



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

SEE
School of Electrical Engineering

AM
BỘ MÔN TỰ ĐỘNG HÓA CÔNG NGHIỆP

TRUYỀN ĐỘNG MỘT CHIỀU



Nhóm Truyền Động Điện

Viện Điện - Bộ Môn Tự Động Hóa Công Nghiệp

Đc: C9-104, Đại Học Bách Khoa Hà Nội

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

I. Tổng quan

□ Đặc điểm:

○ Với ứng dụng xe/tàu điện: $f_s = (300 \div 1000)Hz$

○ Với truyền động servo: $f_s = (10 \div 20)kHz$

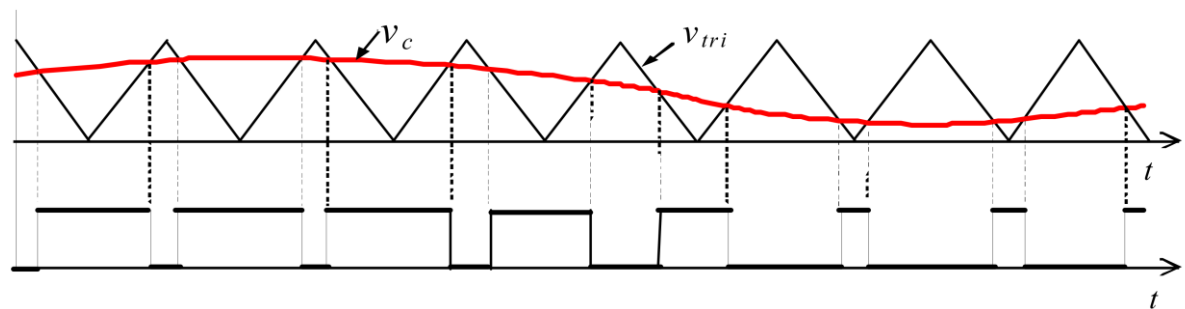
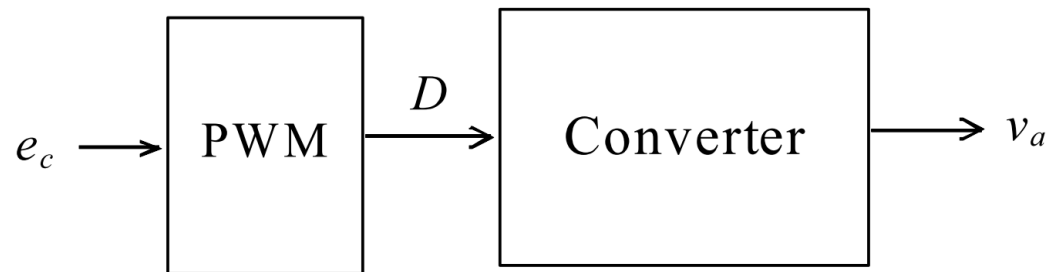
- $t_{on} + t_{off} = T_s$

- $t_{on} = DT_s$

- $t_{off} = (1 - D)T_s$

- Với

$$D = \frac{T_{on}}{T_s}$$

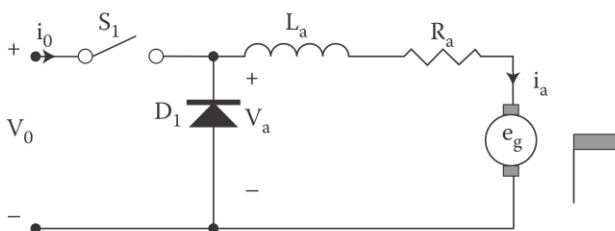
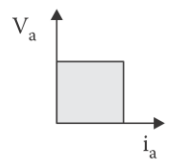
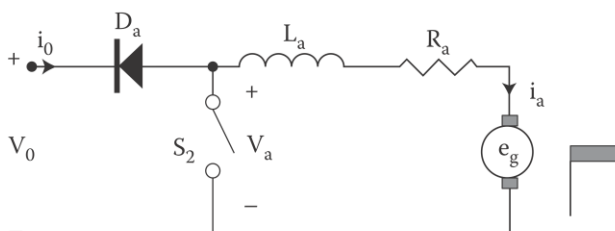
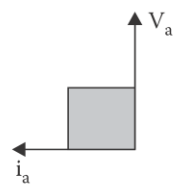
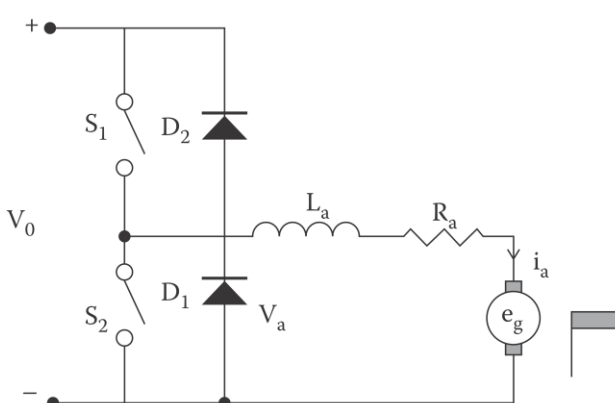
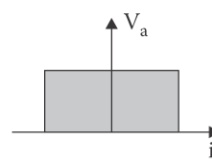


Hình 2.53. Cấu trúc bộ biến đổi xung áp và kỹ thuật điều chế độ rộng xung (PWM)

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

I. Tổng quan

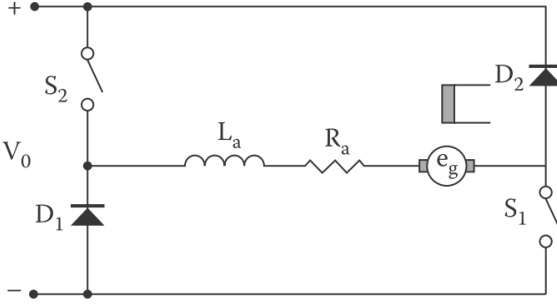
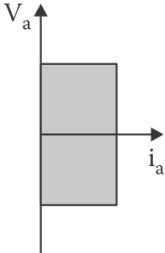
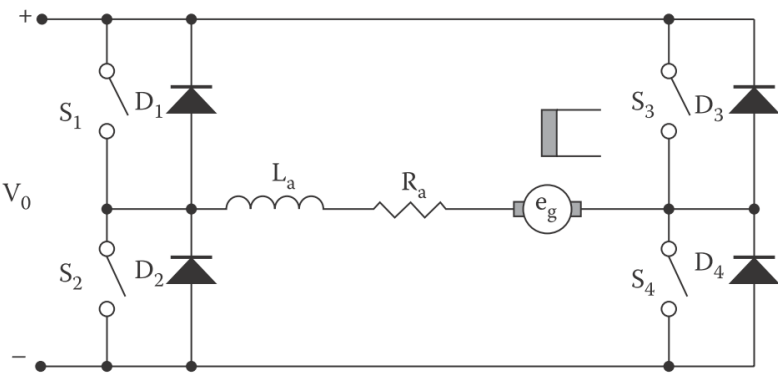
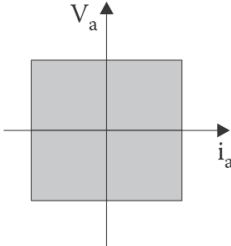
□ Các sơ đồ cơ bản

Type	Chopper Configuration	e_a - i_a Characteristics	Function
First-quadrant (step-down) choppers			$V_a = V_0$ for S_1 on $V_a = 0$ for S_1 off and D_1 on
Second-quadrant, regeneration (step-up) chopper			$V_a = 0$ for S_2 on $V_a = V_0$ for S_2 off and D_2 on
Two-quadrant chopper			$e_a = V_0$ for S_1 or D_2 on $e_a = V_0$ for S_2 or D_1 on $i_a > 0$ for S_1 or D_1 on $i_a < 0$ for S_2 or D_2 on

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

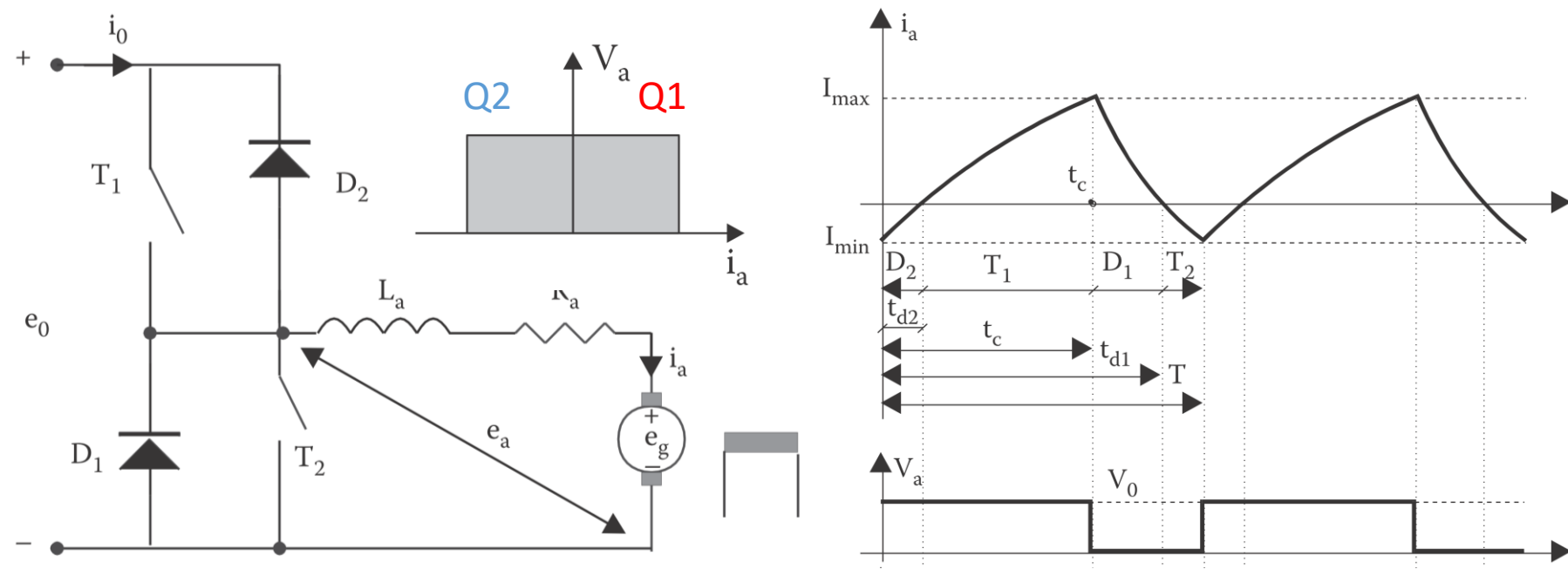
I. Tổng quan

□ Các sơ đồ cơ bản

Type	Chopper Configuration	e_a - i_a Characteristics	Function
Two-quadrant chopper			$V_a = +V_0$ for S_1 and S_2 on $V_a = -V_0$ for S_1 and S_2 off and D_1 and D_2 on
Four-quadrant chopper			S_4 on and S_3 off S_1 and S_2 operated $V_a > 0$ i_a —reversible S_2 on and S_1 off S_3 and S_4 operated $V_a < 0$ i_a —reversible

