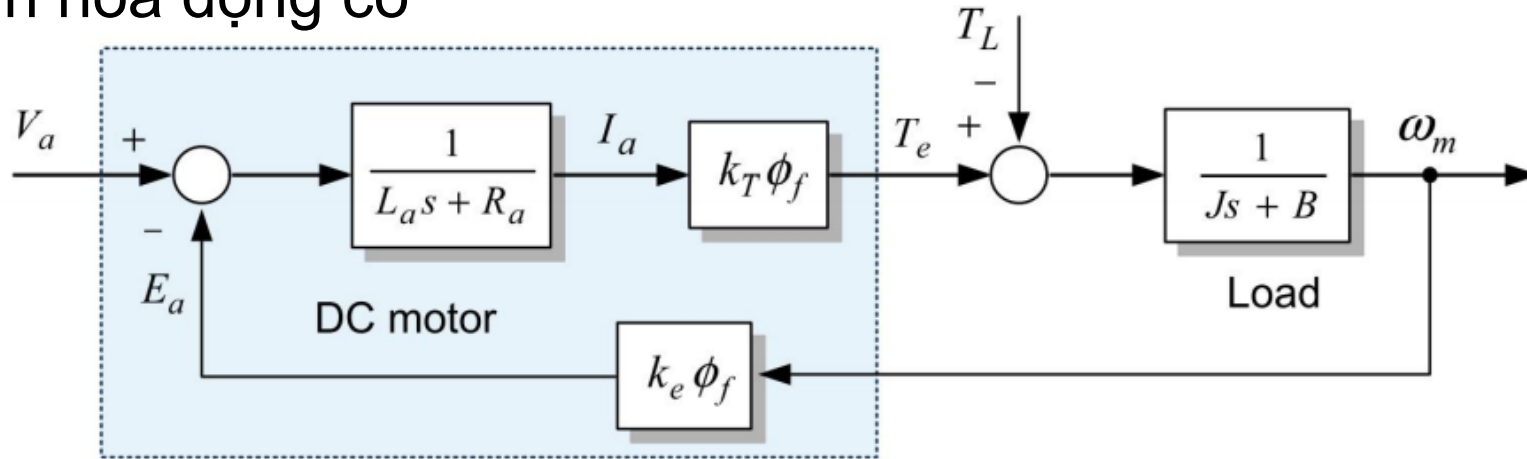
○ Điện áp kích từ

$$U_f = R_f I_f + L \frac{dI_f}{dt}$$

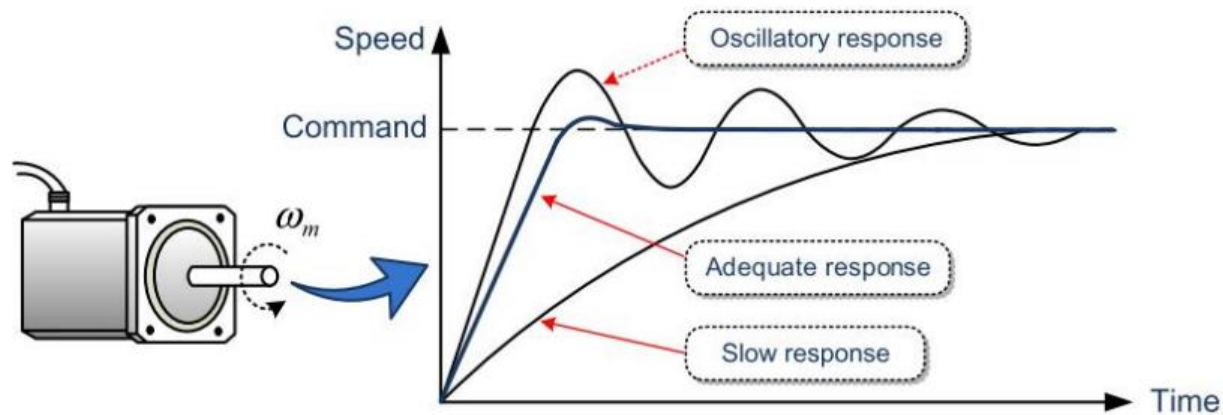
□ Thực tế: $K_T = K_e = K$

1. Thông số, mô hình hóa động cơ

b. Mô hình hóa động cơ



Mô tả động cơ DC kích từ độc lập



Đáp ứng tốc độ của động cơ DC

1. Thông số, mô hình hóa động cơ

c. Mô phỏng mô hình động cơ

Parameter:

$R_a=2.581$

$L_a=0.028$

$K_m_Phi=1.01$

$K_e_phi=1.01$

$J=0.02215$

$M_c=21.5$

$V_a=240$

$$V_a = E_a + R_a I_a + L_a \frac{dI_a}{dt}$$

$$E_a = K_e \phi w(t)$$

$$M_e = K_m \phi I_a$$

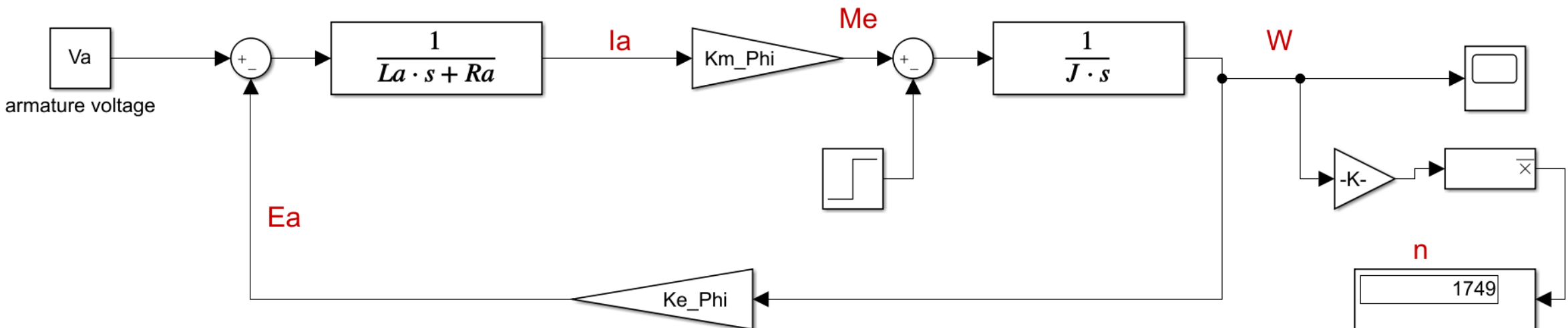
$$M_e - M_c = J \frac{dw}{dt}$$

$$V_a(s) = E_a(s) + R_a I_a(s) + L_a s I_a(s)$$

$$E_a(s) = K_e \phi w(s)$$

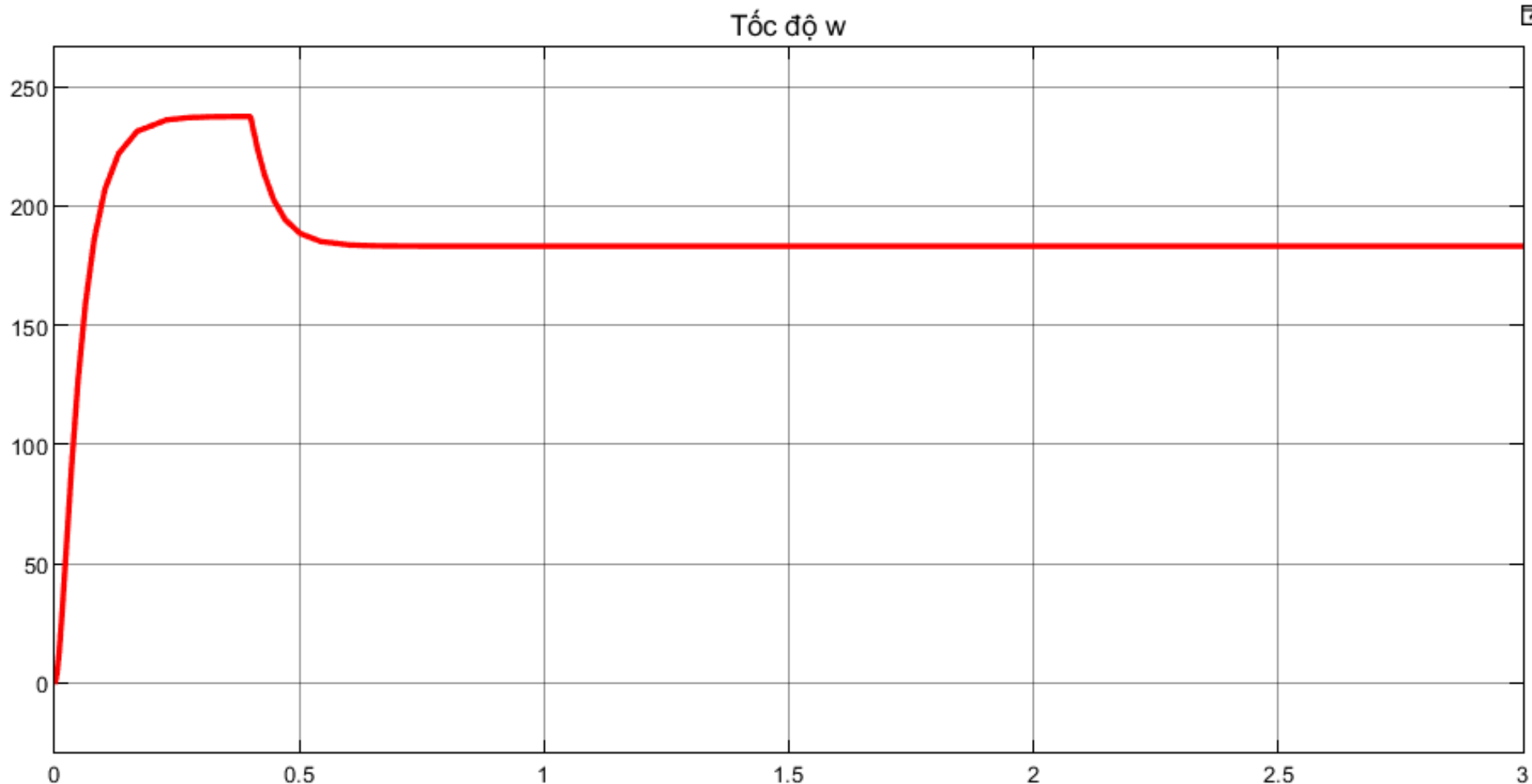
$$I_a = (V_a - K_e \phi w) / (L_a s + R_a)$$

$$w(s) = (K_m \phi I_a - M_c) / J s$$



1. Thông số, mô hình hóa động cơ

c. Mô phỏng mô hình động cơ



Nhận xét :

- Đồ thị mô phỏng sát với lý thuyết
- Thời gian xác lập nhanh ($\sim 0.5s$)
- Đầu ra tốc độ w đúng với tính toán ($\sim 183\text{rad/s}$)

NỘI DUNG

01

Thông số, mô hình hóa động cơ



02

Tham số ảnh hưởng đặc tính cơ

03

Chế độ hãm

04

Cấu trúc điều khiển

2. Tham số ảnh hưởng đến đặc tính cơ

Tính toán các thông số động cơ :

$$P = 5\text{HP} = 3728.5\text{W}$$

$$U_a = 240\text{ V}$$

$$R_a = 2.581\ \Omega$$

$$n = 1750\text{ v/p} \Rightarrow \omega = \frac{n * 2\pi}{60} = 183.26\text{rad / s}$$

$$U_{kt} = 300\text{ V}$$

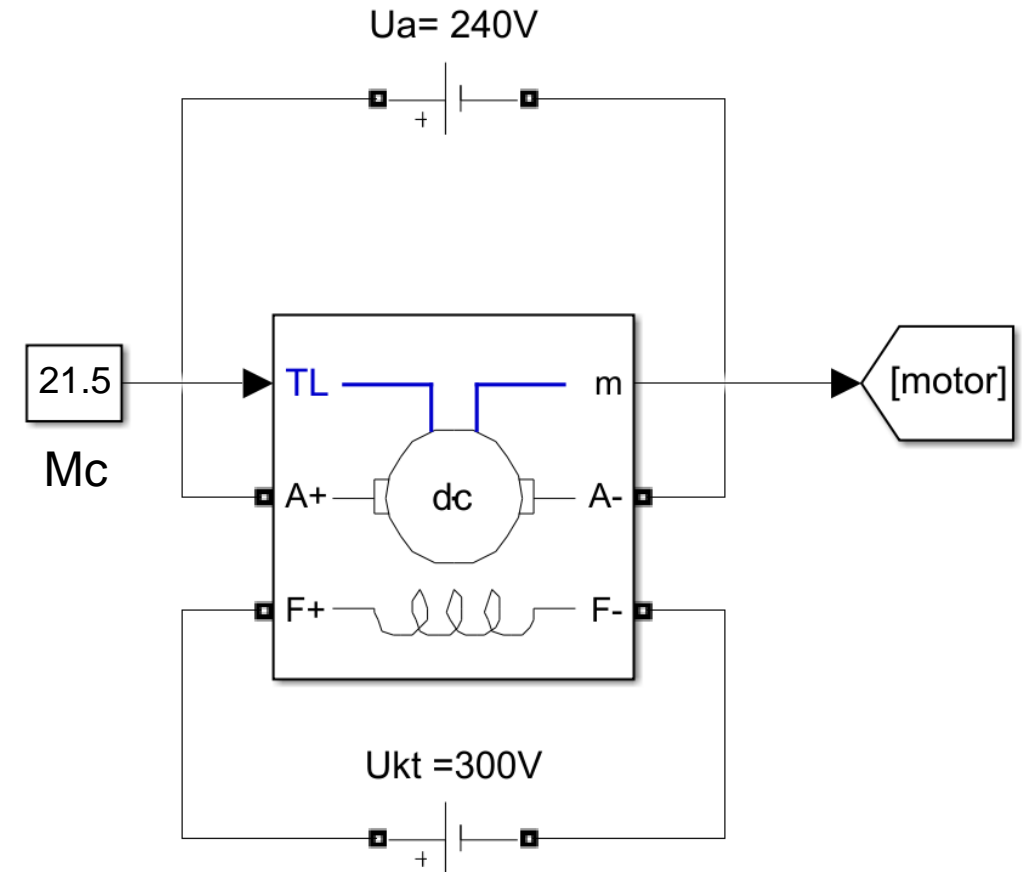
$$\text{Có : } P = M \omega$$

$$\Rightarrow M = \frac{P}{\omega} = \frac{3728.5}{183.26} = 20.345(\text{N.m})$$

Phương trình đặc tính cơ :

$$\omega = \frac{U_a}{k\phi} - \frac{R_a}{(k\phi)^2} \cdot M \Rightarrow 183.26 = \frac{240}{k\phi} - \frac{2.581 * 20.345}{(k\phi)^2}$$

$$\Rightarrow k\phi = 1.032(\text{T})$$



2. Tham số ảnh hưởng đến đặc tính cơ

a. Thay đổi điện trở phần ứng

$$\omega_o = \frac{V_a}{K\phi} = \frac{240}{1.03} = 233(\text{rad} / \text{s})$$

- $R_1 = 2.581 \Omega$

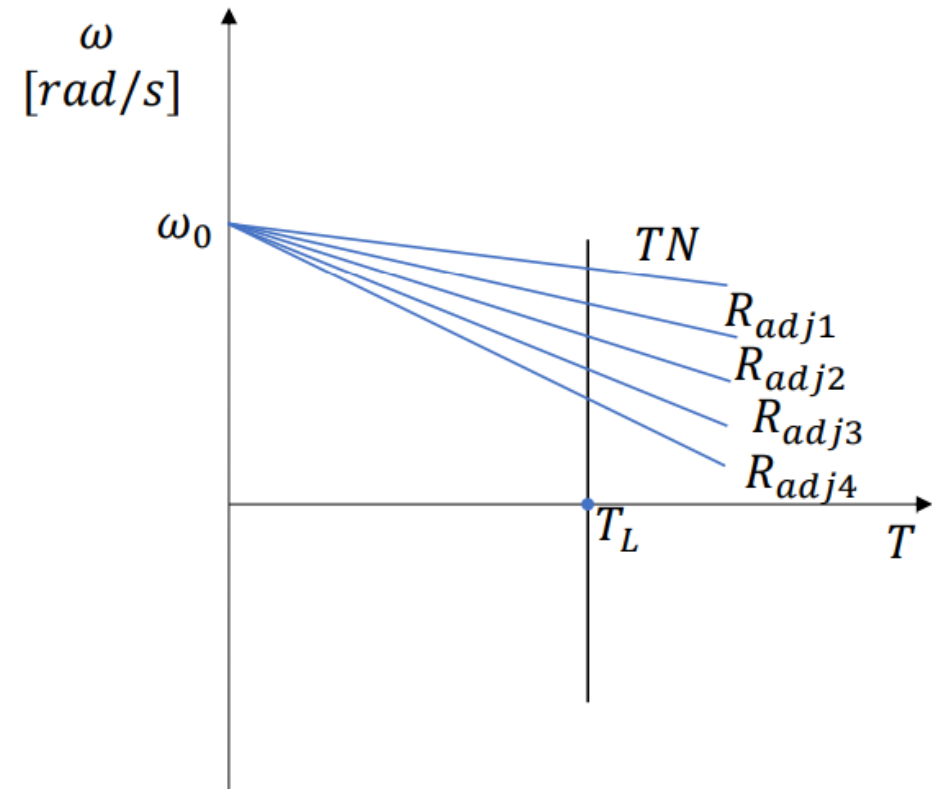
$$\omega = \frac{V_a}{K\phi} - \frac{R_1}{(K\phi)^2} \cdot M = \frac{240}{1.03} - \frac{2.581}{1.03^2} \cdot M = 233 - 2.4M$$