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

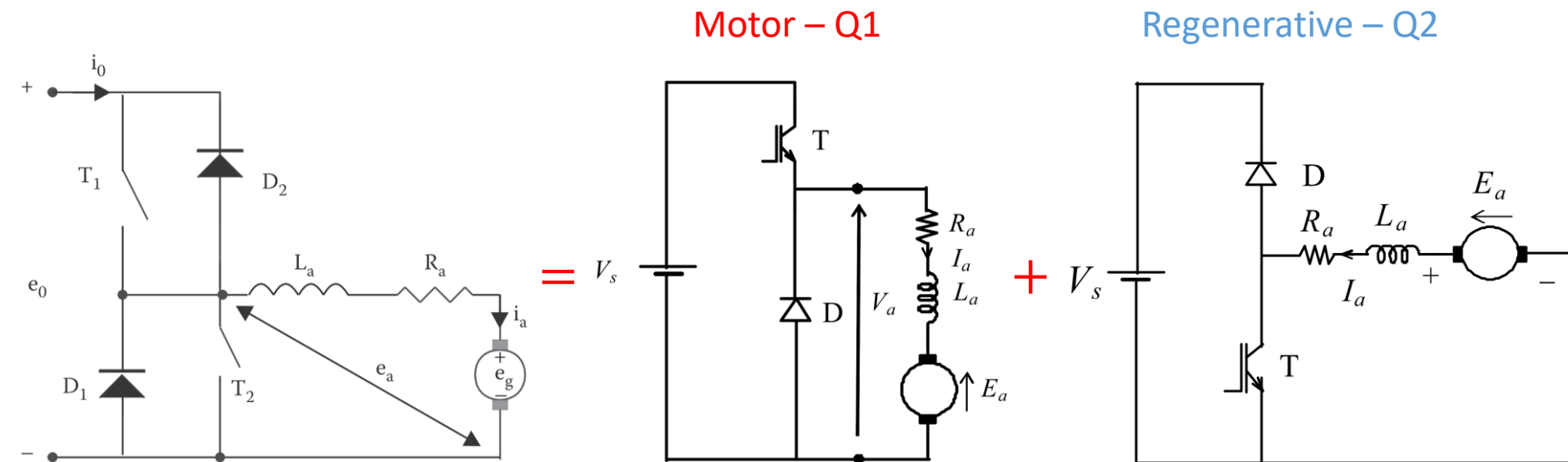
II. Sơ đồ 2 góc phần tư



Hình 2.54. Sơ đồ xung áp 2 góc phần tư

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 2 góc phần tư



Hình 2.55. Hai chế độ hoạt động của bộ xung áp 2 góc phần tư

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 2 góc phần tư

□ Chế độ dòng điện liên tục – Q1

○ Trong khoảng dẫn $0 < t \leq DT_s$

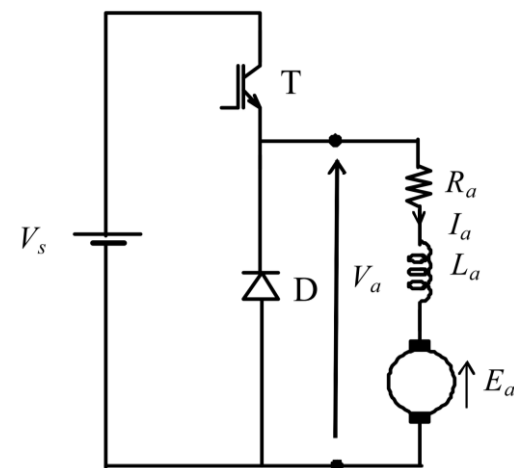
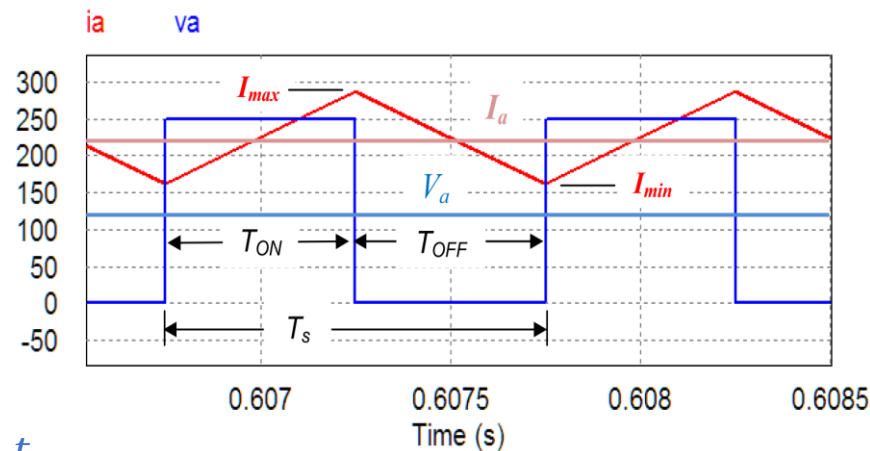
$$V_s = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + E_a$$

$$\rightarrow i_a = \frac{(V_s - E_a)}{R_a} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_a}} \right) + I_{amin} e^{-\frac{t}{\tau_a}}$$

Với $\tau_a = L_a / R_a$

• Tại $t = DT_s \rightarrow i_a = I_{amax}$

$$\rightarrow I_{amax} = \frac{(V_s - E_a)}{R_a} \left(1 - e^{-\frac{DT_s}{\tau_a}} \right) + I_{amin} e^{-\frac{DT_s}{\tau_a}}$$



2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 2 góc phần tư

□ Chế độ dòng điện liên tục – Q1

○ Trong đoạn khóa $DT_s < t' \leq T_s$

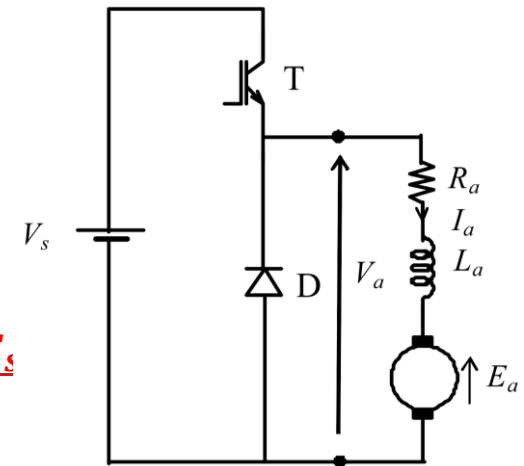
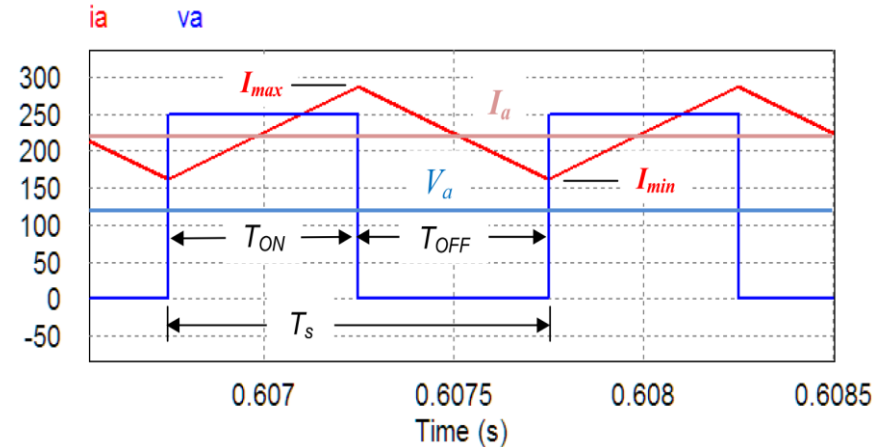
$$0 = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt'} + E_a$$

$$\rightarrow i_a = -\frac{E_a}{R_a} \left(1 - e^{-\frac{t'}{\tau_a}}\right) + I_{amax} e^{-\frac{t'}{\tau_a}}$$

Với $t' = t - DT_s$

• Tại $t' = T_{off} = (1 - D)T_s \rightarrow i_a = I_{amin}$

$$\rightarrow I_{amin} = -\frac{E_a}{R_a} \left(1 - e^{-\frac{(1-D)T_s}{\tau_a}}\right) + I_{amax} e^{-\frac{(1-D)T_s}{\tau_a}}$$



2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 2 góc phần tư

□ Chế độ dòng điện liên tục – Q1

○ Giải hệ phương trình

$$\begin{cases} I_{amax} = \frac{(V_s - E_a)}{R_a} \left(1 - e^{-\frac{DT_s}{\tau_a}}\right) + I_{amin} e^{-\frac{DT_s}{\tau_a}} \\ I_{amin} = -\frac{E_a}{R_a} \left(1 - e^{-\frac{(1-D)T_s}{\tau_a}}\right) + I_{amax} e^{-\frac{(1-D)T_s}{\tau_a}} \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} I_{amax} = \frac{V_s}{R_a} \left(\frac{1 - e^{-\frac{DT_s}{\tau_a}}}{1 - e^{-\frac{T_s}{\tau_a}}} \right) - \frac{E_a}{R_a} \\ I_{amin} = \frac{V_s}{R_a} \left(\frac{e^{\frac{DT_s}{\tau_a}} - 1}{e^{\frac{T_s}{\tau_a}} - 1} \right) - \frac{E_a}{R_a} \end{cases}$$

○ Độ đập mạch dòng điện

$$I_{ripple} = I_{amax} - I_{amin}$$

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 2 góc phần tư

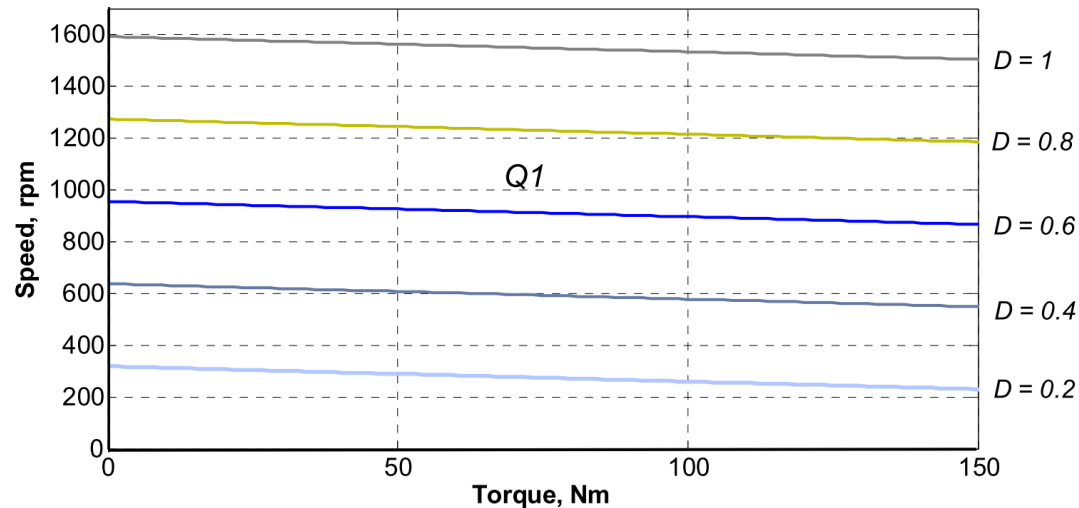
□ Chế độ dòng điện liên tục – Q1

○ Phương trình đặc tính cơ

$$V_{av} = DV_s = R_a I_a + K_E \omega_m$$

$$\rightarrow \omega_m = \frac{DV_s}{K_E} - \frac{R_a I_a}{K_E}$$

$$\rightarrow \omega_m = \frac{DV_s}{K_E} - \frac{R_a T_e}{K_E^2}$$



Hình 2.56. Đặc tính cơ góc Q1 khi dòng điện liên tục

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 2 góc phần tư

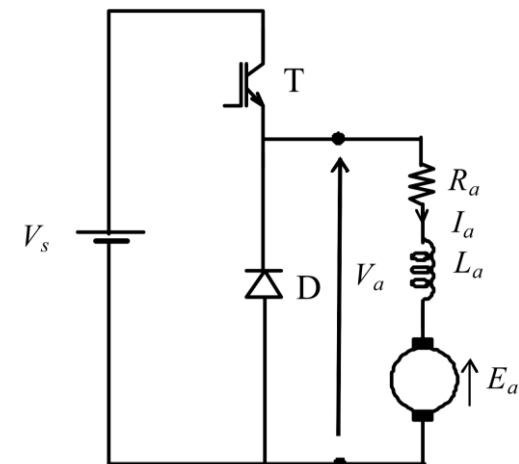
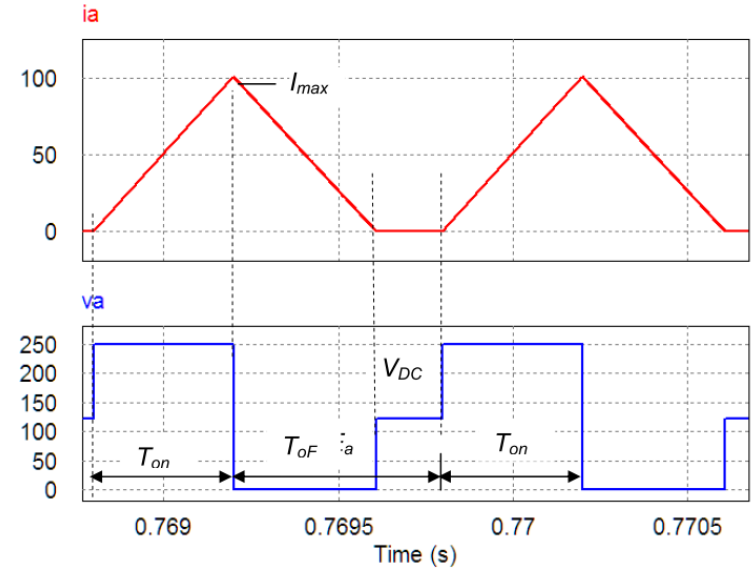
□ Chế độ dòng điện gián đoạn – Q1

○ Điện áp trung bình ở phần ứng

$$\begin{cases} V_a = V_s \text{ với } (0 < t < DT_s) \\ V_a = 0 \text{ với } (DT_s < t < t_\gamma) \\ V_a = E_a \text{ với } (t_\gamma < t < T_s) \end{cases}$$

$$\rightarrow V_{av} = \frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} V_a(t) dt$$

$$\rightarrow V_{av} = DV_s + \left(1 - \frac{t_\gamma}{T_s}\right) E_a$$



2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 2 góc phần tư

□ Chế độ dòng điện gián đoạn – Q1

○ Trong khoảng dẫn $0 < t \leq DT_s$

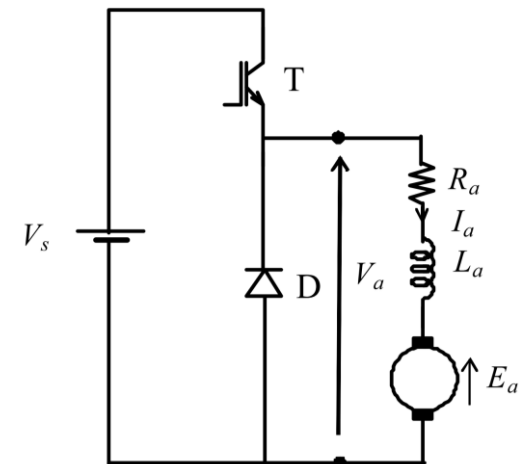
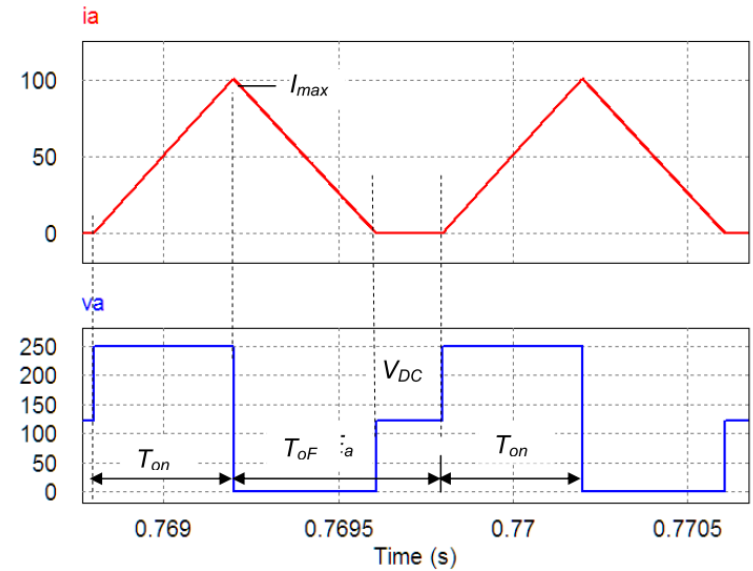
$$V_s = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + E_a$$

do $I_{amin} = 0$

$$\rightarrow i_a = \frac{(V_s - E_a)}{R_a} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_a}} \right)$$

• Tại $t = DT_s \rightarrow i_a = I_{amax}$

$$\rightarrow I_{amax} = \frac{(V_s - E_a)}{R_a} \left(1 - e^{-\frac{DT_s}{\tau_a}} \right)$$



2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 2 góc phần tư

□ Chế độ dòng điện gián đoạn – Q1

○ Trong đoạn $DT_s < t' \leq t_\gamma$ (*freewheeling*)

$$0 = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt'} + E_a$$

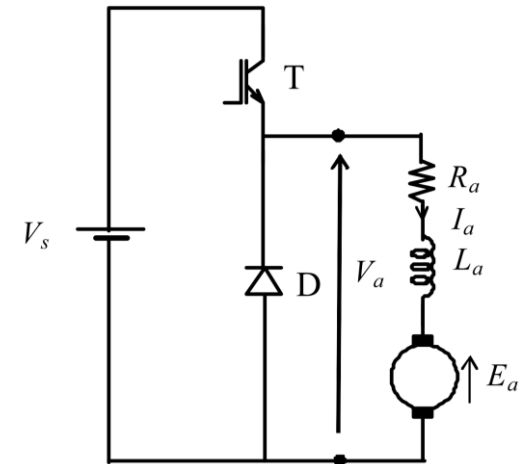
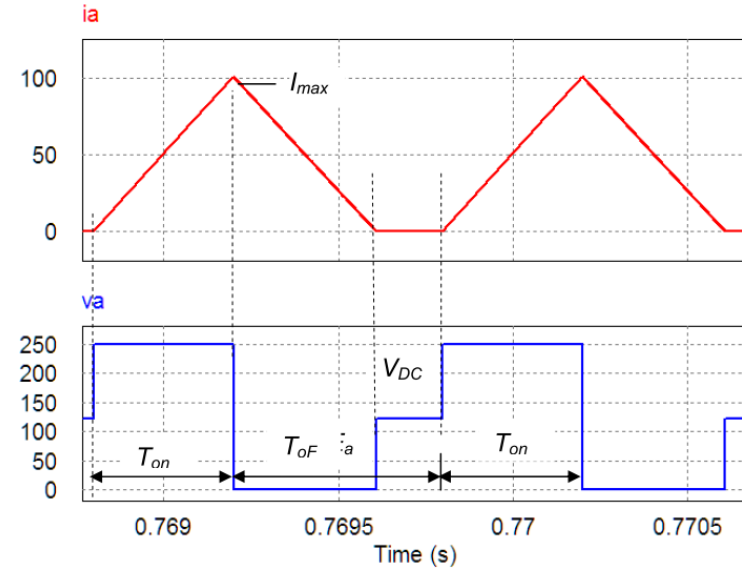
$$\rightarrow i_a = -\frac{E_a}{R_a} \left(1 - e^{-\frac{t'}{\tau_a}}\right) + I_{amax} e^{-\frac{t'}{\tau_a}}$$

Với $t' = t - DT_s$

• Tại $t = t_\gamma \rightarrow i_a = 0$

$$\rightarrow 0 = -\frac{E_a}{R_a} \left(1 - e^{-\frac{(t_\gamma - DT_s)}{\tau_a}}\right) + I_{amax} e^{-\frac{(t_\gamma - DT_s)}{\tau_a}}$$

$$\rightarrow t_\gamma = \tau_a \ln \left(e^{\frac{DT_s}{\tau_a}} \left\{ 1 + \frac{V_s - E_a}{E_a} \left(1 - e^{-\frac{DT_s}{\tau_a}}\right) \right\} \right)$$