- $R_2 = 3.581 \Omega$

$$\omega = \frac{V_a}{K\phi} - \frac{R_2}{(K\phi)^2} \cdot M = \frac{240}{1.03} - \frac{3.581}{1.03^2} \cdot M = 233 - 3.4M$$

- $R_3 = 4.581 \Omega$

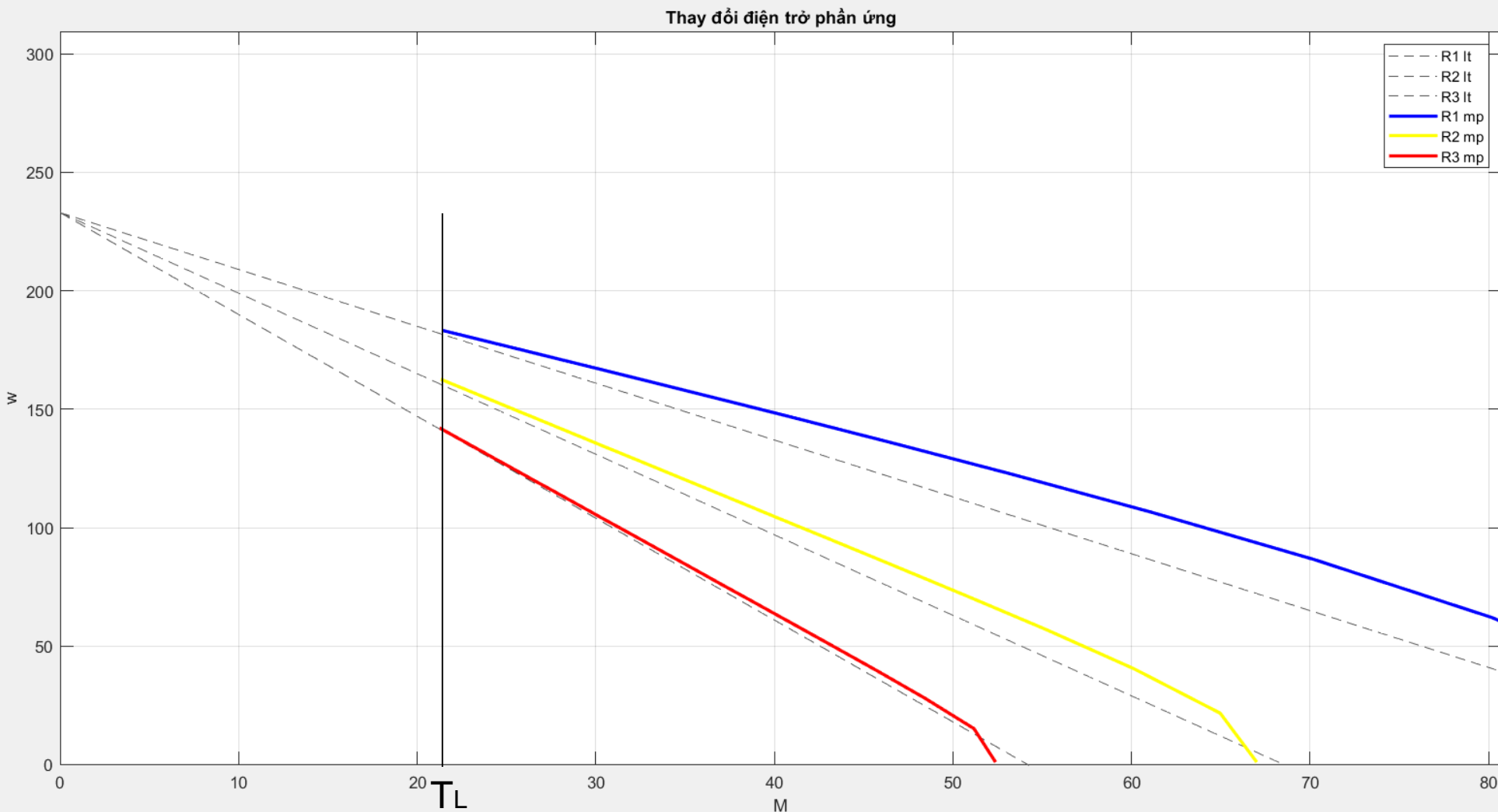
$$\omega = \frac{V_a}{K\phi} - \frac{R_3}{(K\phi)^2} \cdot M = \frac{240}{1.03} - \frac{4.581}{1.03^2} \cdot M = 233 - 4.3M$$



R_{adj} càng lớn thì β càng nhỏ

2. Tham số ảnh hưởng đến đặc tính cơ

a. Thay đổi điện trở phần ứng



Nhận xét :

- Kết quả mô phỏng khá sát với lý thuyết.
- Khi tăng điện trở phần ứng thì độ cứng giảm, tốc độ không tải không thay đổi.
- Sai số có thể do nhiều yếu tố : Ảnh hưởng bởi điện cảm, công suất động cơ, chế độ tải,...

2. Tham số ảnh hưởng đến đặc tính cơ

b. Thay đổi điện áp phần ứng

- $V_{a1} = 240(\text{V})$

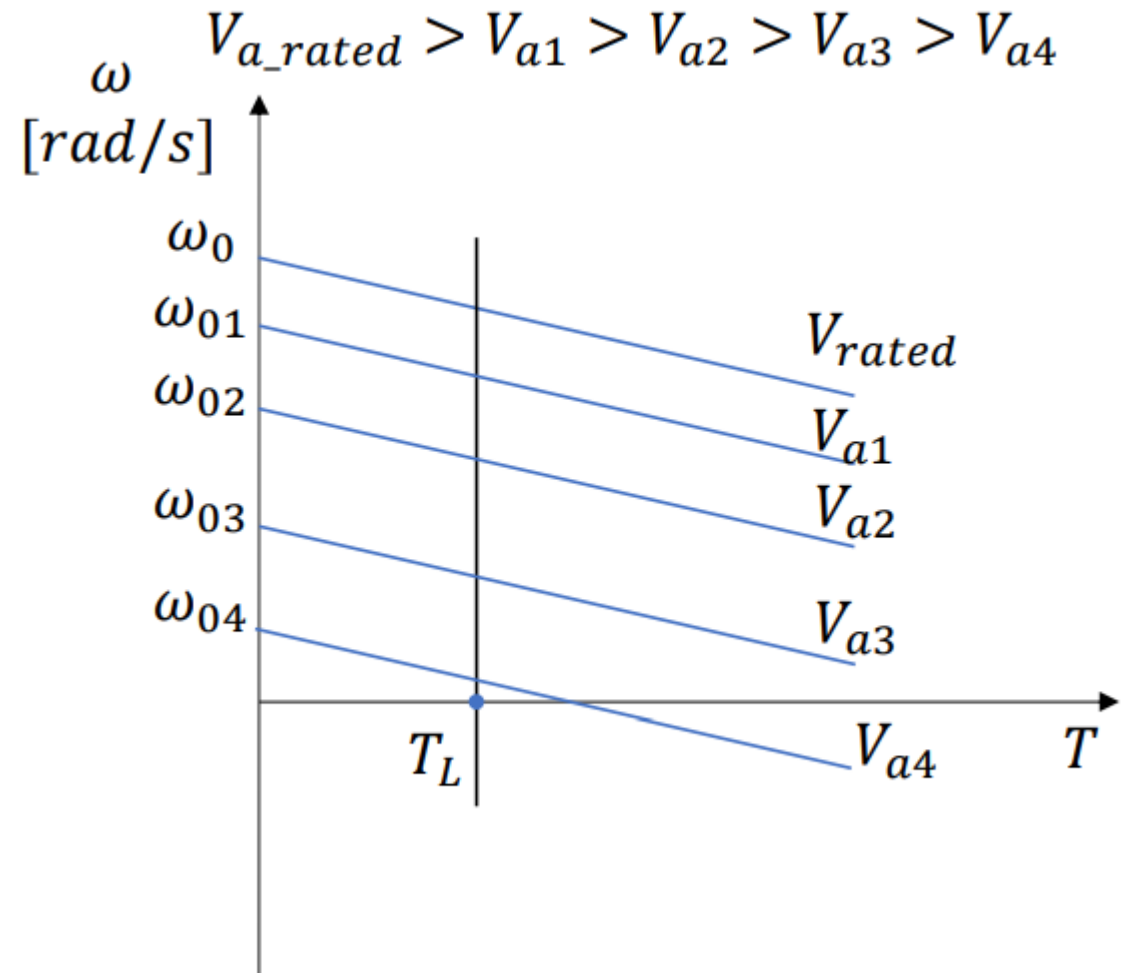
$$\omega = \frac{V_{a1}}{K\phi} - \frac{R}{(K\phi)^2} \cdot M = \frac{240}{1.03} - \frac{2.581}{1.03^2} \cdot M = 233 - 2.4M$$

- $V_{a2} = 200(\text{V})$

$$\omega = \frac{V_{a2}}{K\phi} - \frac{R}{(K\phi)^2} \cdot M = \frac{200}{1.03} - \frac{2.581}{1.03^2} \cdot M = 194 - 2.4M$$

- $V_{a3} = 160(\text{V})$

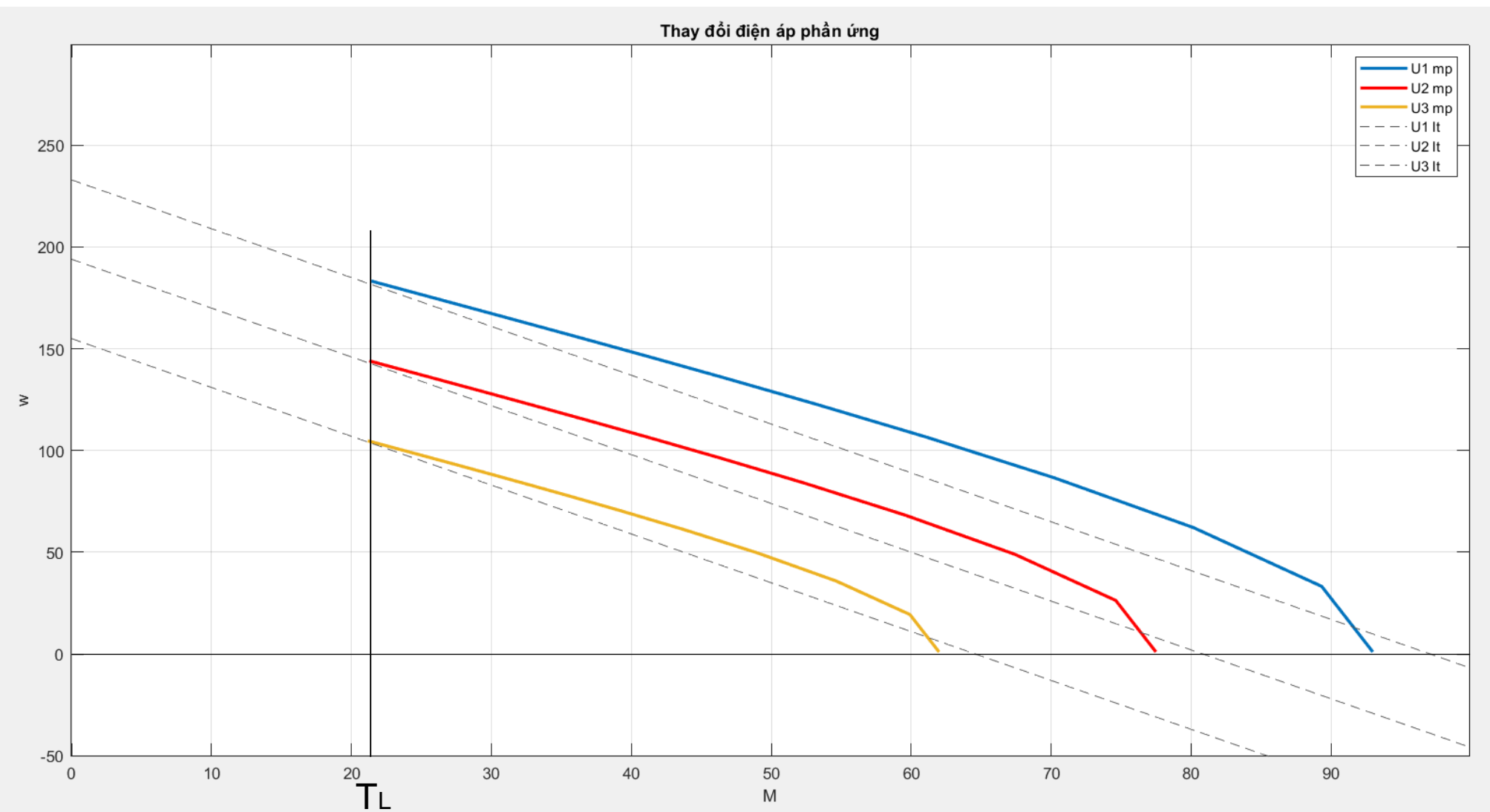
$$\omega = \frac{V_{a3}}{K\phi} - \frac{R}{(K\phi)^2} \cdot M = \frac{160}{1.03} - \frac{2.581}{1.03^2} \cdot M = 155 - 2.4M$$



Giảm $V_x \Rightarrow \omega_{ox}$ giảm theo

2. Tham số ảnh hưởng đến đặc tính cơ

b. Thay đổi điện áp phần ứng



Nhận xét :

- Kết quả mô phỏng khá sát với lý thuyết.
- Khi giảm điện áp phần ứng thì độ cứng không đổi, nhưng tốc độ không tải giảm.
- Sai số có thể do nhiều yếu tố : Ảnh hưởng bởi điện cảm, công suất động cơ, chế độ tải,...

2. Tham số ảnh hưởng đến đặc tính cơ

c. Thay đổi từ thông

Thay đổi từ thông Φ bằng cách thay đổi I_f

Giảm $\Phi_x \Rightarrow \omega_{0x}$ tăng, β giảm

- $U_{kt1} = 300V \Rightarrow K^*\Phi = 1.03$

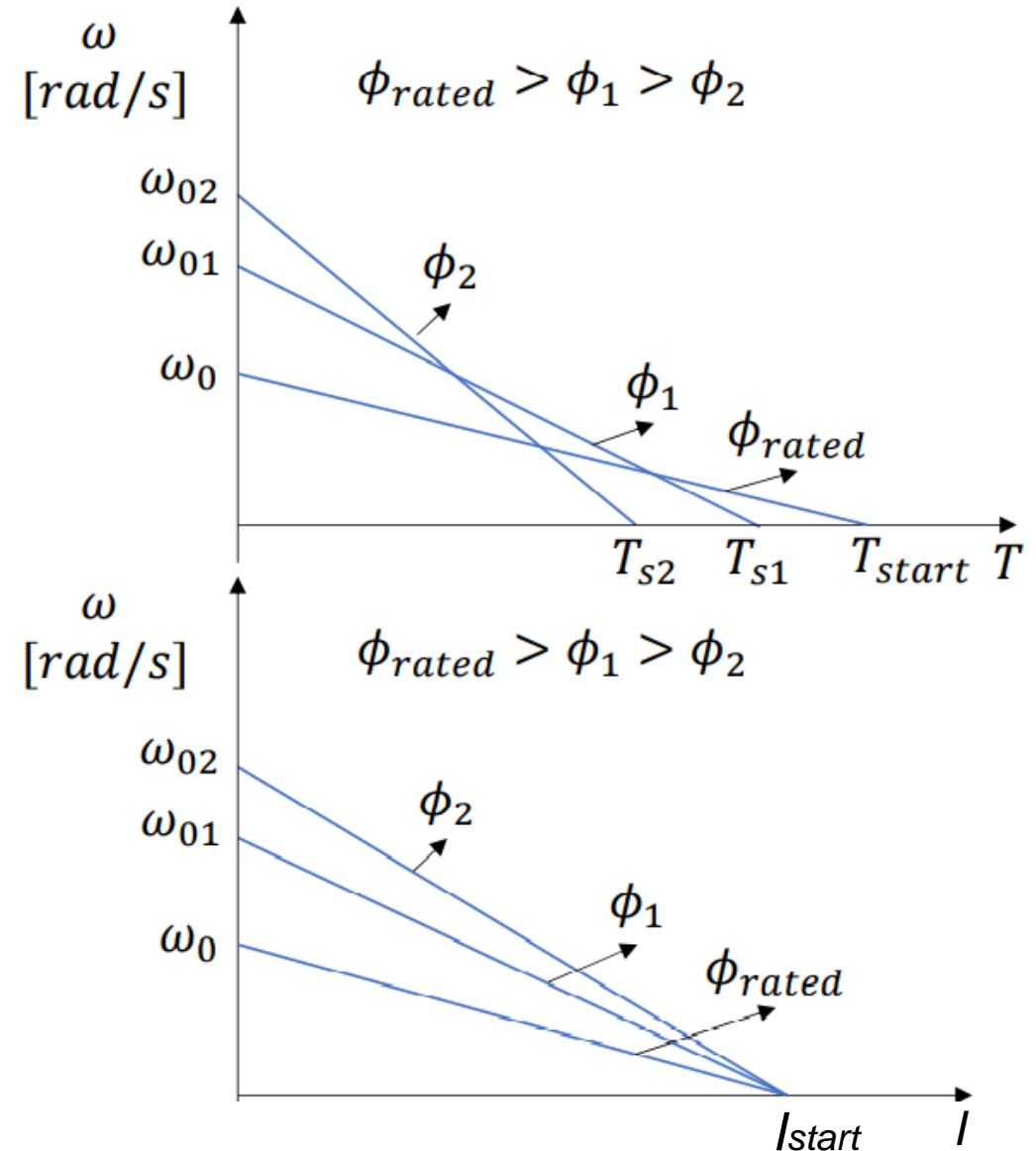
$$\omega = \frac{V_{a1}}{K\phi} - \frac{R}{(K\phi)^2} \cdot M = \frac{240}{1.03} - \frac{2.581}{1.03^2} \cdot M = 233 - 2.4M$$

- $U_{kt1} = 200V \Rightarrow K^*\Phi = 0.67$

$$\omega = \frac{V_{a1}}{K\phi} - \frac{R}{(K\phi)^2} \cdot M = \frac{240}{0.67} - \frac{2.581}{0.67^2} \cdot M = 358 - 5.75M$$

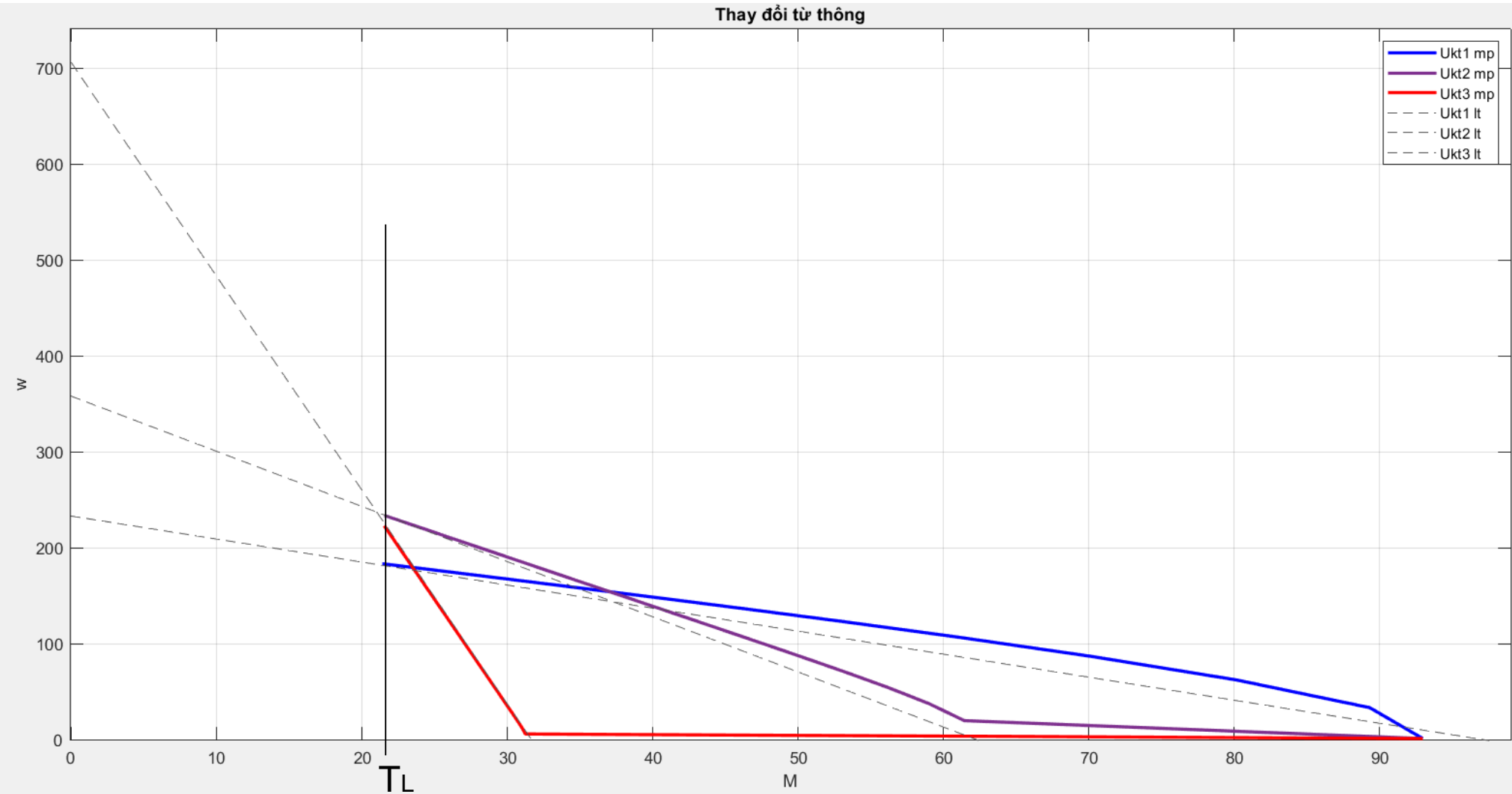
- $U_{kt1} = 100V \Rightarrow K^*\Phi = 0.34$

$$\omega = \frac{V_{a1}}{K\phi} - \frac{R}{(K\phi)^2} \cdot M = \frac{240}{0.34} - \frac{2.581}{0.34^2} \cdot M = 706 - 22.3M$$



2. Tham số ảnh hưởng đến đặc tính cơ

c. Thay đổi từ thông

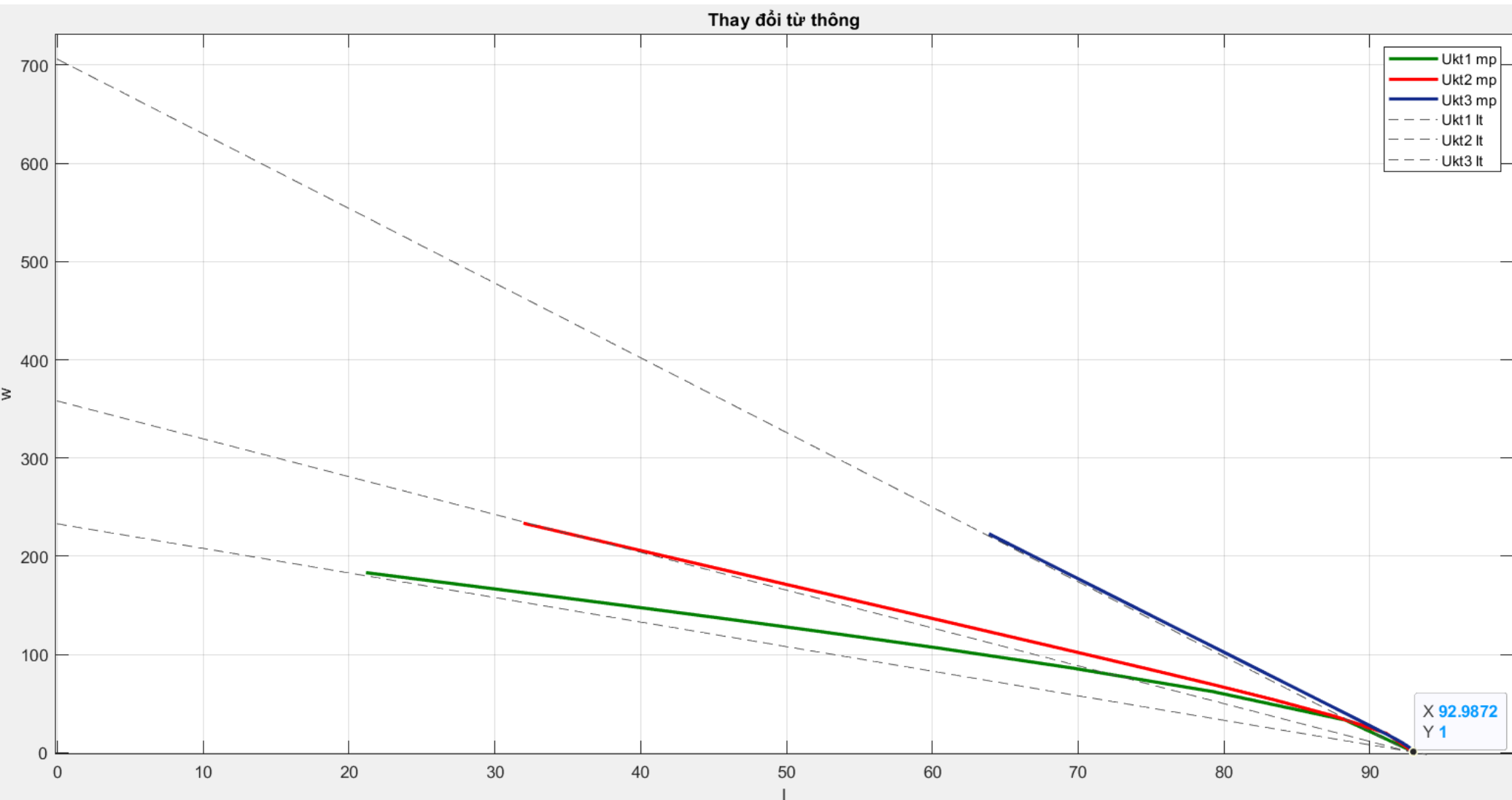


Nhận xét :

- Kết quả mô phỏng khá sát với lý thuyết.
- Khi giảm từ thông bằng cách giảm điện áp phản kích từ thì độ cứng giảm, nhưng tốc độ không tải tăng.
- Sai số có thể do nhiều yếu tố : Ảnh hưởng bởi điện cảm, công suất động cơ, chế độ tải,...

2. Tham số ảnh hưởng đến đặc tính cơ

c. Thay đổi từ thông



Nhận xét :

- Kết quả mô phỏng khá sát với lý thuyết.
- Đường M_c là một đường cong

$$I_{start} = \frac{U_a}{R_a} = 93(A)$$

2. Tham số ảnh hưởng đến đặc tính cơ

d. Thêm điện trở khởi động

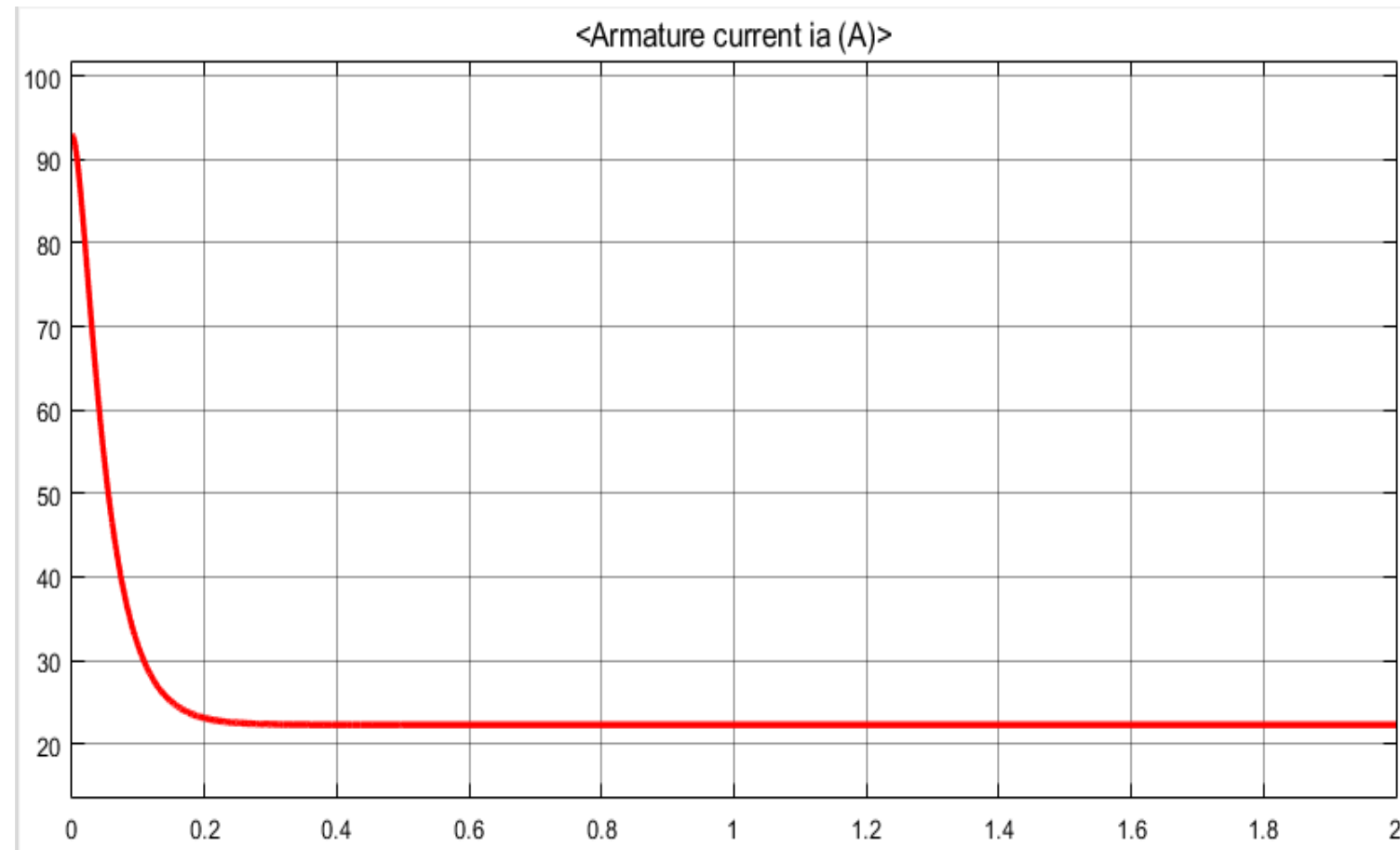
Khi không có điện trở phụ:

$$I_{kđ} = \frac{U_a}{R_a} = \frac{240}{2.581} \approx 92.99 \text{ A}$$

Mà $I_{đm} = 19.71 \text{ A}$

$\Rightarrow I_{kđ}$ gấp 4.7 lần $I_{đm}$

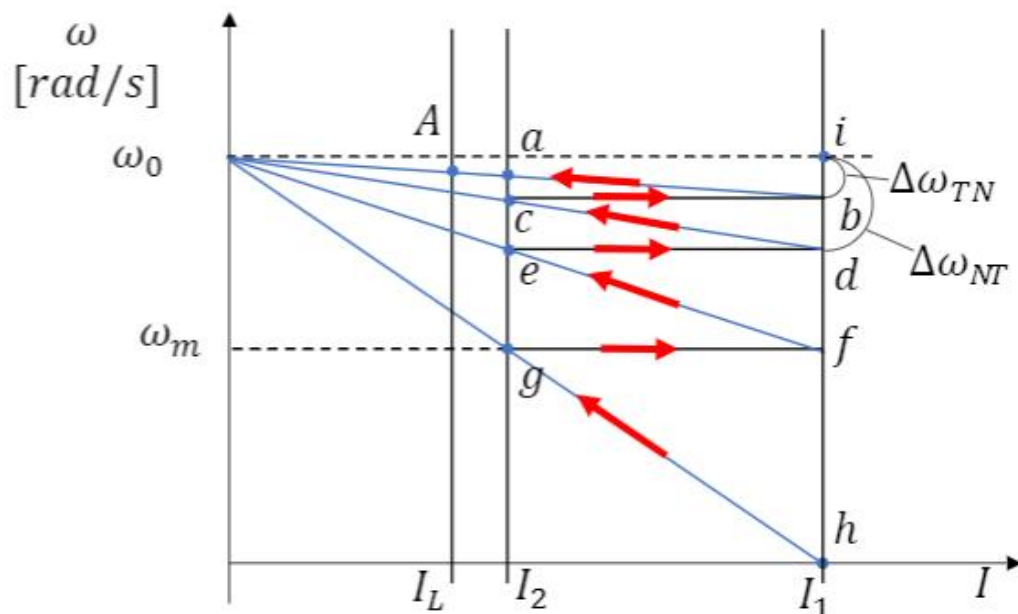
- Các vấn đề khi khởi động trực tiếp :
 - Dòng khởi động rất lớn
 - Độ giật lớn gây ảnh hưởng đến kết cấu cơ khí
 - Nguy hiểm với các phụ tải nâng hạ như cầu trục, thang máy
- Do đó cần phải hạ dòng khởi động bằng cách :
 - Dùng thêm điện trở phụ
 - Tăng dần dần điện áp phần ứng
- Yêu cầu : Dòng khi bắt đầu mở máy $I_{kđ} \leq 2.5 I_{đm}$



2. Tham số ảnh hưởng đến đặc tính cơ

d. Thêm điện trở khởi động

- Thông số:
 $V_a = 240\text{V}$;
 $R_a = 2.581$; $\Rightarrow I_{dm} = 19.71\text{A}$
 $V_{kt} = 300\text{V}$.
 - Chọn $I_1 = 2 \cdot I_{dm} = 39.42\text{A} \Rightarrow R_m = 6.088\Omega$
- Mở máy cưỡng bức:



Bộ khởi động có 3 cấp điện trở.