2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 2 góc phần tư

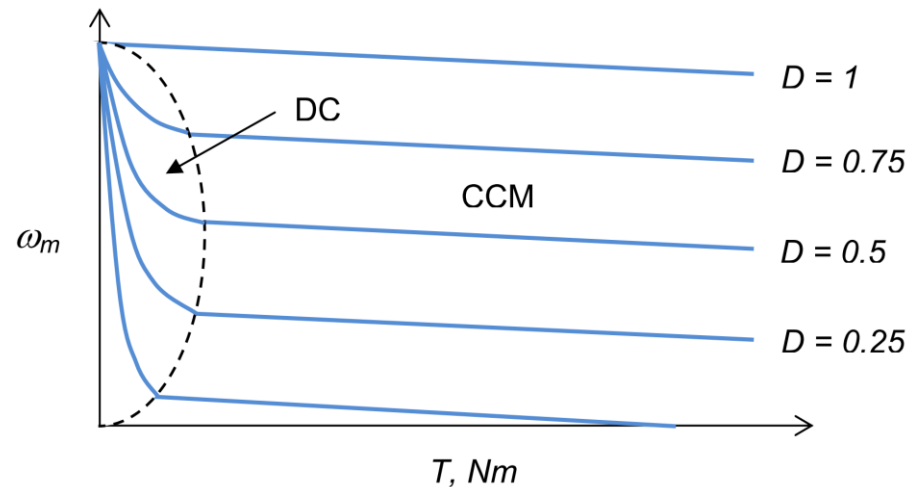
□ Chế độ dòng điện gián đoạn – Q1

○ Điều kiện biên giữa chế độ liên tục và gián đoạn

- tại $t_{\gamma} = T_s \rightarrow I_{amin} = 0$

$$\rightarrow 0 = \frac{V_s}{R_a} \left(\frac{e^{\frac{D' T_s}{\tau_a}} - 1}{e^{\frac{T_s}{\tau_a}} - 1} \right) - \frac{E_a}{R_a}$$

$$\rightarrow \frac{E_a}{V_s} = \left(\frac{e^{\frac{D' T_s}{\tau_a}} - 1}{e^{\frac{T_s}{\tau_a}} - 1} \right)$$



Hình 2.57. Đặc tính cơ góc Q1 khi dòng điện gián đoạn

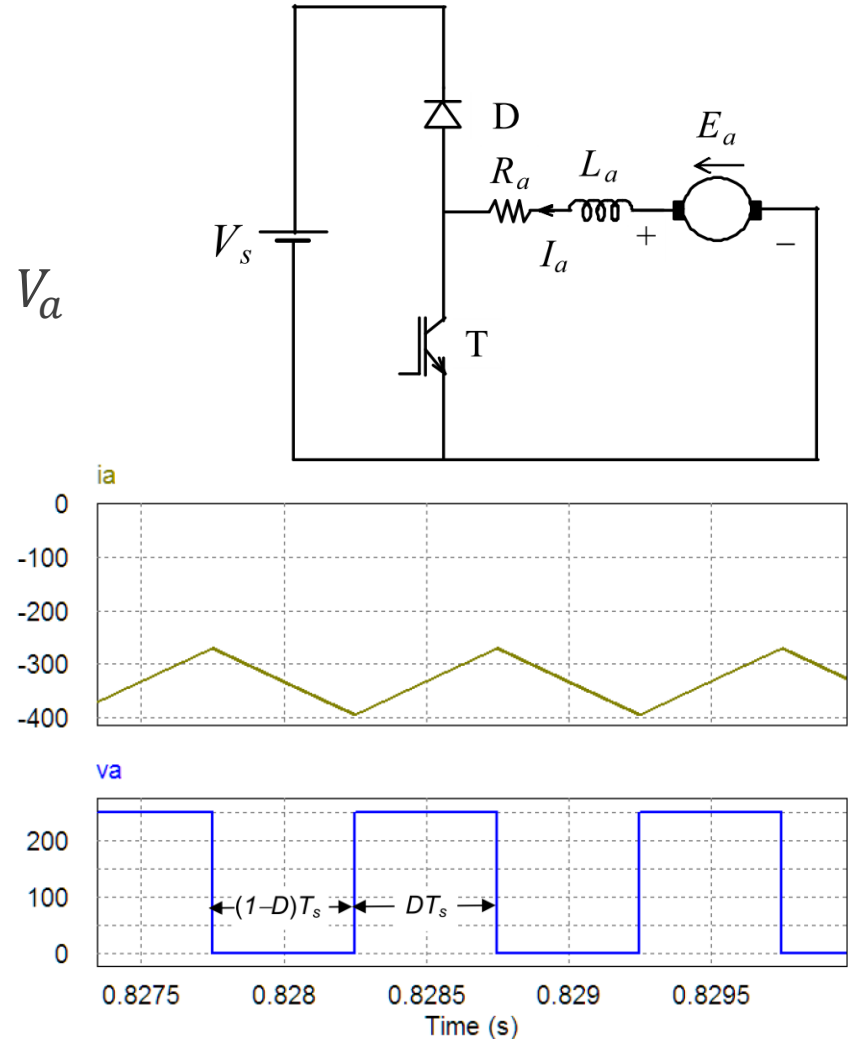
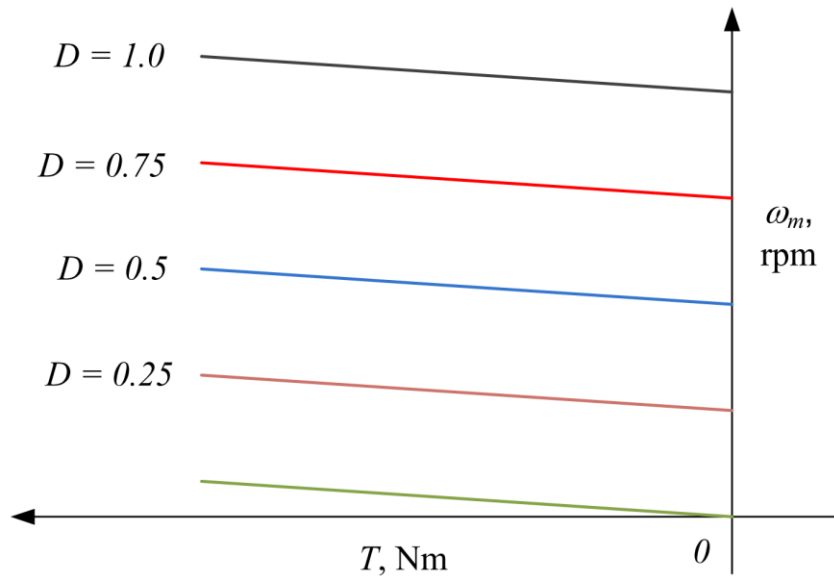
- Với mỗi giá trị E_a , có một giá trị D' là biên giới giữa liên tục và gián đoạn của dòng điện.
- Điện cảm L_a càng lớn thì vùng dòng điện gián đoạn càng hẹp

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 2 góc phần tư

□ Góc phần tư – Q2

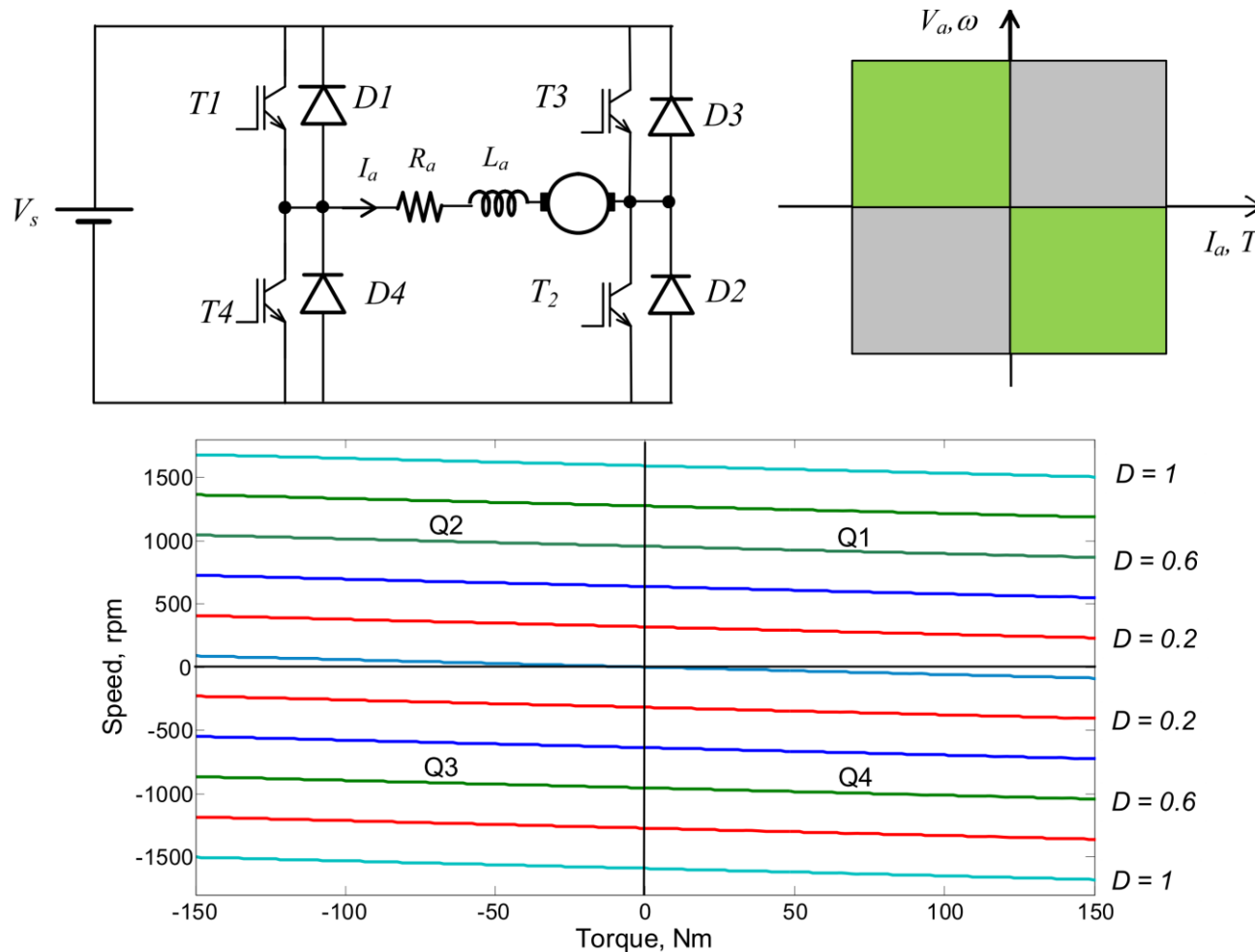
- Các phương trình mô tả giống Q1
- Chỉ khác về dấu dòng điện do $E_a > V_a$