- Ta có $\lambda = \sqrt[3]{\frac{R_m}{R_u}}$

$\Rightarrow \lambda = 1.331$

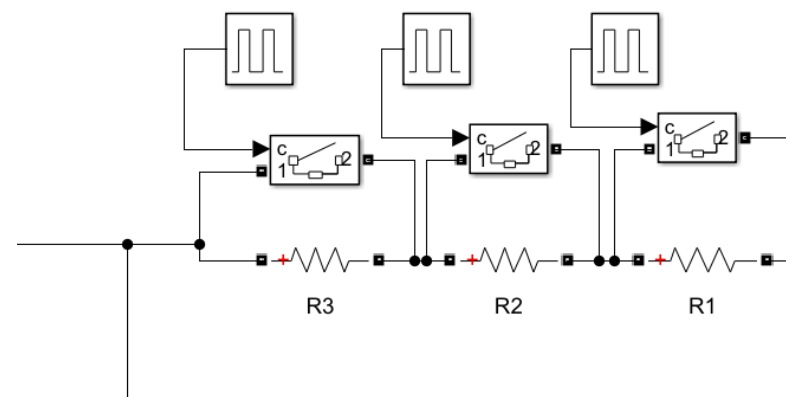
Trị số từng cấp điện trở khởi động:

$R_u = 2.581\Omega$

$R_1 = 0.854\Omega$

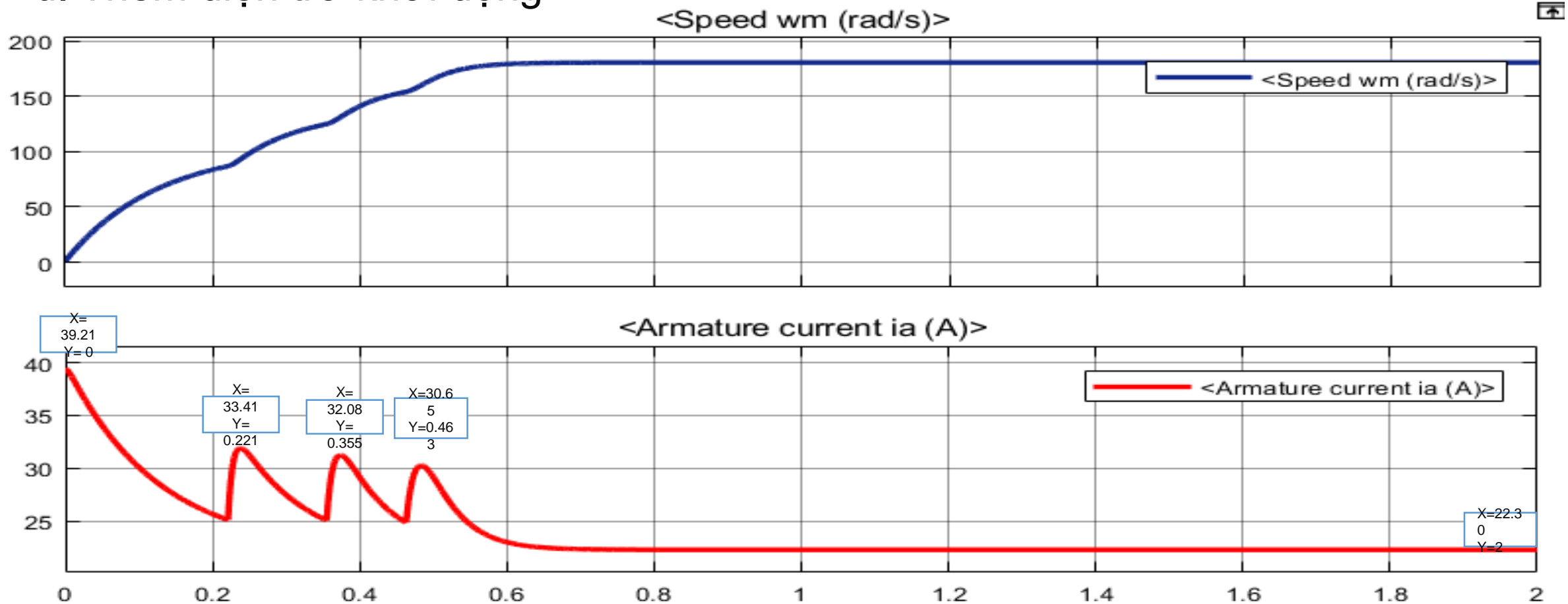
$R_2 = 1.137\Omega$

$R_3 = 1.513\Omega$



2. Tham số ảnh hưởng đến đặc tính cơ

d. Thêm điện trở khởi động



Nhận xét:

- Dòng khởi động giảm từ 92.99 A xuống còn 39.42 A
- Thời gian xác lập tăng từ 0.3 s lên 0.7s

NỘI DUNG

01 Thông số, mô hình hóa động cơ

02 Tham số ảnh hưởng đặc tính cơ



03 Chế độ hãm

04 Cấu trúc điều khiển

3. Chế độ hãm

a. Hãm tái sinh :

➤ Khái niệm:

- Hãm tái sinh khi tốc độ quay của động cơ lớn hơn tốc độ không tải lý tưởng ($\omega > \omega_0$)
- Khi hãm tái sinh , sức điện động của động cơ lớn hơn điện áp nguồn ($E > U_v$) , động cơ làm việc như một máy phát song song với lưới và trả năng lượng về nguồn , lúc này thì dòng hãm và mômen hãm đã đổi chiều so với chế độ động cơ .
- Khi hãm tái sinh:

$$I_h = \frac{U_v - E_v}{R} = \frac{K\phi\omega_0 - K\phi\omega}{R}$$

$$\underline{M_h} = K\Phi.I_h < 0$$

3. Chế độ hãm

a. Hãm tái sinh :

➤ Một số trường hợp khi hãm tái sinh:

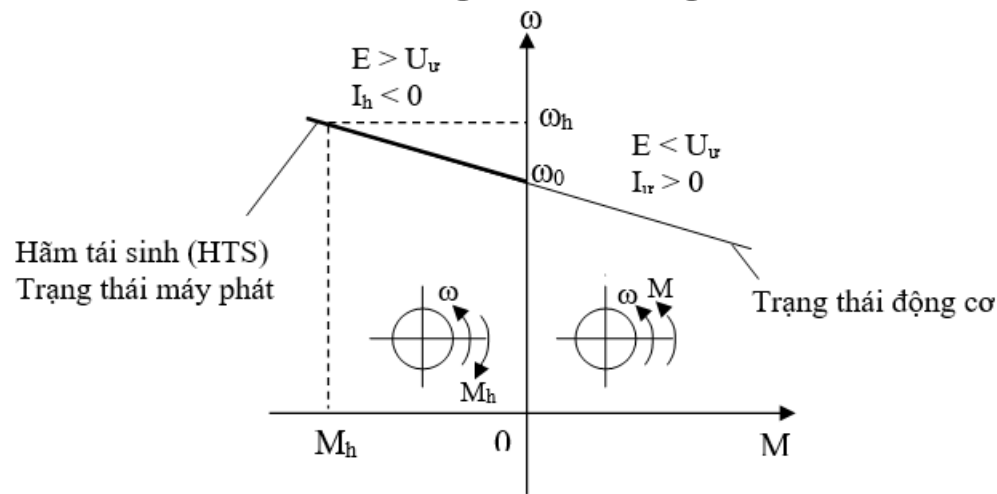
✓ Hãm tái sinh khi $\omega > \omega_0$: Lúc này máy sản xuất như là nguồn động lực quay rôto động cơ , làm cho động cơ trở thành máy phát , phát năng lượng trả về nguồn

Vì $E > U_v$, do đó dòng điện phần ứng sẽ thay đổi chiều so với trạng thái động cơ:

$$I_v = I_h = \frac{U_v - E}{R_{v\Sigma}} < 0 ;$$

$$M_h = K\Phi.I_h < 0 ;$$

- Mômen động cơ đổi chiều ($M < 0$) và trở nên ngược chiều với tốc độ và trở thành mômen hãm (M_h) .

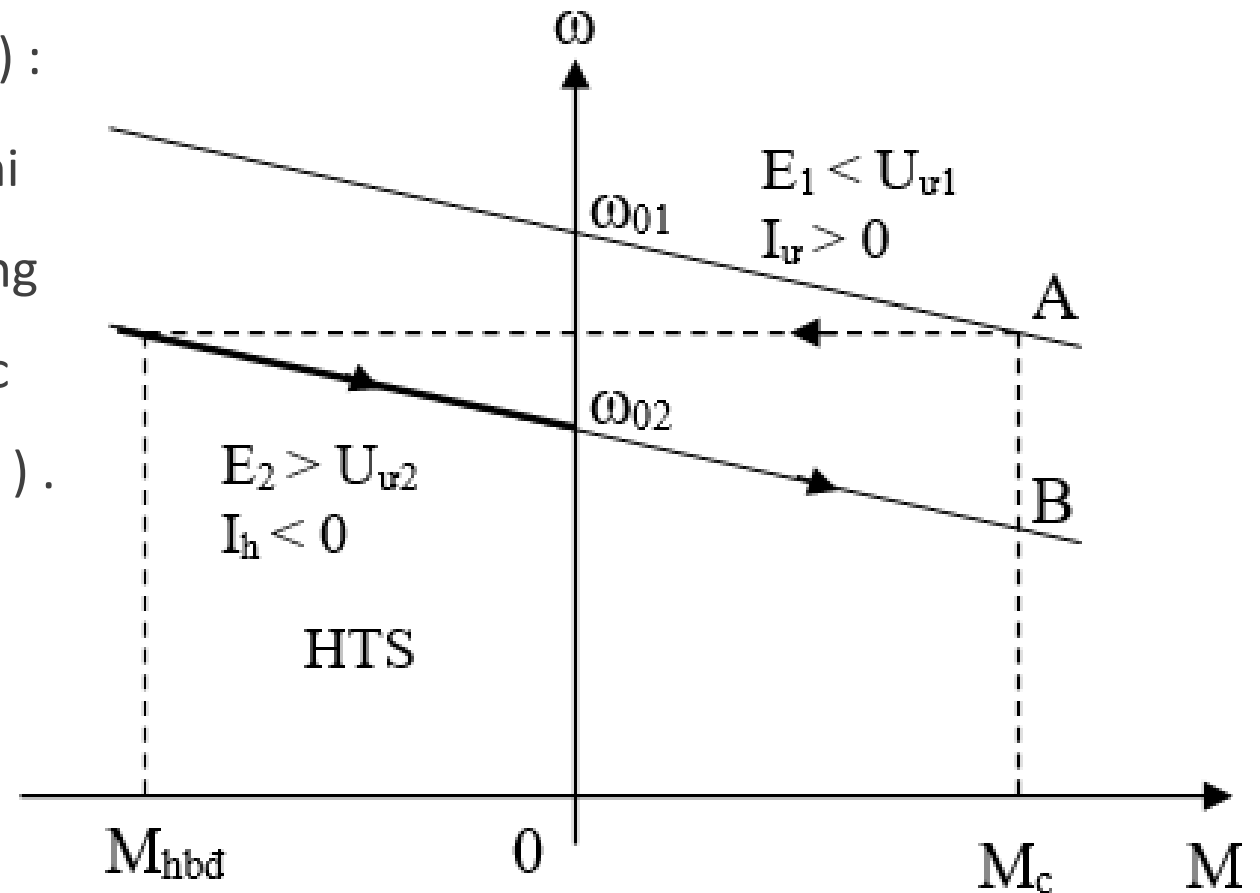


Hãm tái sinh khi có động lực quay động cơ

3. Chế độ hãm

a. Hãm tái sinh :

- ✓ Hãm tái sinh khi giảm điện áp phần ứng ($U_{r2} < U_{r1}$) :
- Lúc này M_c là dạng mômen thế năng ($M_c = M_{tn}$). Khi giảm điện áp đột ngột, tốc độ ω_0 giảm đột ngột trong khi tốc độ ω chưa kịp giảm, làm cho tốc độ trên trục động cơ lớn hơn tốc độ không tải lý tưởng ($\omega > \omega_{02}$). Do động năng tích lũy ở tốc độ cao lớn sẽ tuôn vào trục động cơ làm cho động cơ trở thành máy phát phát năng lượng trả lại nguồn (Hãm tái sinh)



3. Chế độ hãm

a. Hãm tái sinh :

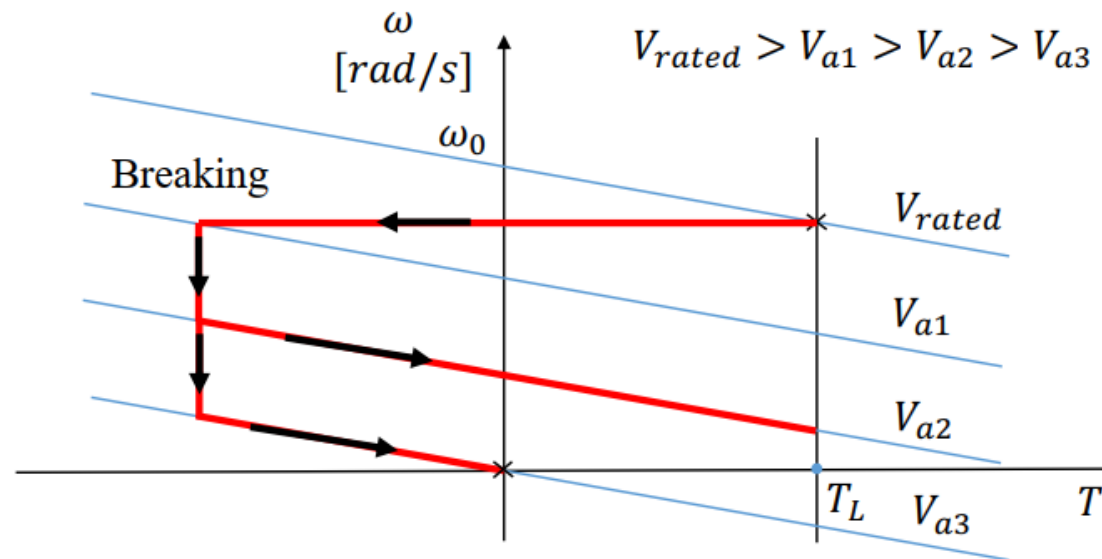
- Công thức tính:

- Công suất điện:

$$I_a = \frac{V_a - e_a}{R_a + R_{ad}} < 0 \text{ do } V_a < e_a$$
$$\rightarrow P_e = V_a I_a < 0$$

- Công suất cơ:

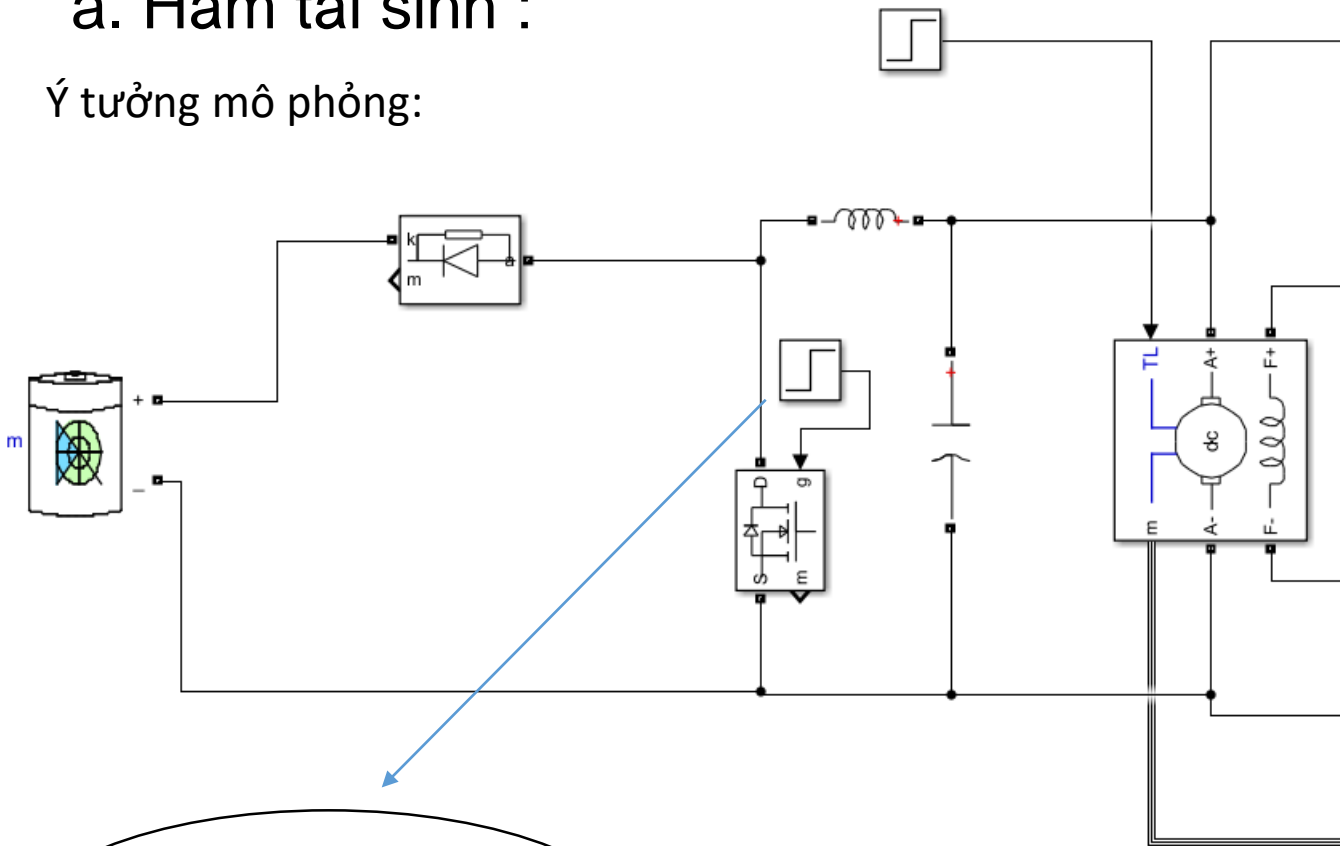
$$P_m = K\Phi_f I_a \omega_m < 0$$



3. Chế độ hãm

a. Hãm tái sinh :

Ý tưởng mô phỏng:



Xung step kích
time 10s

Pin giữ ở
trạng thái
50%

Block Parameters: Battery

Battery (mask) (link)

Implements a generic battery model for most popular battery types. Temperature and aging (due to cycling) effects can be specified for Lithium-Ion battery type.

Parameters Discharge

Type: Lithium-Ion

Temperature

☐ Simulate temperature effects

Aging

☐ Simulate aging effects

Nominal voltage (V) 240

Rated capacity (Ah) 15.5

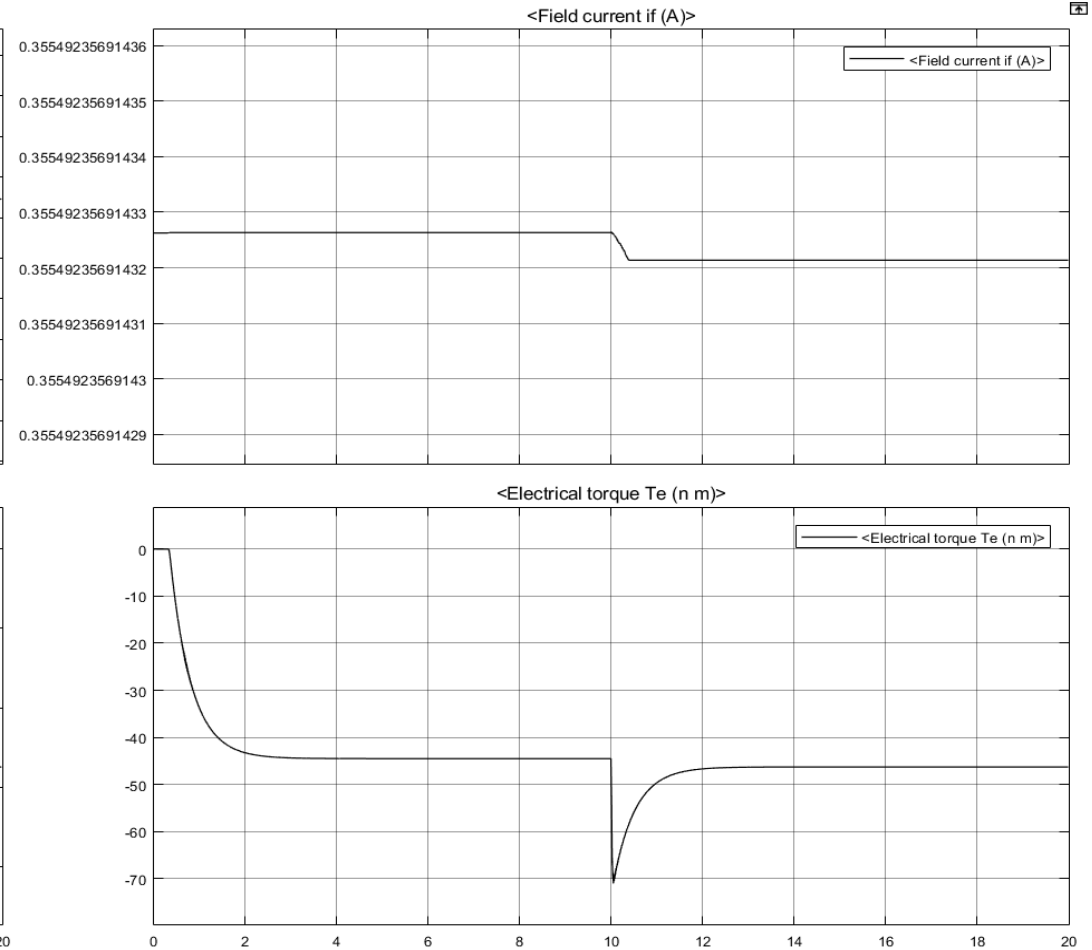
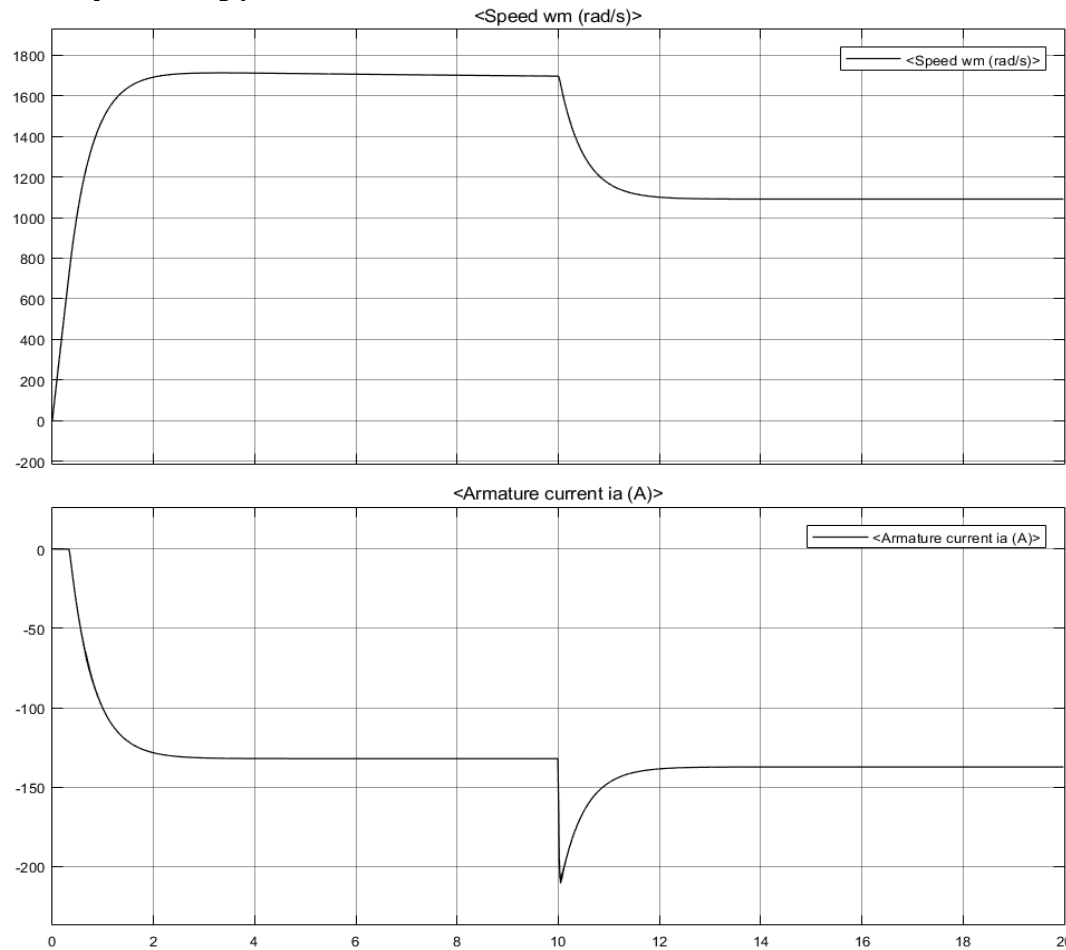
Initial state-of-charge (%) 50

Battery response time (s) 30

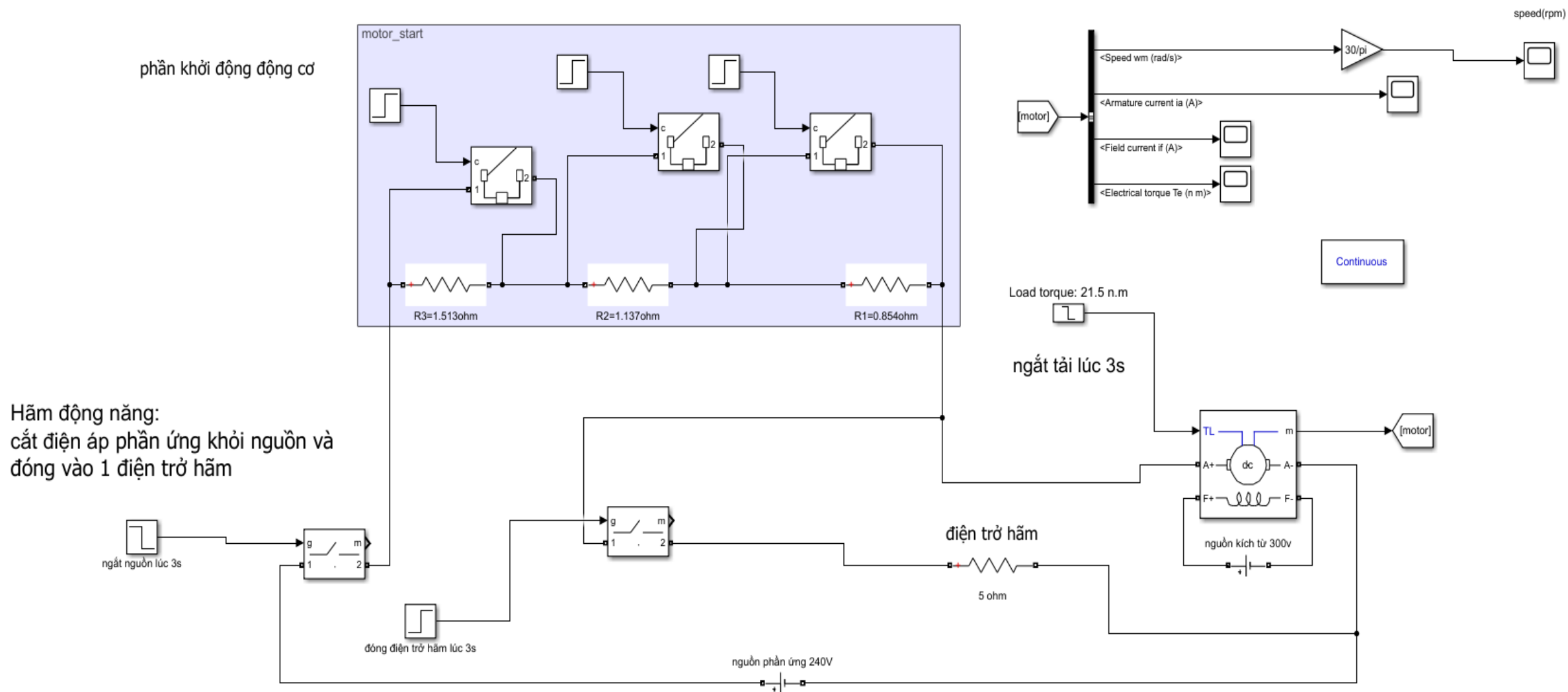
OK Cancel Help Apply

3. Chế độ hãm

a. Hãm tái sinh : Mô phỏng



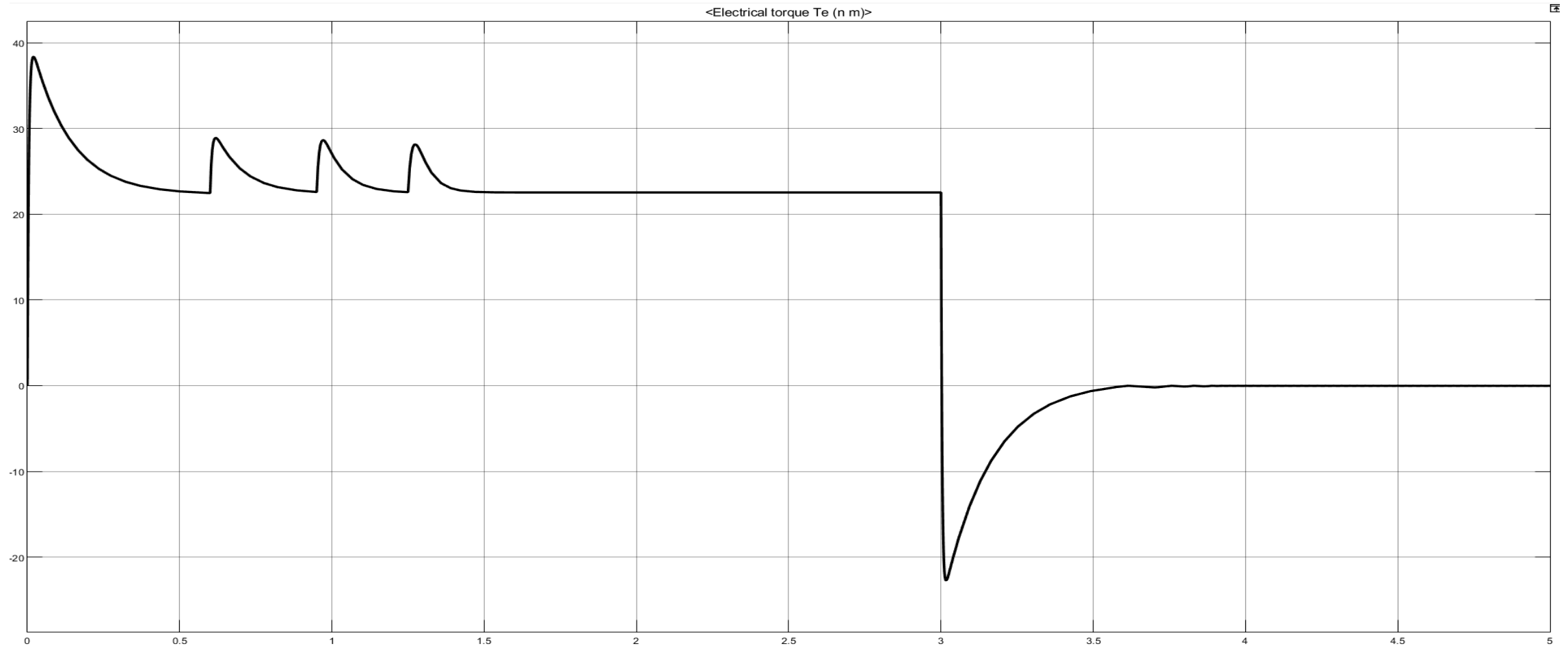
b. Hàm động năng :



3. Chế độ hãm

b. Hãm động năng :

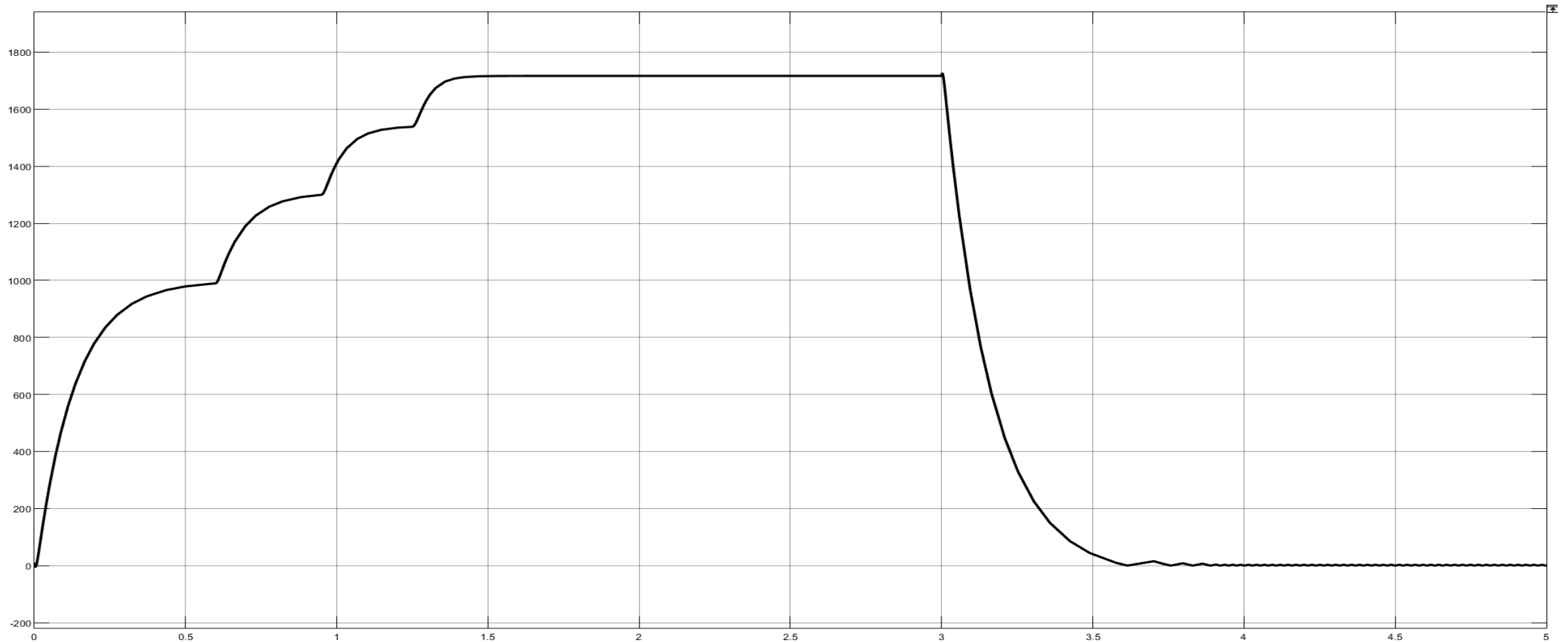
Mô men động cơ (N.M)



3. Chế độ hãm

b. Hãm động năng :