Hình 2.58. Đặc tính cơ góc Q2 khi dòng điện liên tục

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

III. Sơ đồ 4 góc phần tư



Hình 2.59. Đặc tính cơ hệ xung áp 4Q khi dòng điện liên tục

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 4 góc phần tư

□ Điều chế lưỡng cực

○ Điện áp ra là lưỡng cực ở cả hai chiều quay của động cơ

○ Điện áp trung bình:

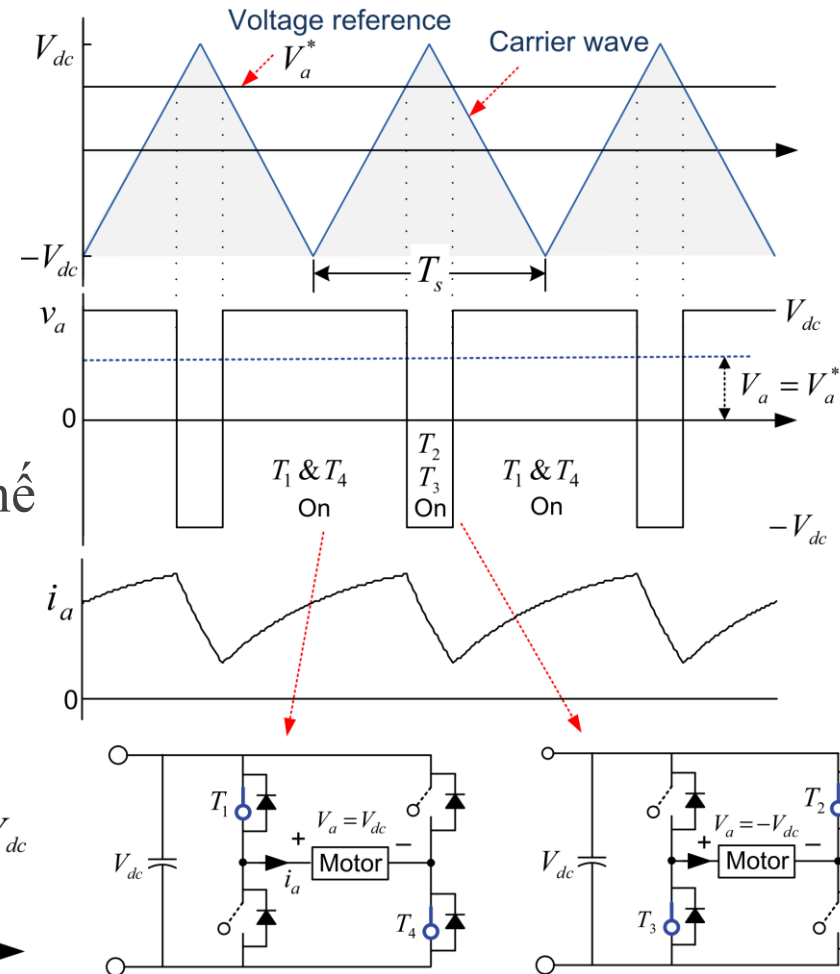
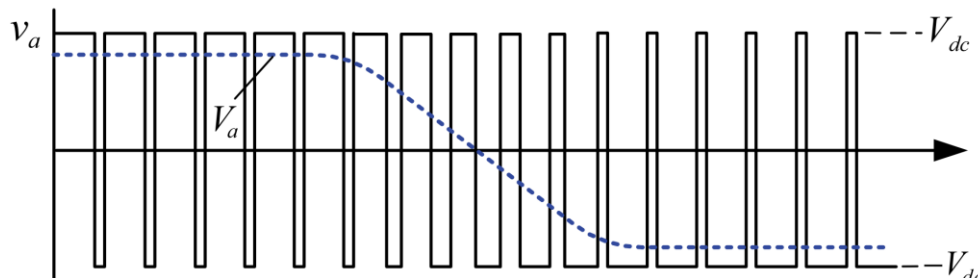
$$V_{av} = (2D - 1)V_{dc}$$

○ **Ưu điểm:** Chỉ cần một tín hiệu điều chế

□ Nhược điểm:

○ Độ đập mạch dòng điện lớn

○ $\frac{dv}{dt}$ lớn



Hình 2.60. Điều chế lưỡng cực

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 4 góc phần tư

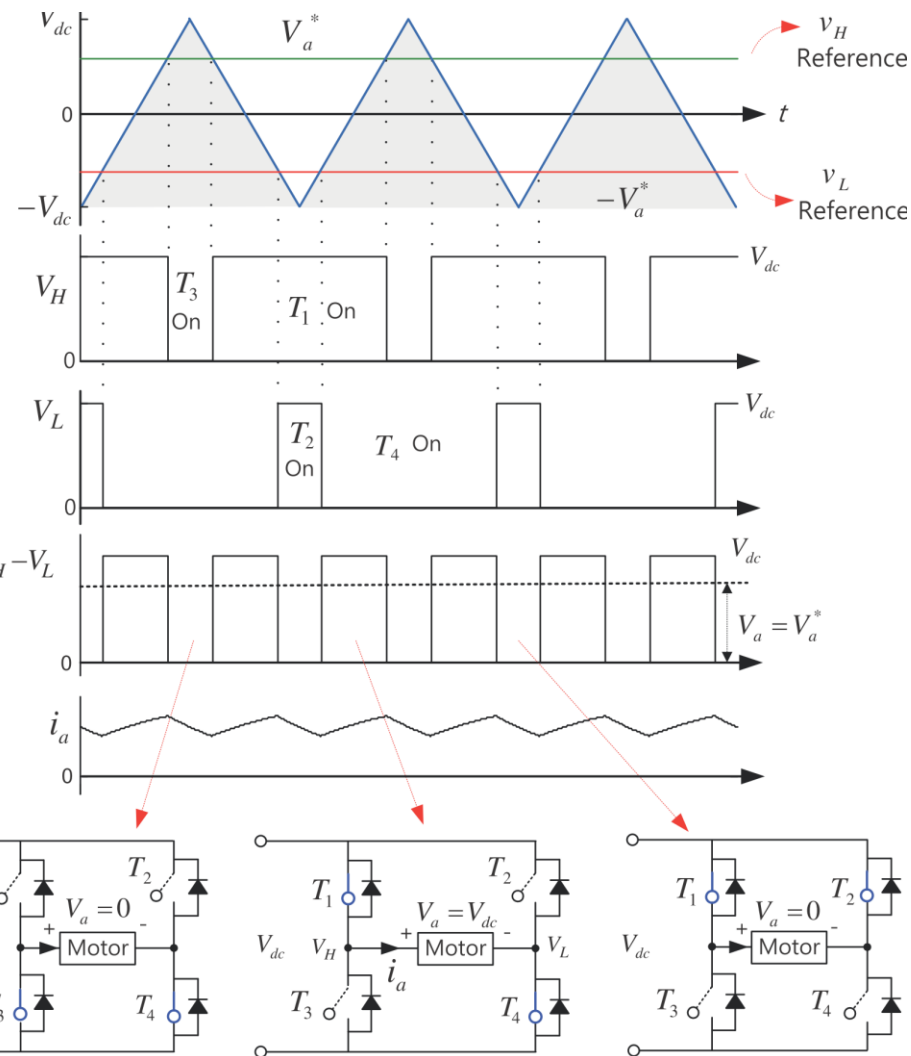
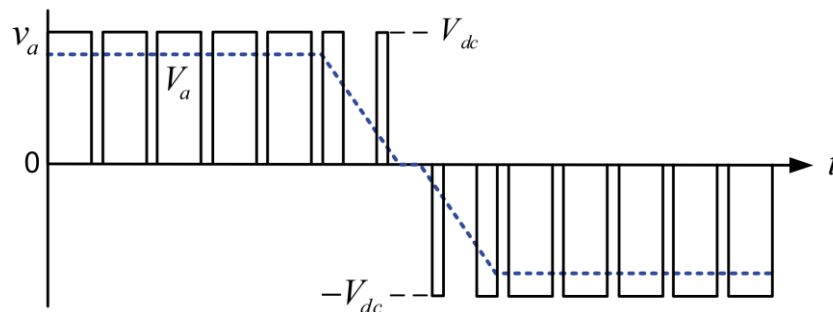
□ Điều chế đơn cực

- Điện áp ra là đơn cực ở mỗi chiều quay của động cơ.
- Điện áp trung bình:

$$V_{av} = DV_{dc}$$

□ Ưu điểm: $\frac{dv}{dt}$ và THD nhỏ

□ Nhược điểm: Cần 2 tín hiệu điều chế ngược dấu.