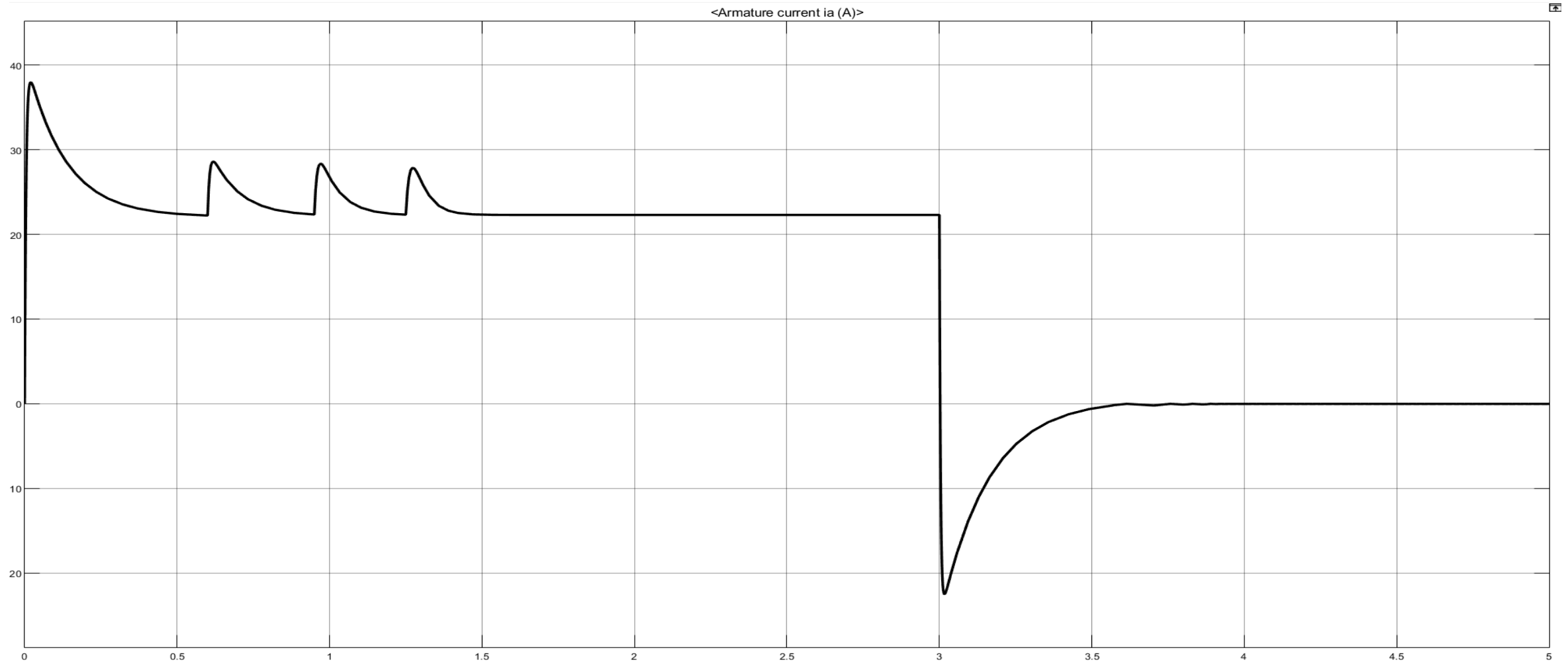
Tốc độ động cơ (rpm)



3. Chế độ hãm

b. Hãm động năng :

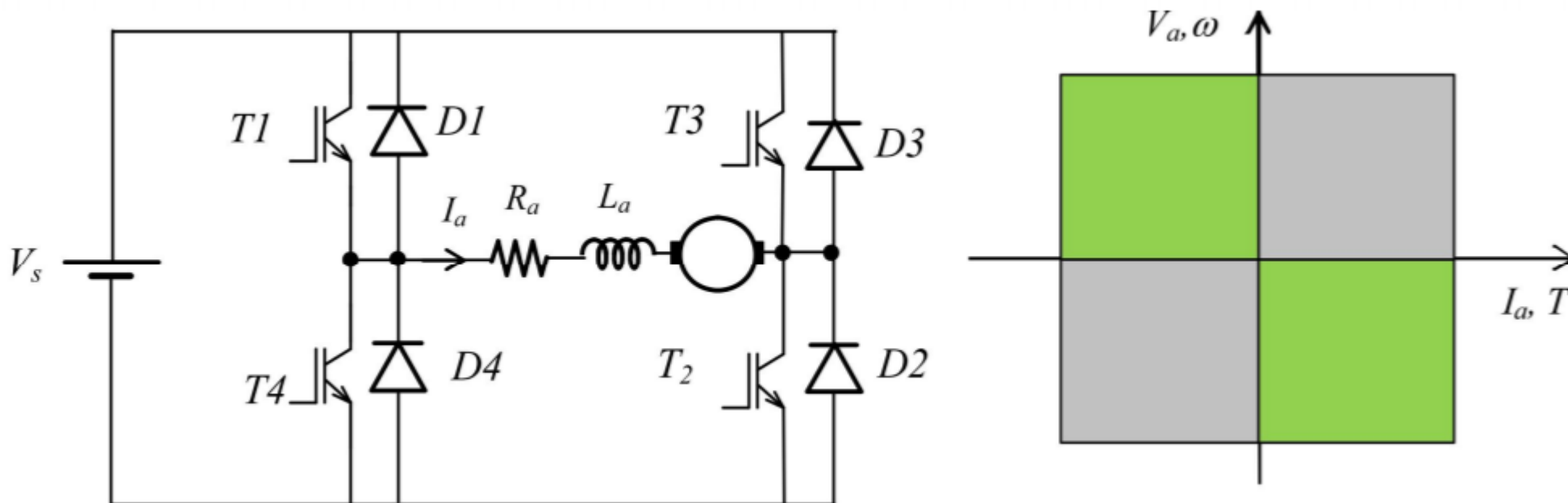
Dòng điện phần ứng (A)



3. Chế độ hãm

b. Hãm ngược :

- **Định nghĩa:** Hãm ngược thực hiện bằng cách đảo chiều động cơ đột ngột (đảo chiều điện áp phần ứng hoặc phần kích từ) hoặc đưa điện trở phụ vào mạch phần ứng
- **Sơ đồ 4 góc phần tư :**

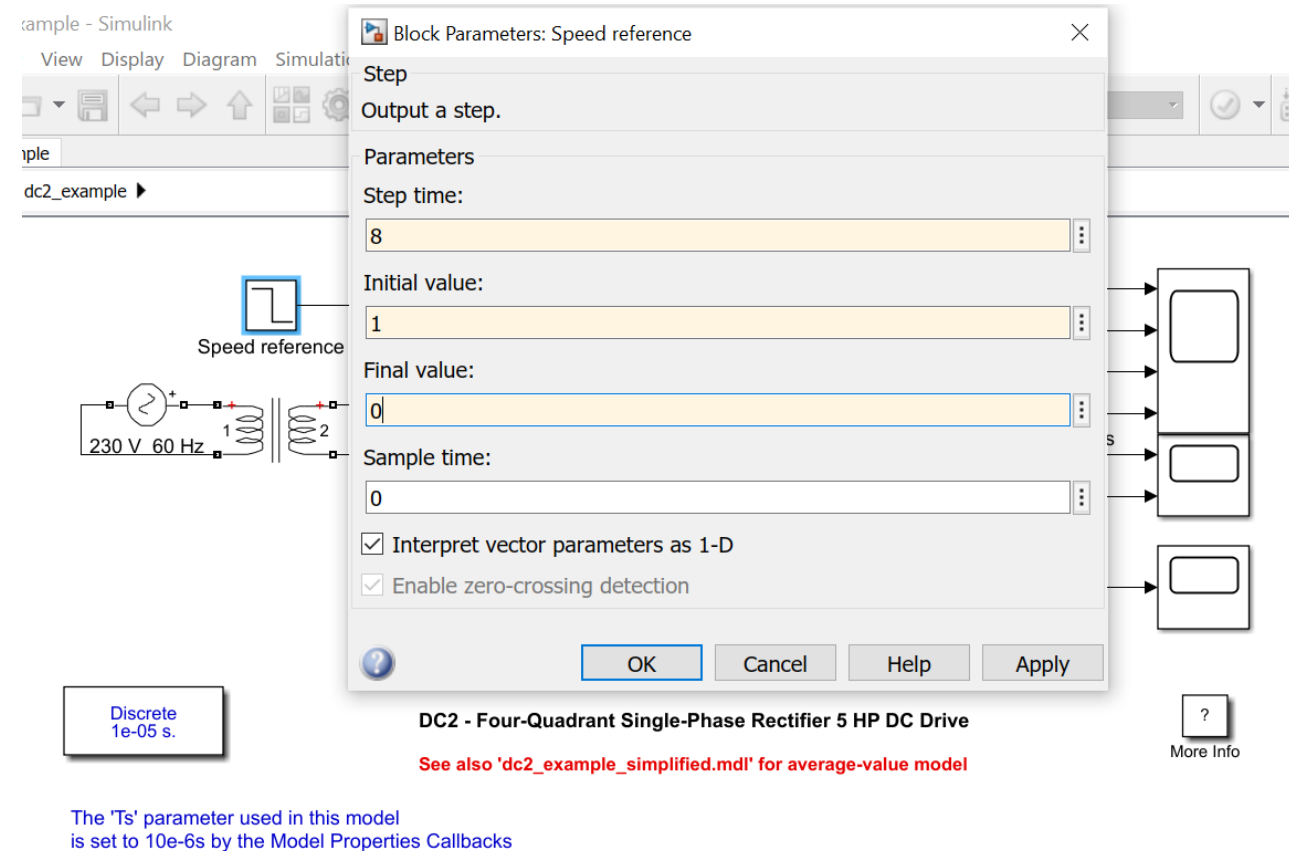


3. Chế độ hãm

b. Hãm ngược :

• Kịch bản :

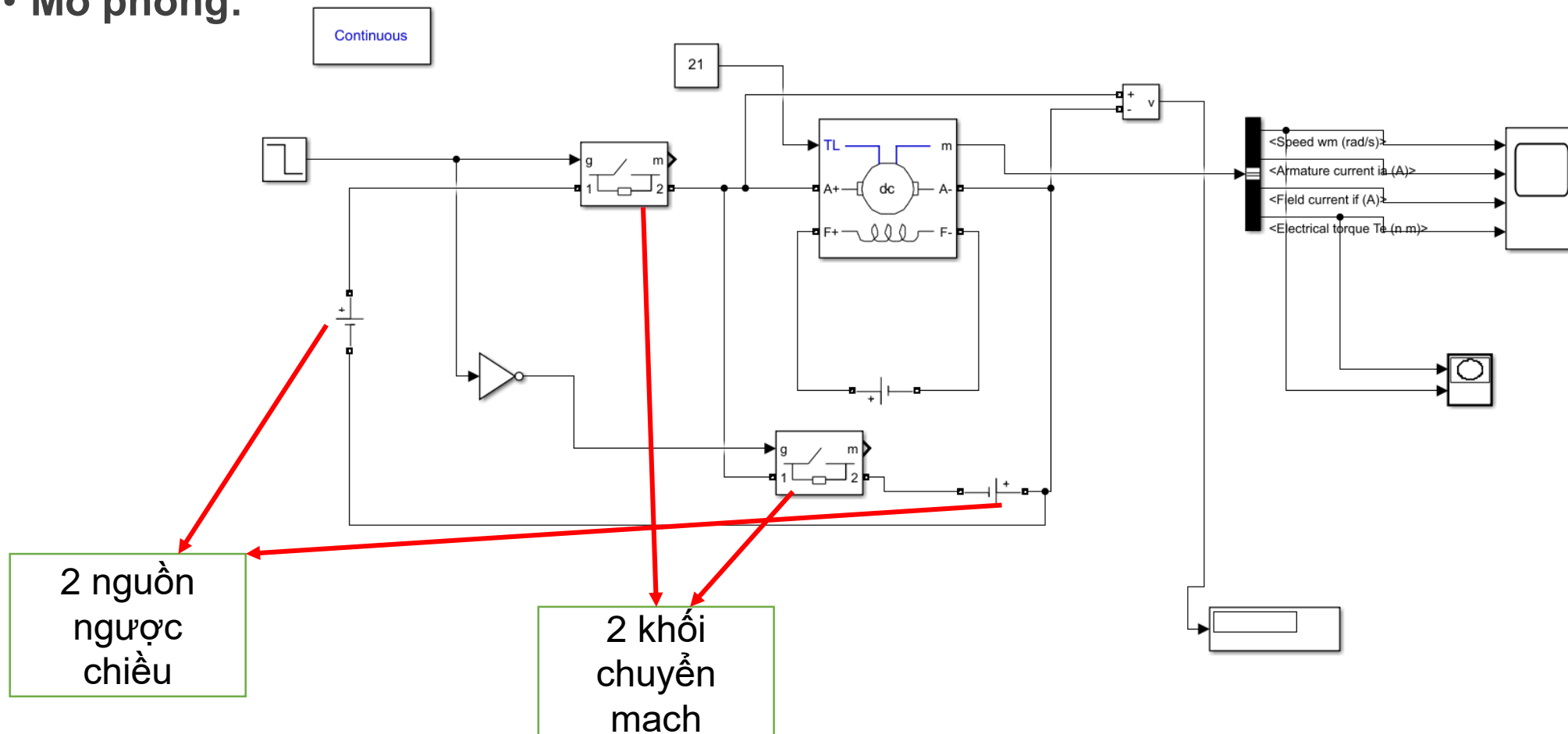
- Ta sẽ đảo chiều điện áp phản ứng khi động cơ đang chạy ổn định bằng xung step : cho khối step giảm từ 1 xuống 0 trong khoảng thời gian là 8s, tại giây thứ 8, đảo chiều điện áp phản ứng.
- Mô hình chạy : 10s đầu động cơ chạy với nguồn áp 240V, tại giây thứ 8 đảo chiều nguồn áp: $V_a=240V$ nhưng có chiều ngược lại.
- Khi vừa đảo chiều, tốc độ động cơ sẽ giữ nguyên nhưng điện áp đặt vào động cơ và điện trở phụ đảo chiều.
- Động cơ giảm dần tốc độ quay đến khi đạt được điểm làm việc ổn định nằm trên đặc tính cơ mới.



3. Chế độ hãm

b. Hãm ngược :

- Mô phỏng:



3. Chế độ hãm

b. Hãm ngược :

- **Tính toán theo lý thuyết :**

- Ta đã có : $R_a=2,581\Omega$; $V_a=240V$; $E_a=300V$; $I_{dm}=19,71A$

- Khi đảo chiều động cơ, dòng phản ứng sẽ có giá trị lớn lên cần tính toán thêm vào một điện trở phụ để hạn chế dòng khi bắt đầu hãm (I_h từ 2 đến 2.5 lần I_{dm}). Chọn $I_h= 2 \cdot I_{dm} \Rightarrow I_h=39,42 A$

- Ta có công thức của dòng phản ứng khi hãm:
$$I_b = \frac{(-V_a - E_a)}{R_a + R_b}$$

$$\Rightarrow R_b = (V_a + E_a) / I_h - R_a = [(240 + 300) / 39,42] - 2,581 = 11,12 \Omega$$

- Đường đặc tính cơ của động cơ trước khi hãm là:

$$\omega = \frac{V_a}{K\phi} - \frac{R_1}{(K\phi)^2} \cdot M = \frac{240}{1,03} - \frac{2,581}{1,03^2} \cdot M = 233 - 2,4M$$

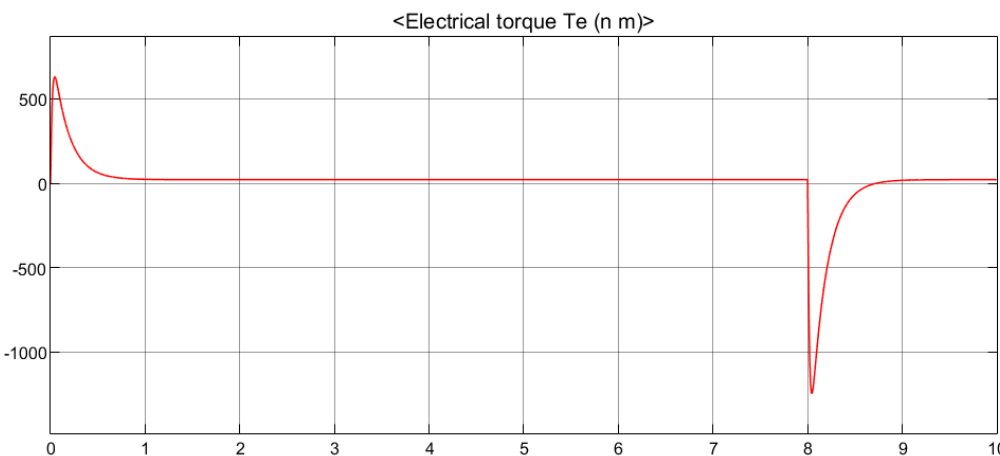
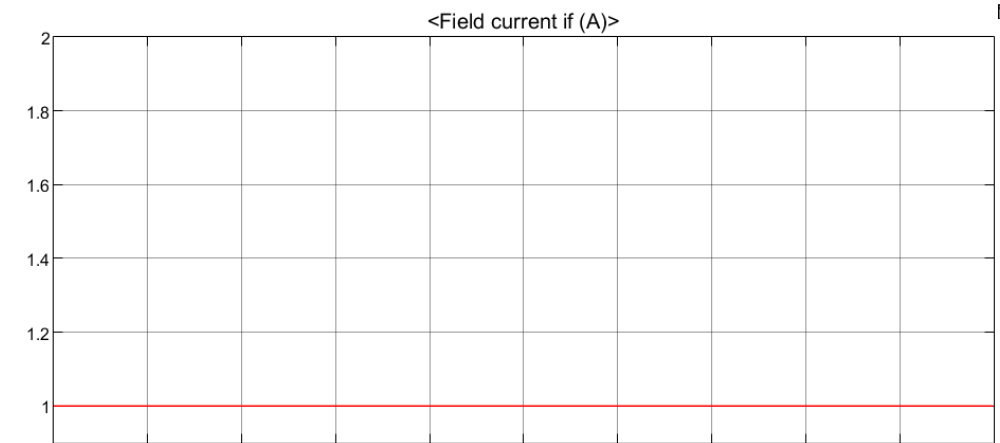
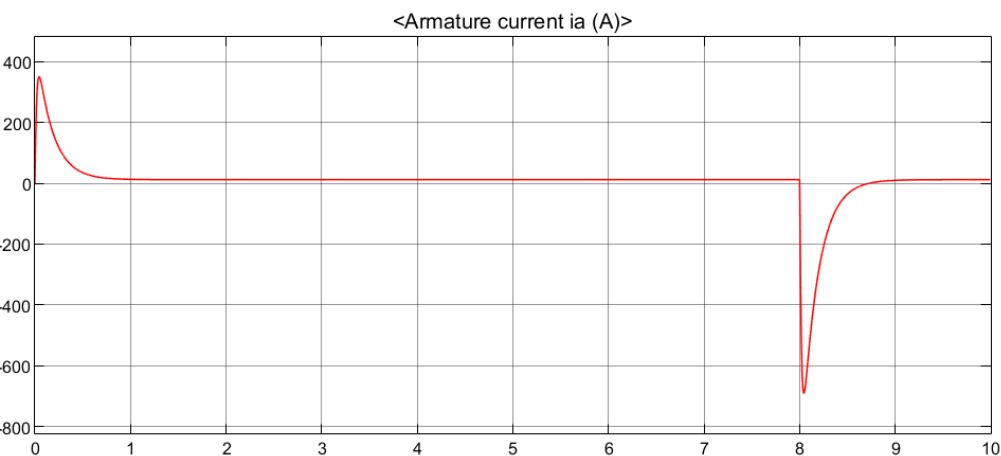
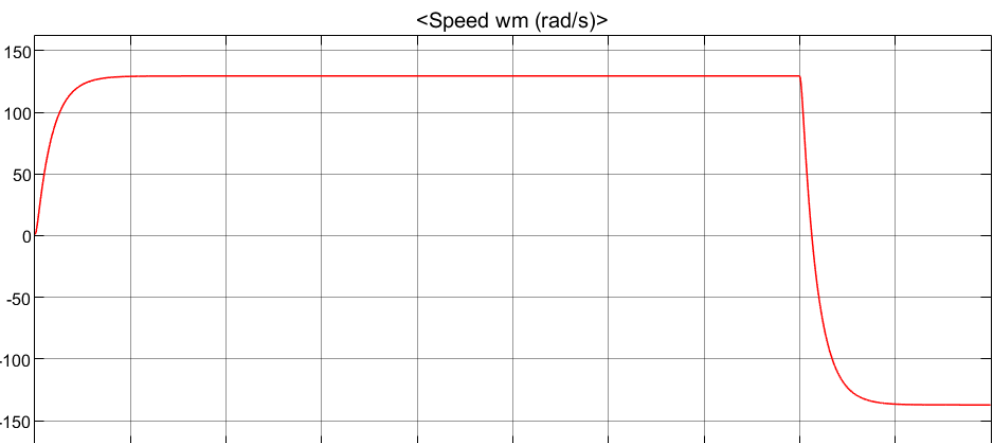
- Đường đặc tính cơ của động cơ sau khi hãm là:

$$\omega = -\frac{V_a}{K\phi} - \frac{R}{(K\phi)^2} \cdot M = -\frac{240}{1,03} - \frac{11,12}{1,03^2} \cdot M = -233 - 10,48M$$

3. Chế độ hãm

b. Hãm ngược :

- **Kết quả mô phỏng**



- **Nhận xét :**

- Kết quả mô phỏng gần đúng với tính toán lý thuyết
- Tại giây thứ 8 theo đồ thị, ta thấy :
 - Dòng điện phản ứng và momen cản đổi chiều và có giá trị lớn hơn nhiều so với khi đang chạy ổn định.
 - Tốc độ động cơ tăng dần tới khi ổn định rồi đảo chiều ở giây thứ 8.

NỘI DUNG

01 Thông số, mô hình hóa động cơ

02 Tham số ảnh hưởng đặc tính cơ

03 Chế độ hãm

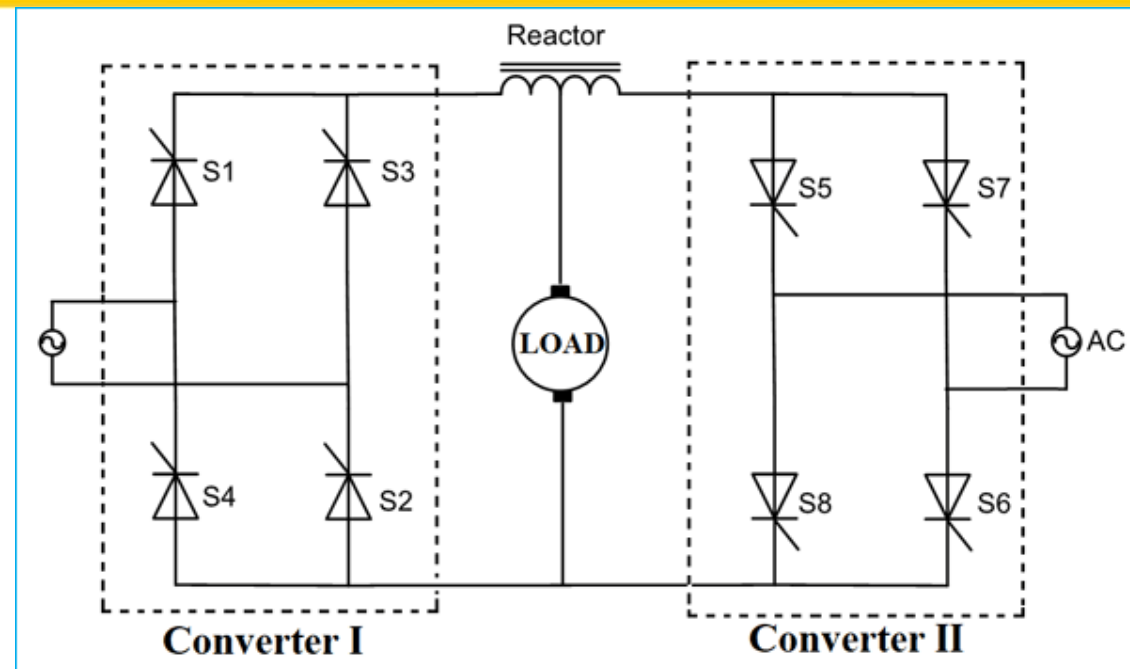
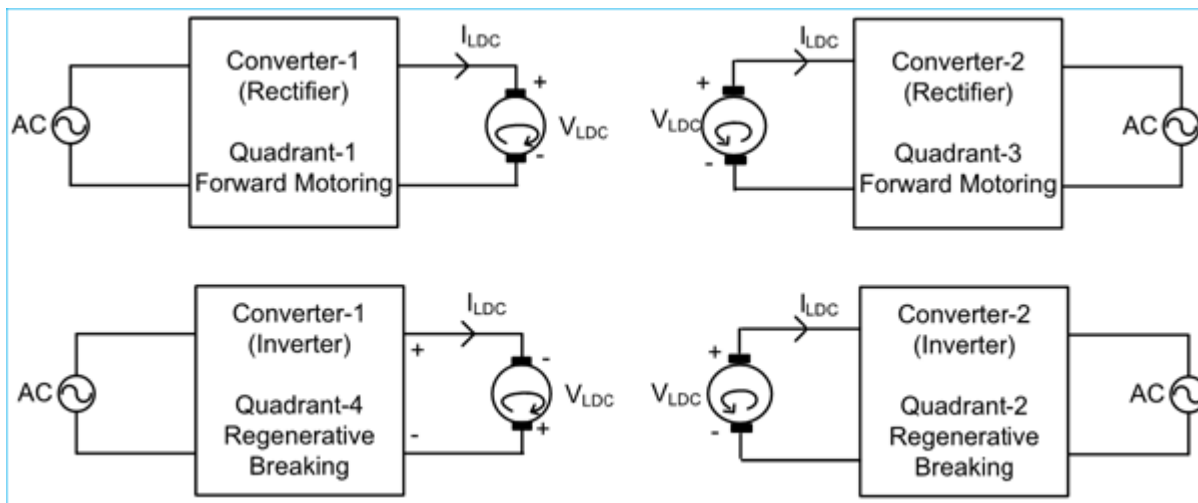


04 Cấu trúc điều khiển

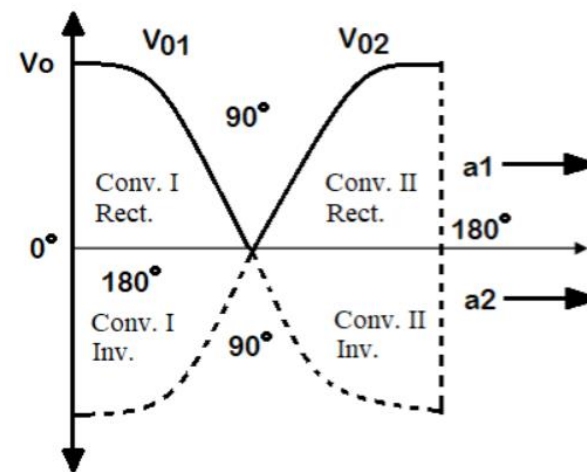
4. Cấu trúc điều khiển

a. Phân tích đề bài

- Bộ biến đổi chỉnh lưu cầu một pha 4 góc phần tư là bộ biến đổi sử dụng 2 bộ converter ngược nhau để cung cấp điện áp DC cho tải, động cơ làm việc ở 4 góc phần tư.
- Hai converter luân phiên làm việc ở hai chế độ. Một converter làm việc ở chế độ chỉnh lưu và converter còn lại làm việc ở chế độ nghịch lưu.



$$\alpha_1 + \alpha_2 = 180^\circ$$



4. Cấu trúc điều khiển

a. Phân tích đề bài

Góc $\alpha_1 < 90$. Conv 1 là chỉnh lưu

Điện áp, dòng điện đều dương

⇒ Bộ biến đổi hoạt động ở **góc phần tư đầu tiên**.

Góc $180 - \alpha_1 = \alpha_2 > 90$. Conv 2 là nghịch lưu

Dòng tải dương, điện áp đầu ra là âm

⇒ Bộ biến đổi hoạt động ở **góc phần tư thứ tư**

⇒ Hãm tái sinh

Góc $\alpha_2 < 90$. Conv 2 là chỉnh lưu.

Điện áp, dòng điện đều âm

⇒ Converter 2 hoạt động ở **góc phần tư thứ ba**

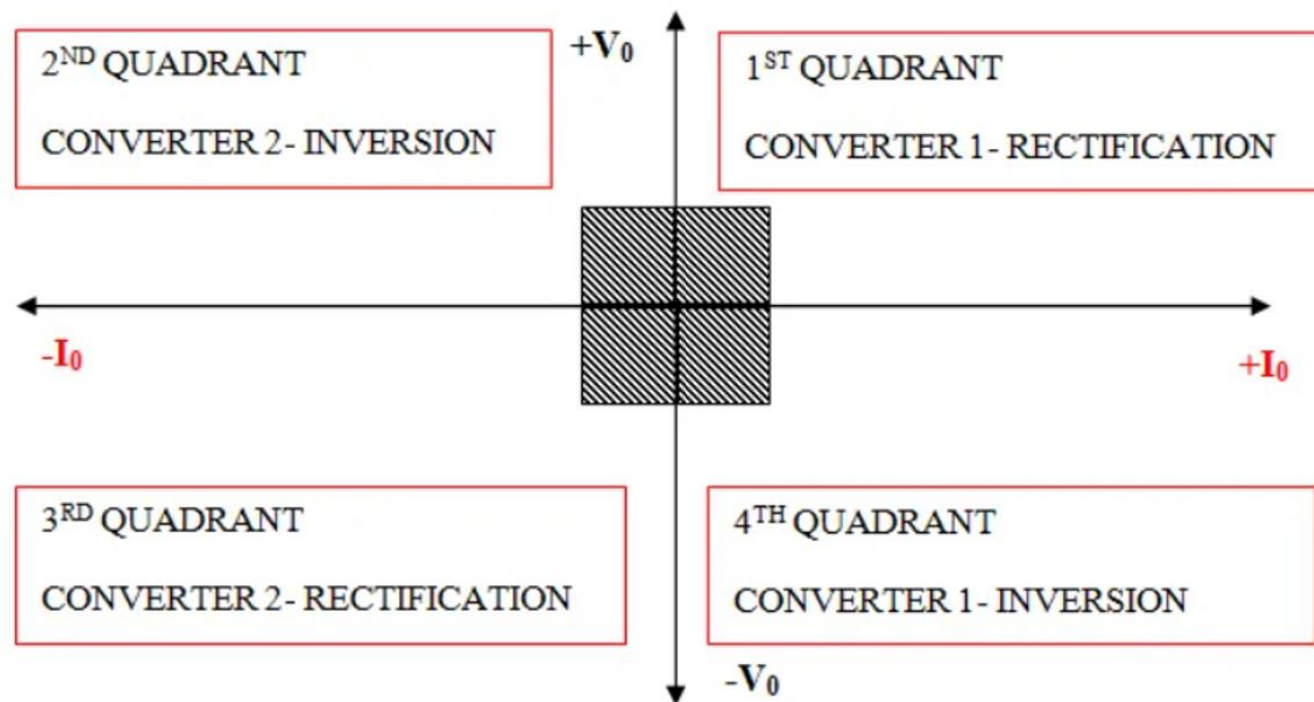
⇒ Động cơ quay ngược

Góc $\alpha_1 < 90$, $\alpha_2 > 90$

Dòng tải là âm, điện áp dương

⇒ Converter 2 hoạt động ở **góc phần tư thứ hai**

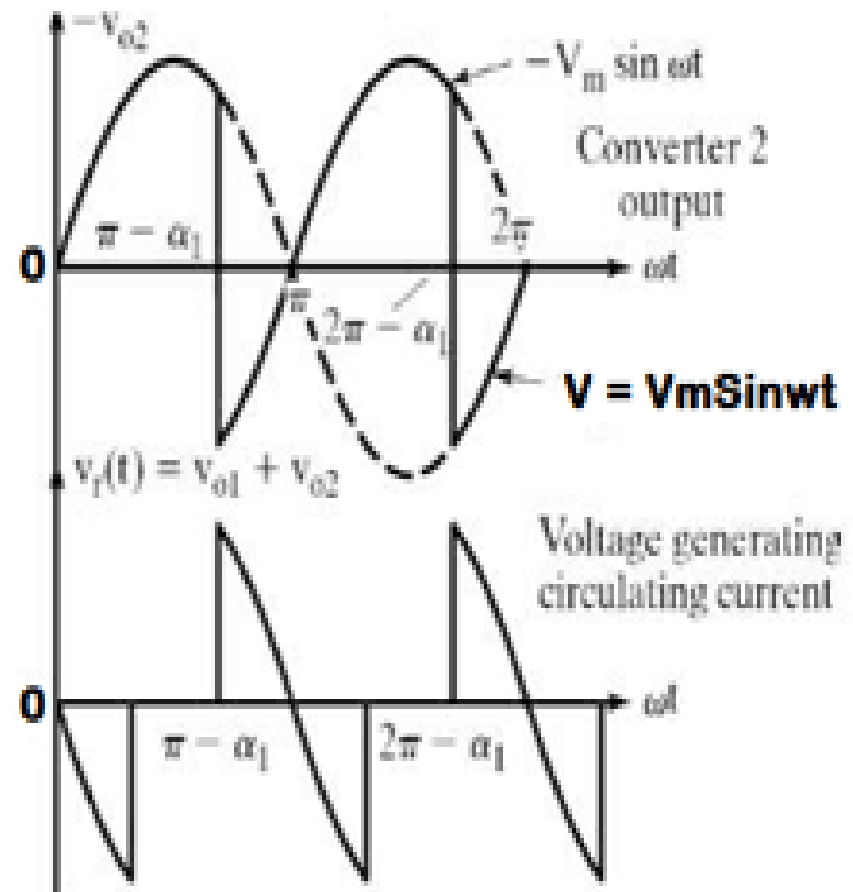
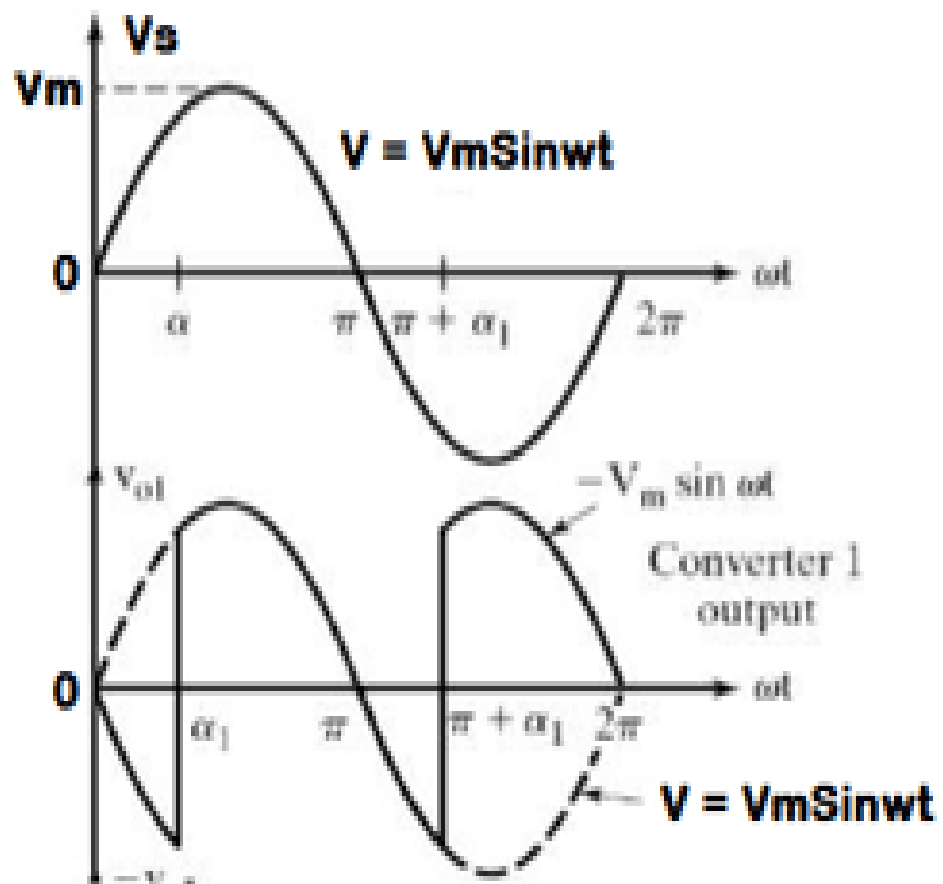
⇒ Hãm tái sinh ngược