Hình 2.61. Điều chế đơn cực

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 4 góc phần tư

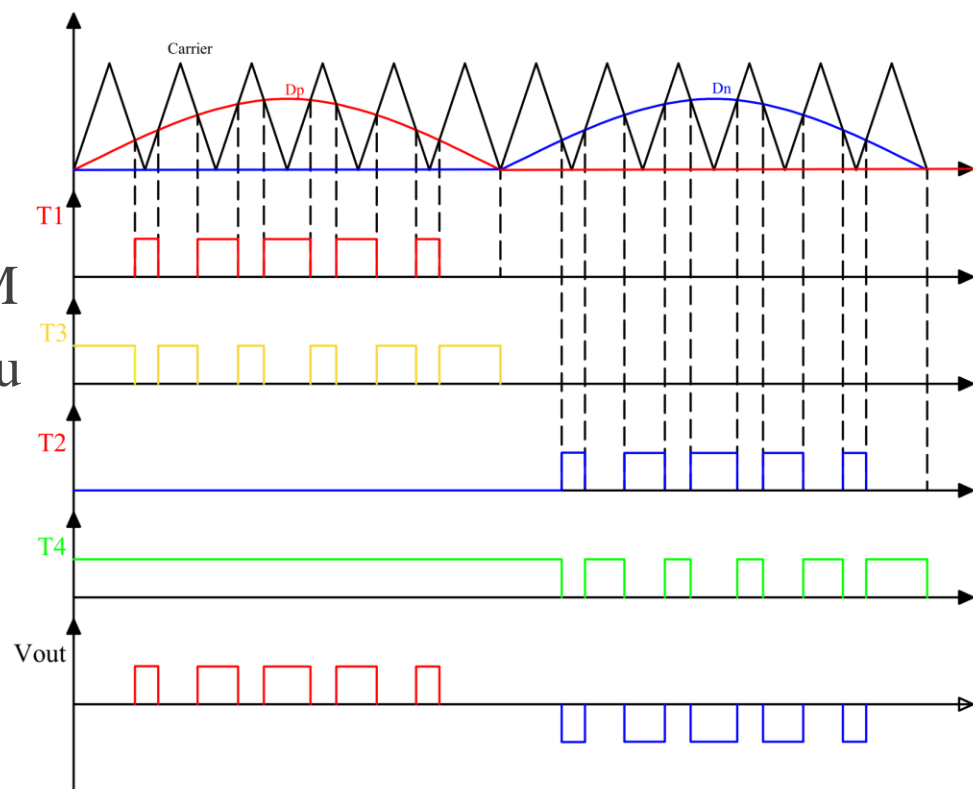
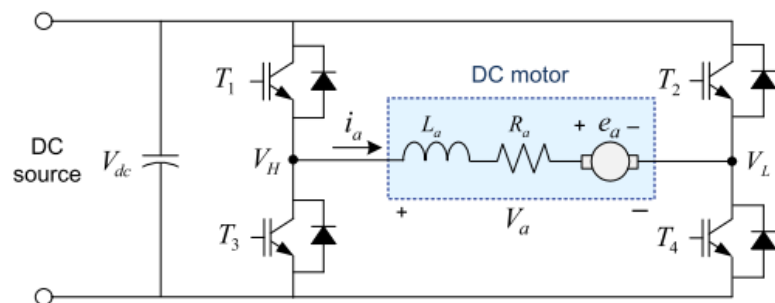
□ Điều chế đơn cực giảm tổn thất chuyển mạch

- Điện áp ra là đơn cực ở mỗi chiều quay của động cơ.
- Điện áp trung bình: $V_{av} = DV_{dc}$

□ Ưu điểm: $\frac{dv}{dt}$ và THD nhỏ

- Giảm tổn thất chuyển mạch
- Tận dụng tối đa độ phân giải PWM

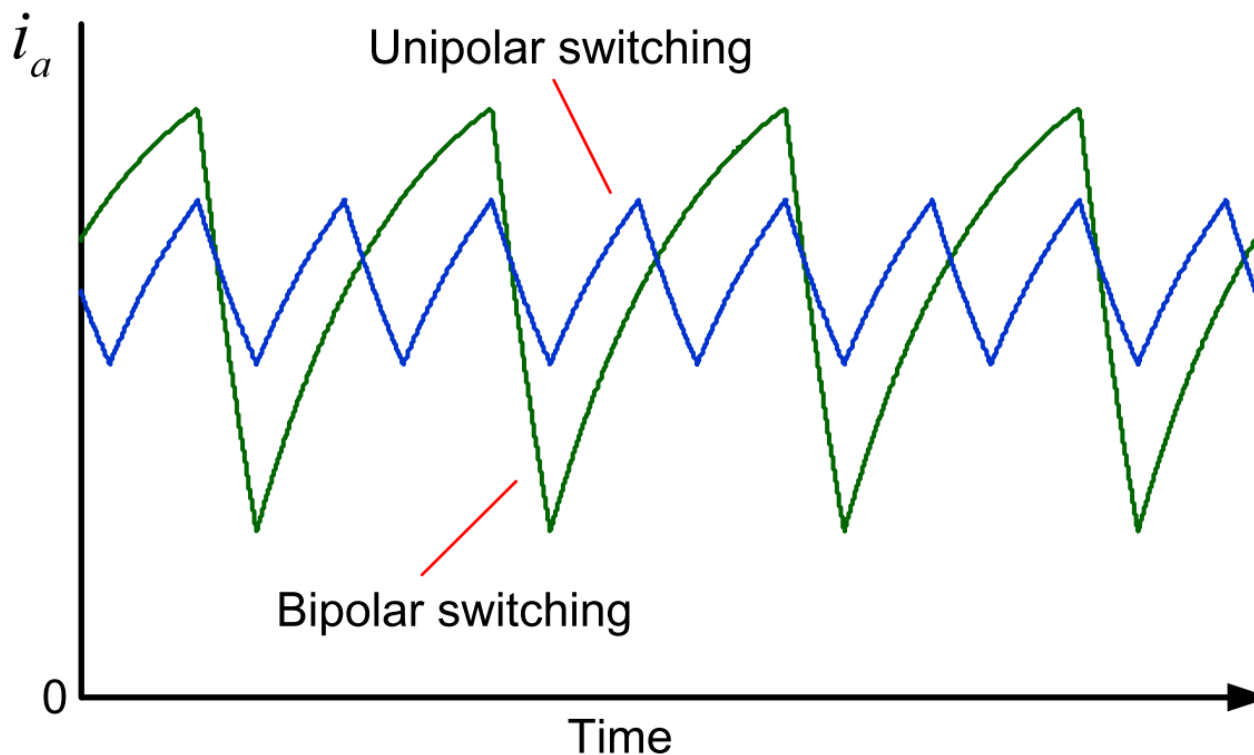
□ Nhược điểm: Cần 2 tín hiệu điều chế ngược dấu.