4. Cấu trúc điều khiển

a. Phân tích đề bài

Dạng sóng điện áp :



4. Cấu trúc điều khiển

b. Tính toán thông số

Điện áp phần ứng là :

$$U_d = \frac{2\sqrt{2} \cdot U \cdot \cos \alpha}{\pi}$$

Trong đó:

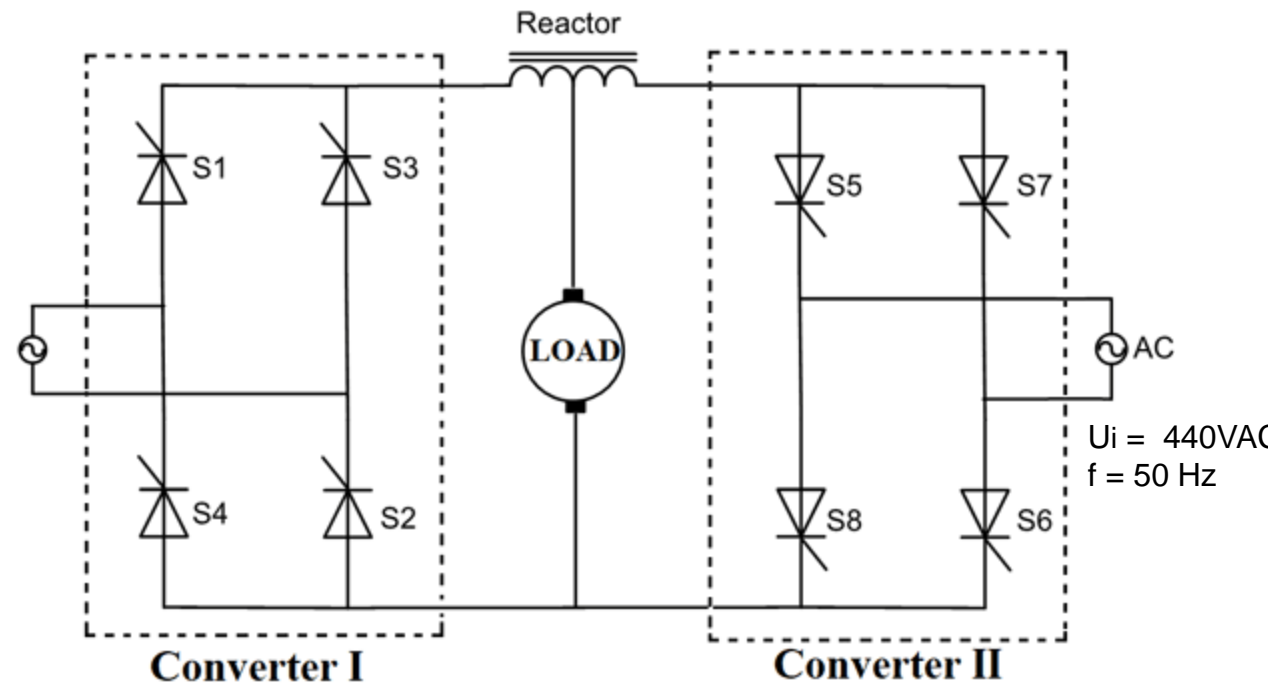
$$U_d = 240 \text{ VDC}$$

$$U = 440 \text{ VAC}$$

Từ các số liệu trên ta tính được góc α của bộ điều khiển

Góc α của bộ điều khiển là:

$$\alpha = 31$$



4. Cấu trúc điều khiển

b. Tính toán thông số

+ Phase delay(secs) của T1, T2:

$$\frac{31}{360} * 0,02 = 0.00172222$$

+Phase delay(secs) của T3, T4:

$$\frac{31+180}{360} * 0,02 = 0.01172222$$

+Phase delay(secs) của T5, T6:

$$\frac{360-31}{360} * 0,02 = 0.01827778$$

+Phase delay(secs) của T7, T8:

$$\frac{180-31}{360} * 0,02 = 0.00827778$$

Phase delay (secs):
0.00172222
☒ Interpret vector parameters as 1-D

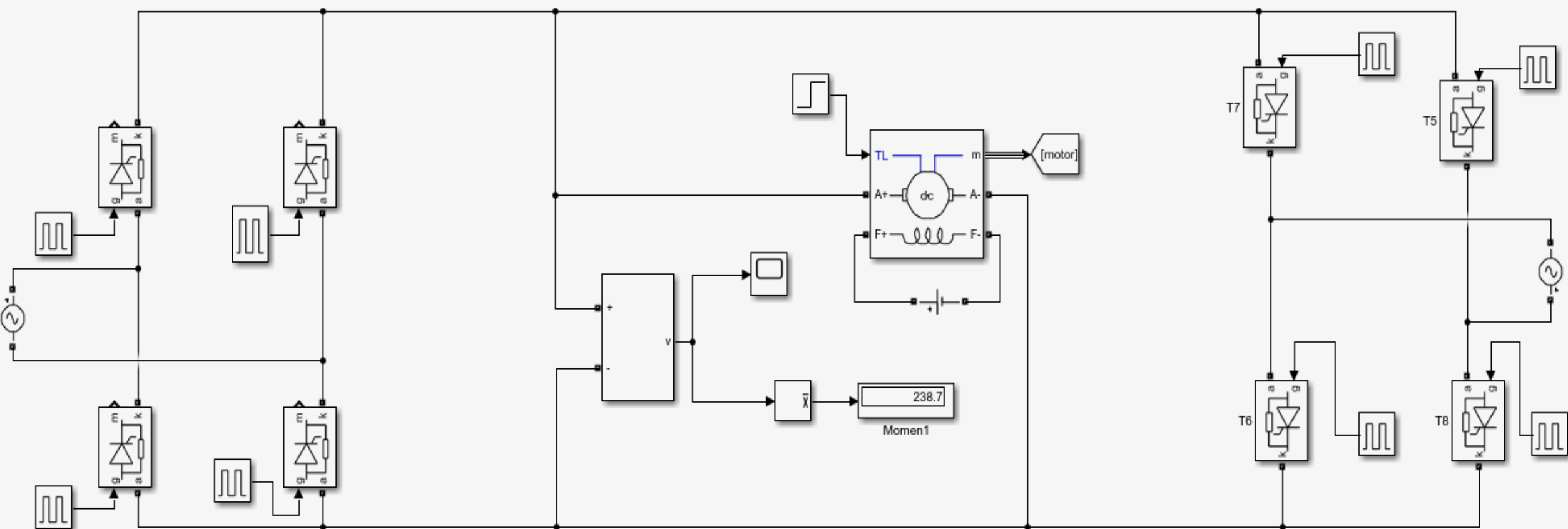
Phase delay (secs):
0.01172222
☒ Interpret vector parameters as 1-D

Phase delay (secs):
0.01827778
☒ Interpret vector parameters as 1-D

Phase delay (secs):
0.00827778
☒ Interpret vector parameters as 1-D

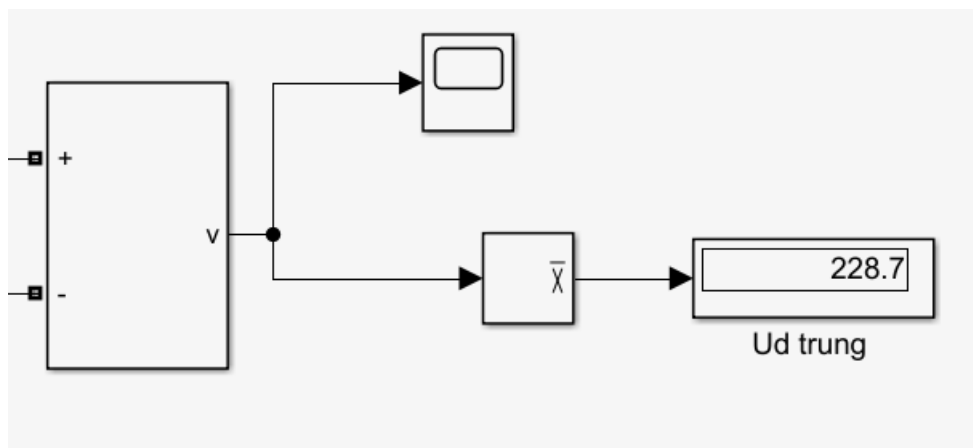
4. Cấu trúc điều khiển

c. Mô phỏng Matlab :

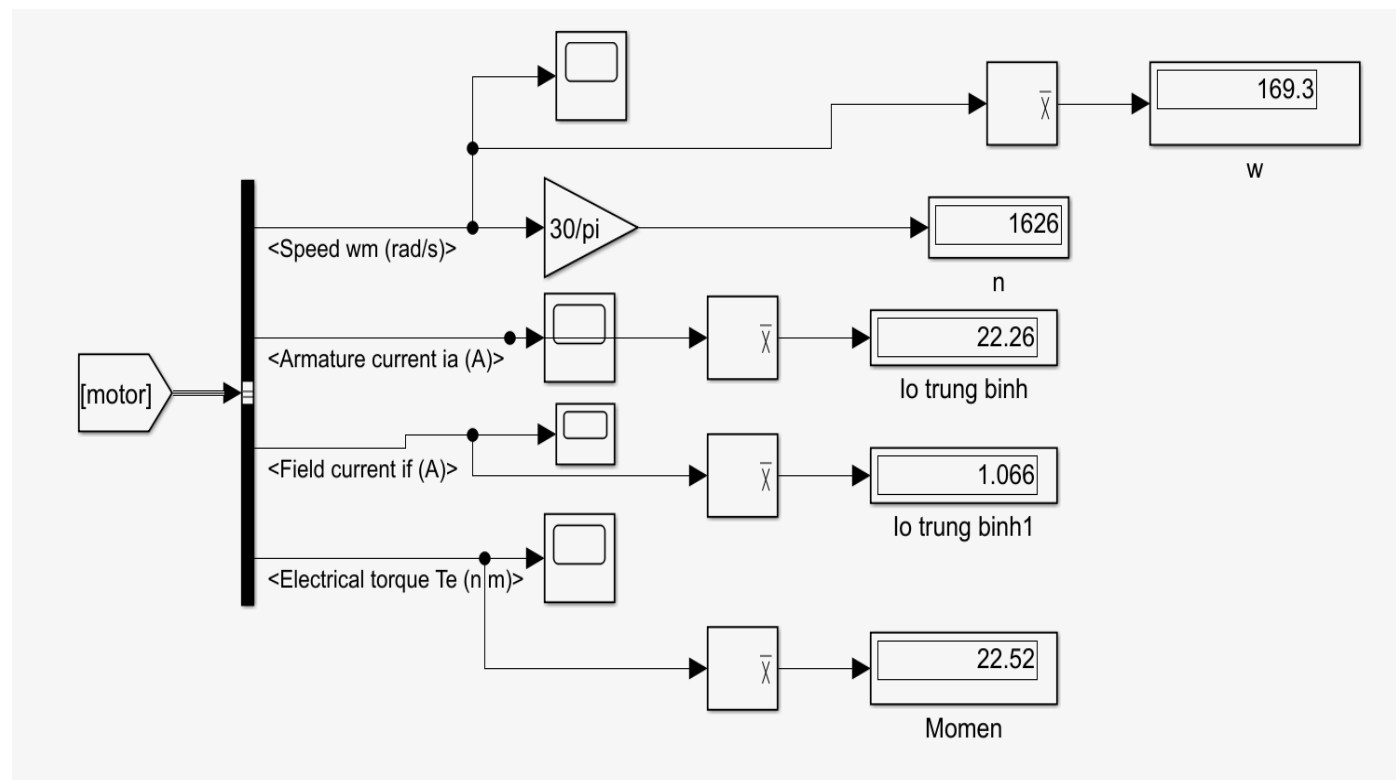


4. Cấu trúc điều khiển

c. Mô phỏng Matlab :

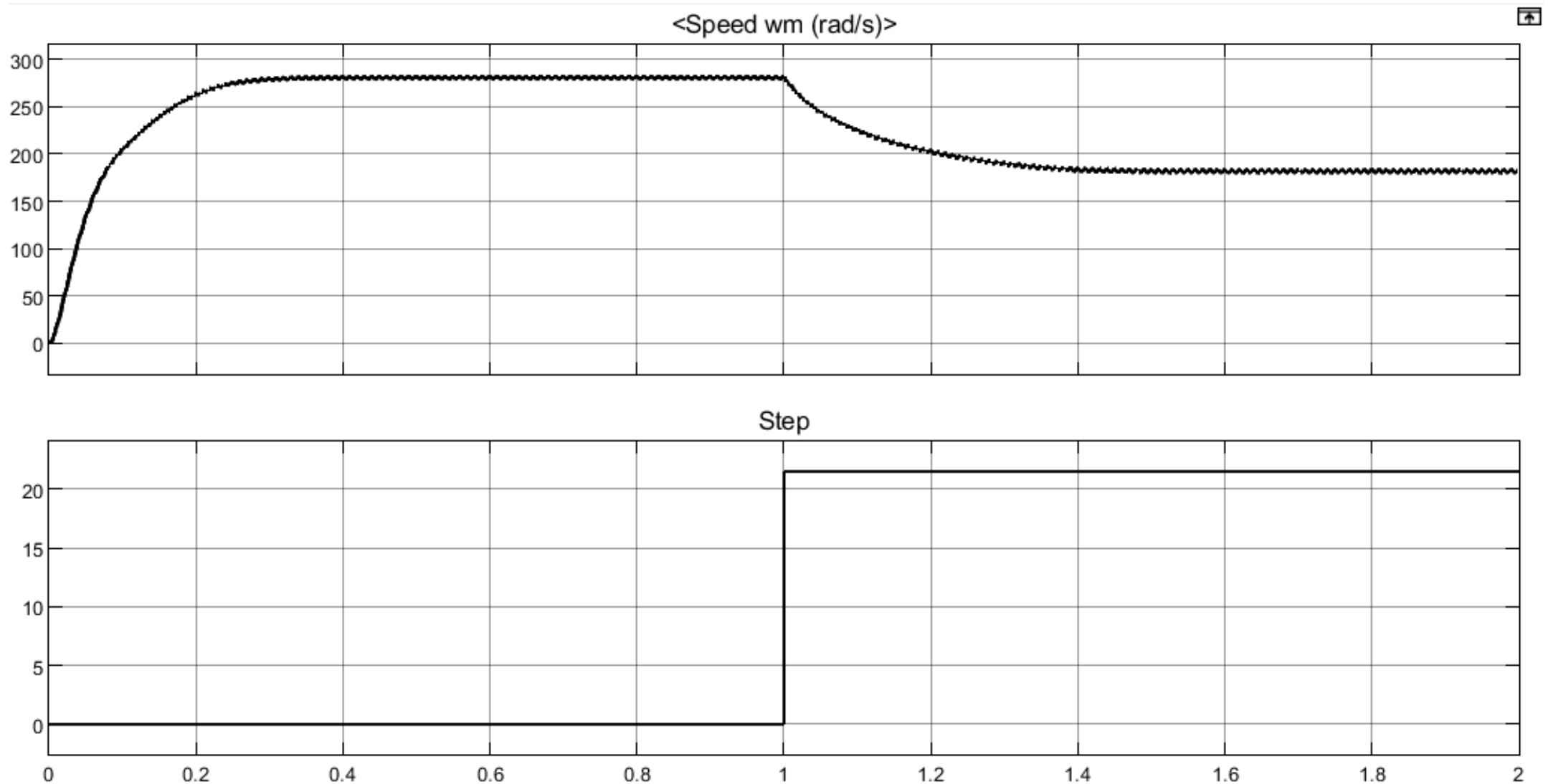


Các thông số khác



4. Cấu trúc điều khiển

c. Mô phỏng Matlab :



4. Cấu trúc điều khiển

d. So sánh :

	Lý thuyết	Mô phỏng	Sai số
Điện áp phản ứng	240VDC	228,7VAC	4%
Dòng điện phản ứng	15,5	22,26	40%
Tốc độ động cơ	1750v/p	1628v/p	7%

KẾT LUẬN

Kết quả mô phỏng khá giống so với thực tế

Sai số ở phần Điện áp phần ứng và Tốc độ động cơ xảy ra do:

- Làm tròn kết quả trong lúc tính góc α
- Ngoài ra thì còn sai số của thiết bị

Sai số ở phần dòng điện phần ứng là do:

- Chưa tính toán được hiệu suất làm việc của động cơ



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
HANOI UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Cảm ơn thầy
và các bạn đã theo dõi !