Hình 2.62. Điều chế đơn cực giảm tổn thất chuyển mạch

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

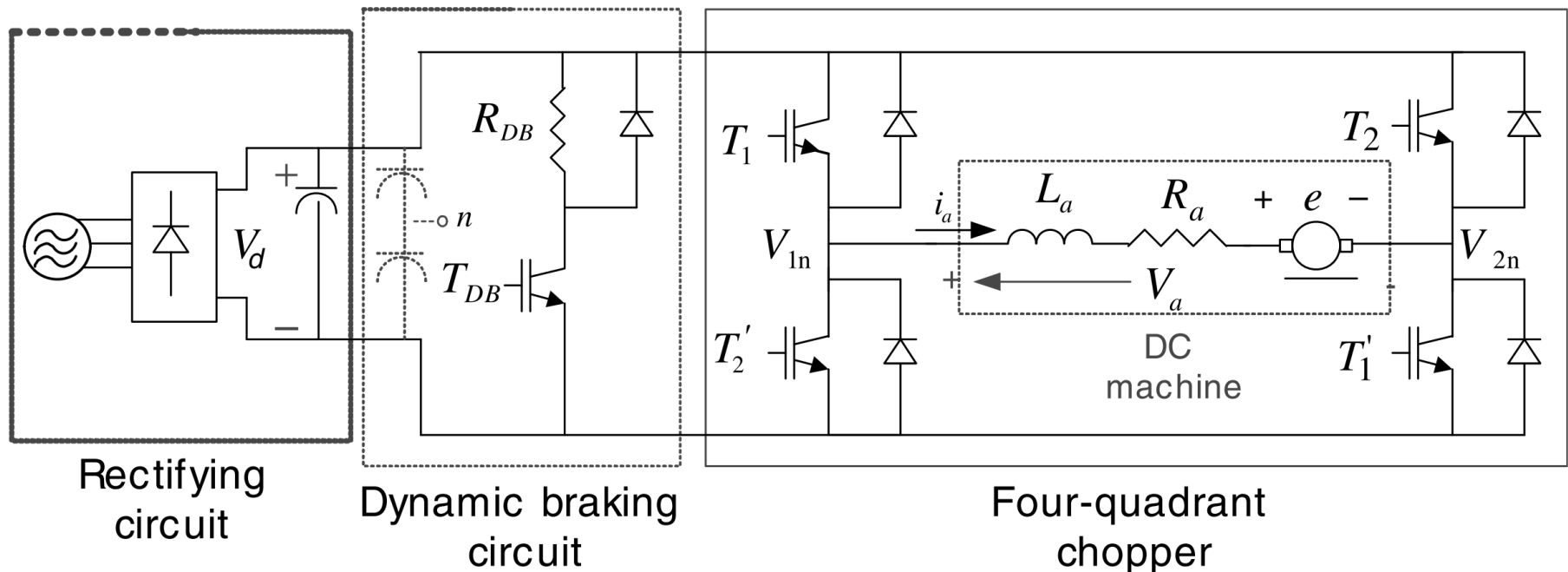
II. Sơ đồ 4 góc phần tư



Hình 2.63. Dạng dòng điện điều chế đơn cực và lưỡng cực

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 4 góc phần tư

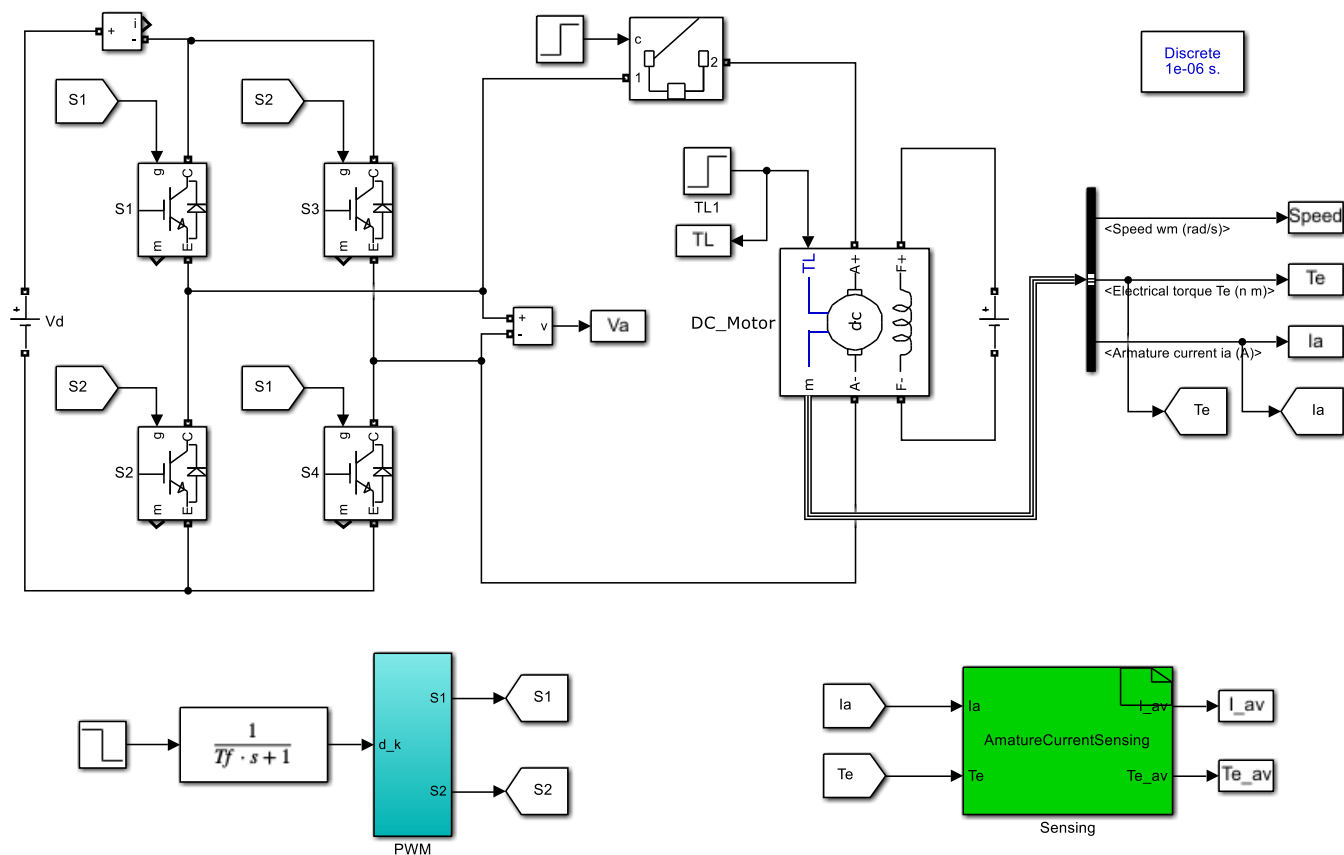


Hình 2.64. Sơ đồ DC-DC với hãm đập động năng

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 4 góc phần tư

❑ Mô phỏng điều chế lưỡng cực

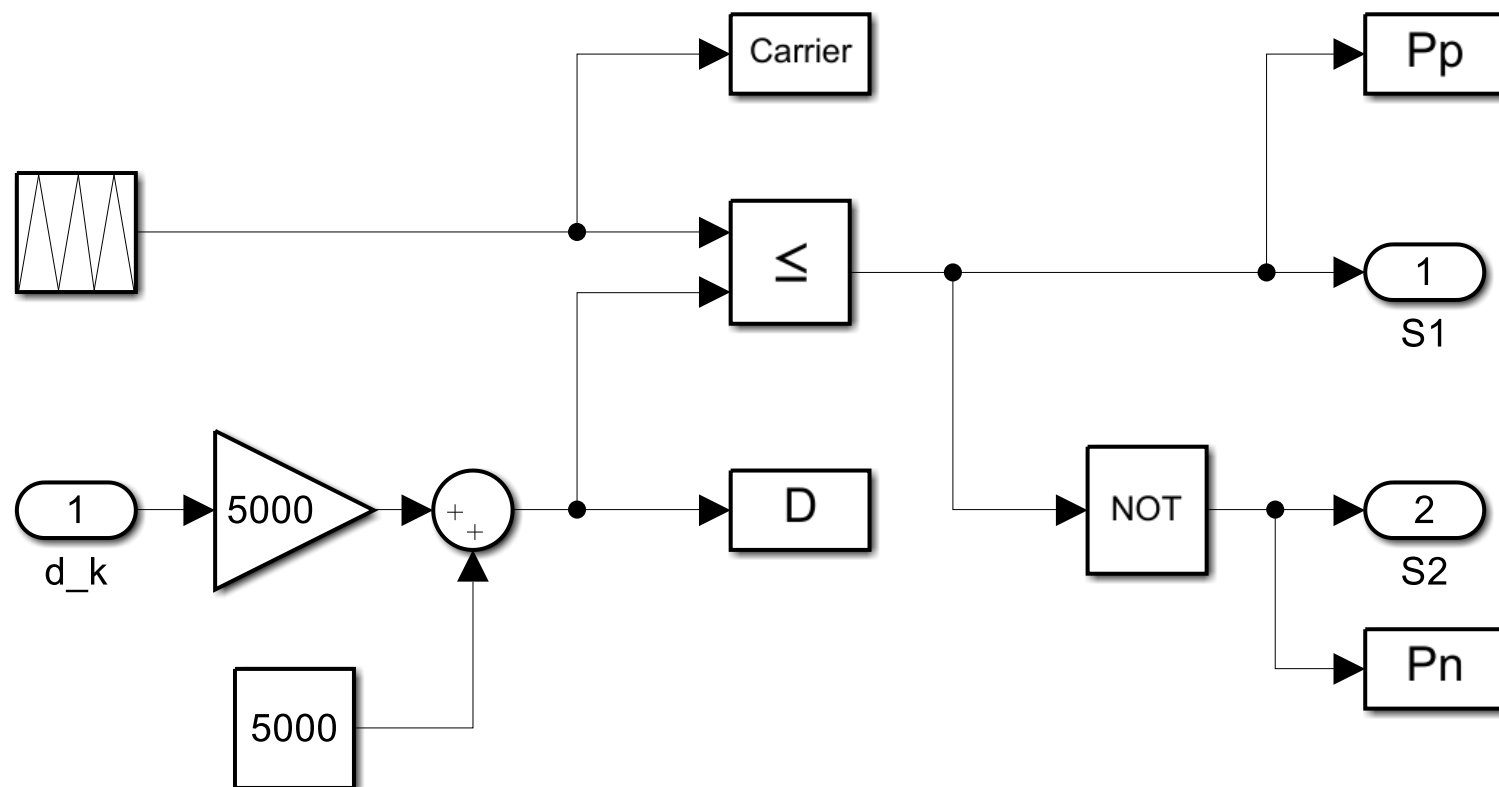


Hình 2.65. Mô phỏng điều chế lưỡng cực

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 4 góc phần tư

❑ Mô phỏng điều chế lưỡng cực

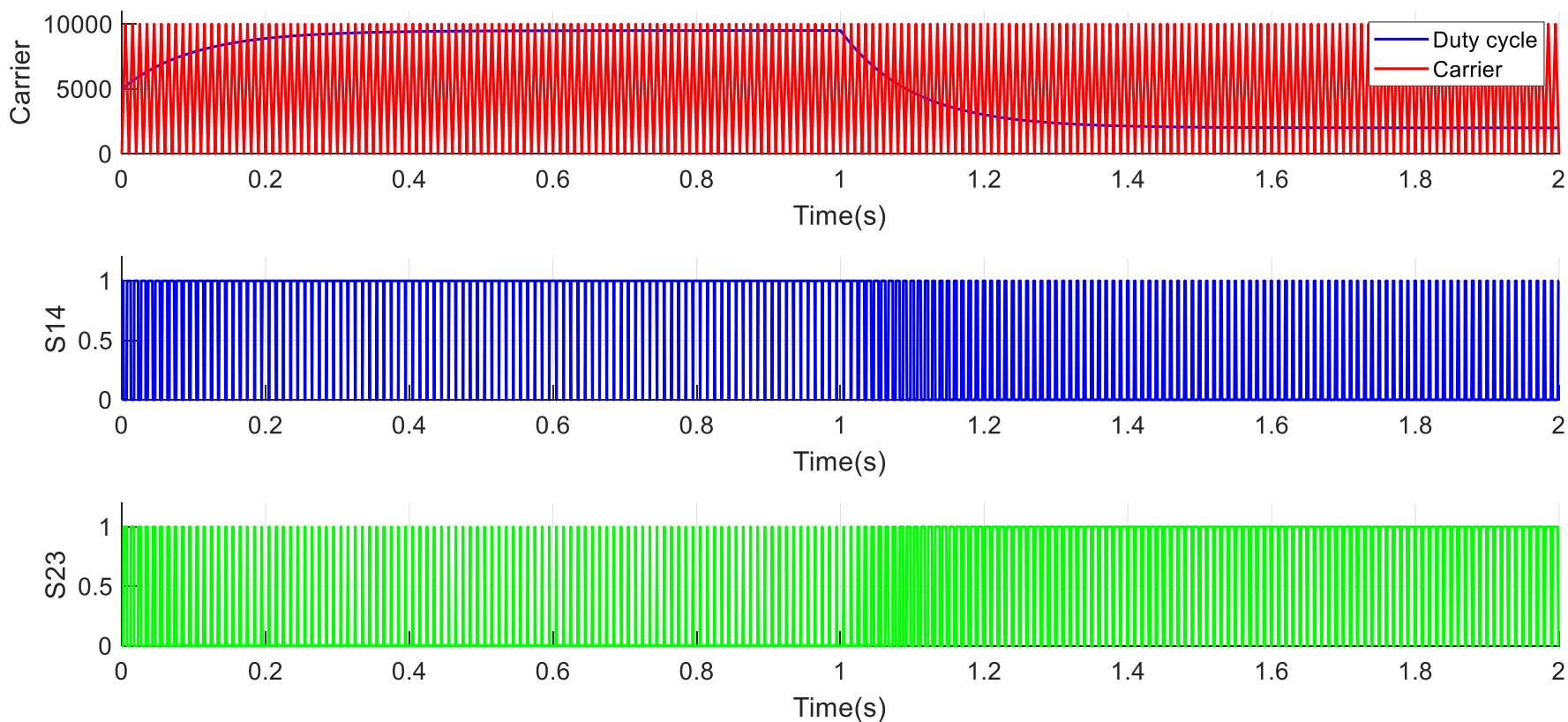


Hình 2.66. Khối điều chế lưỡng cực

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 4 góc phần tư

□ Mô phỏng điều chế lưỡng cực

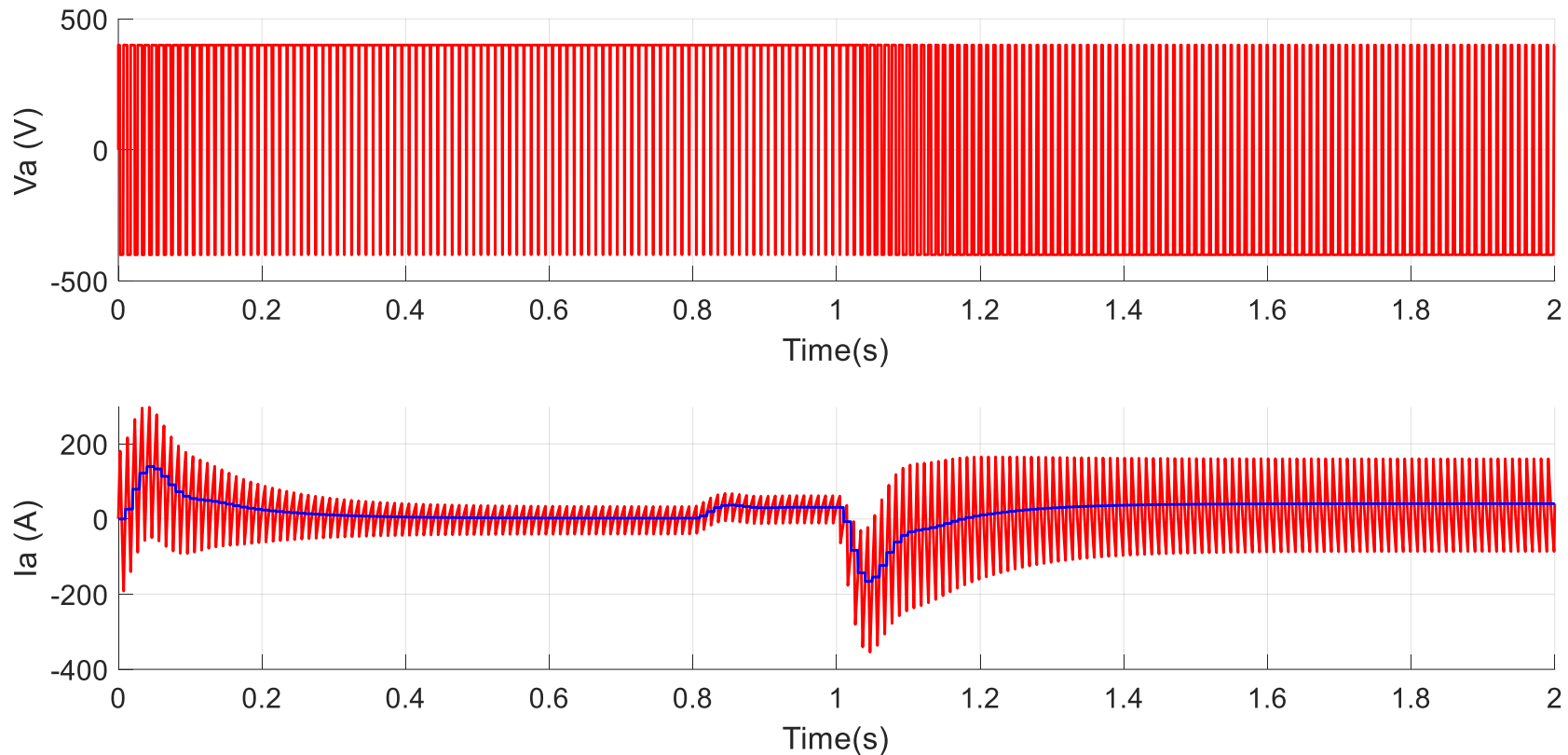


Hình 2.67. Sóng mang và xung điều khiển điều chế lưỡng cực

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 4 góc phần tư

□ Mô phỏng điều chế lưỡng cực

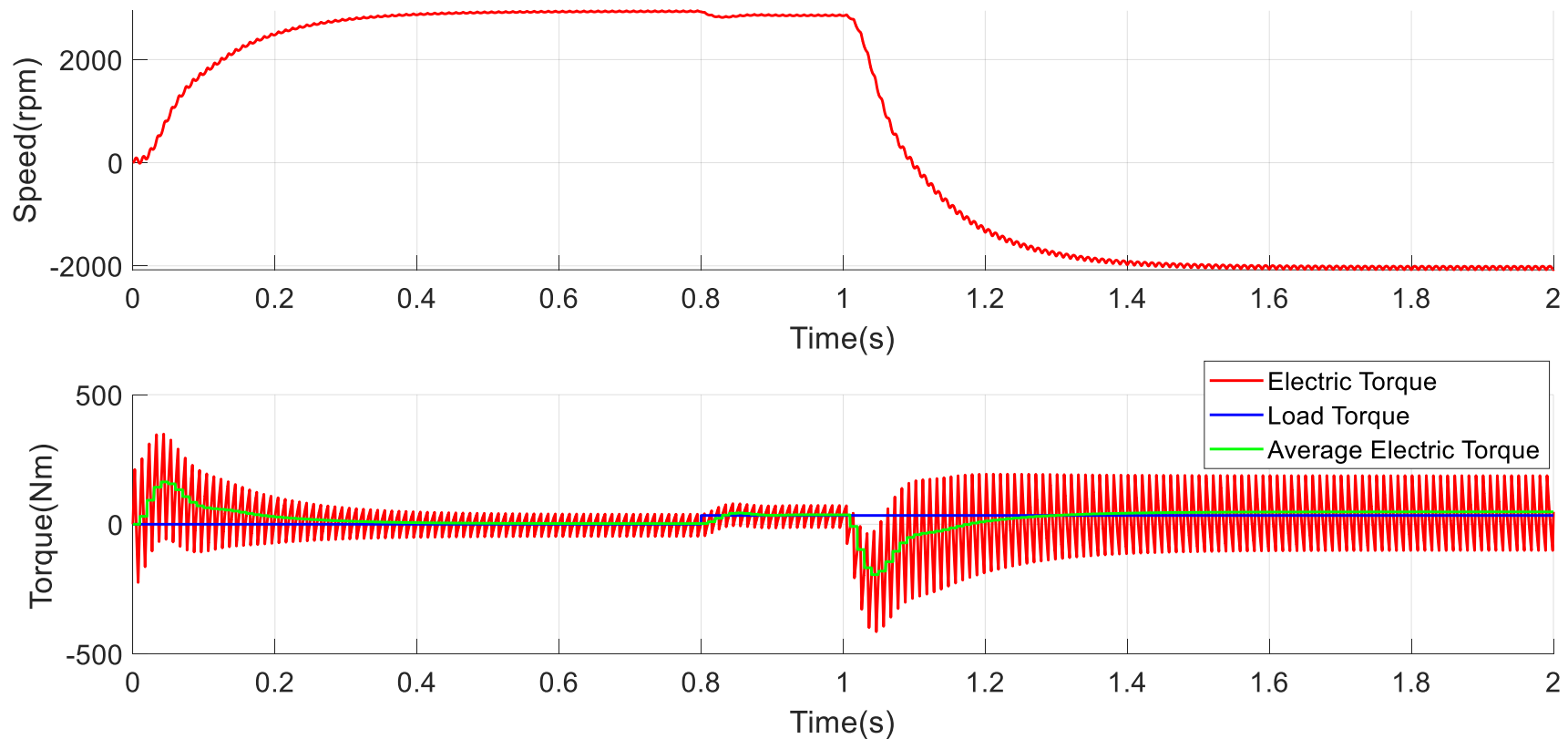


Hình 2.68. Dạng dòng điện và điện áp điều chế lưỡng cực

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 4 góc phần tư

□ Mô phỏng điều chế lưỡng cực

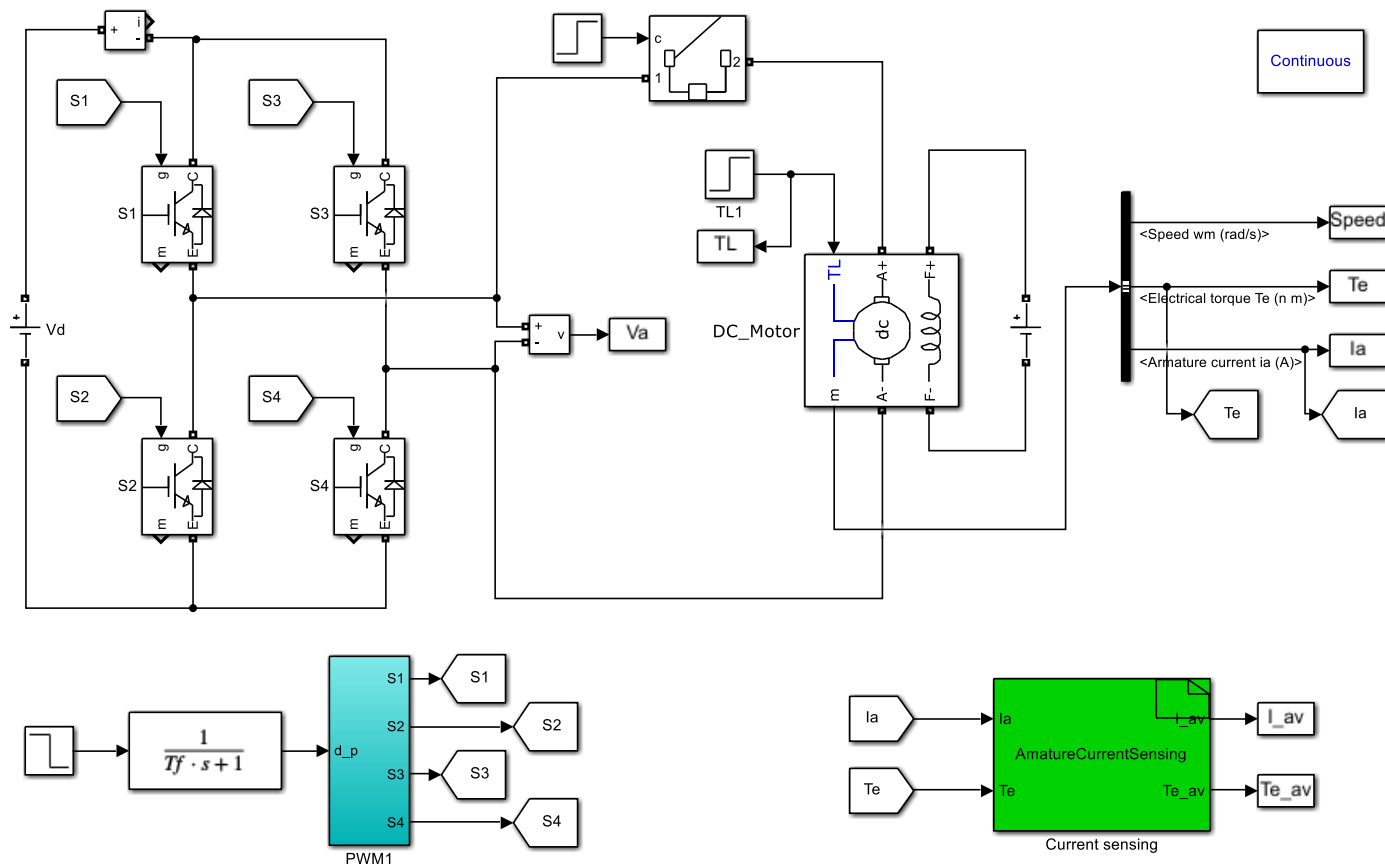


Hình 2.69. Tốc độ và mô men điện từ điều chế lưỡng cực

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 4 góc phần tư

❑ Mô phỏng điều chế đơn cực

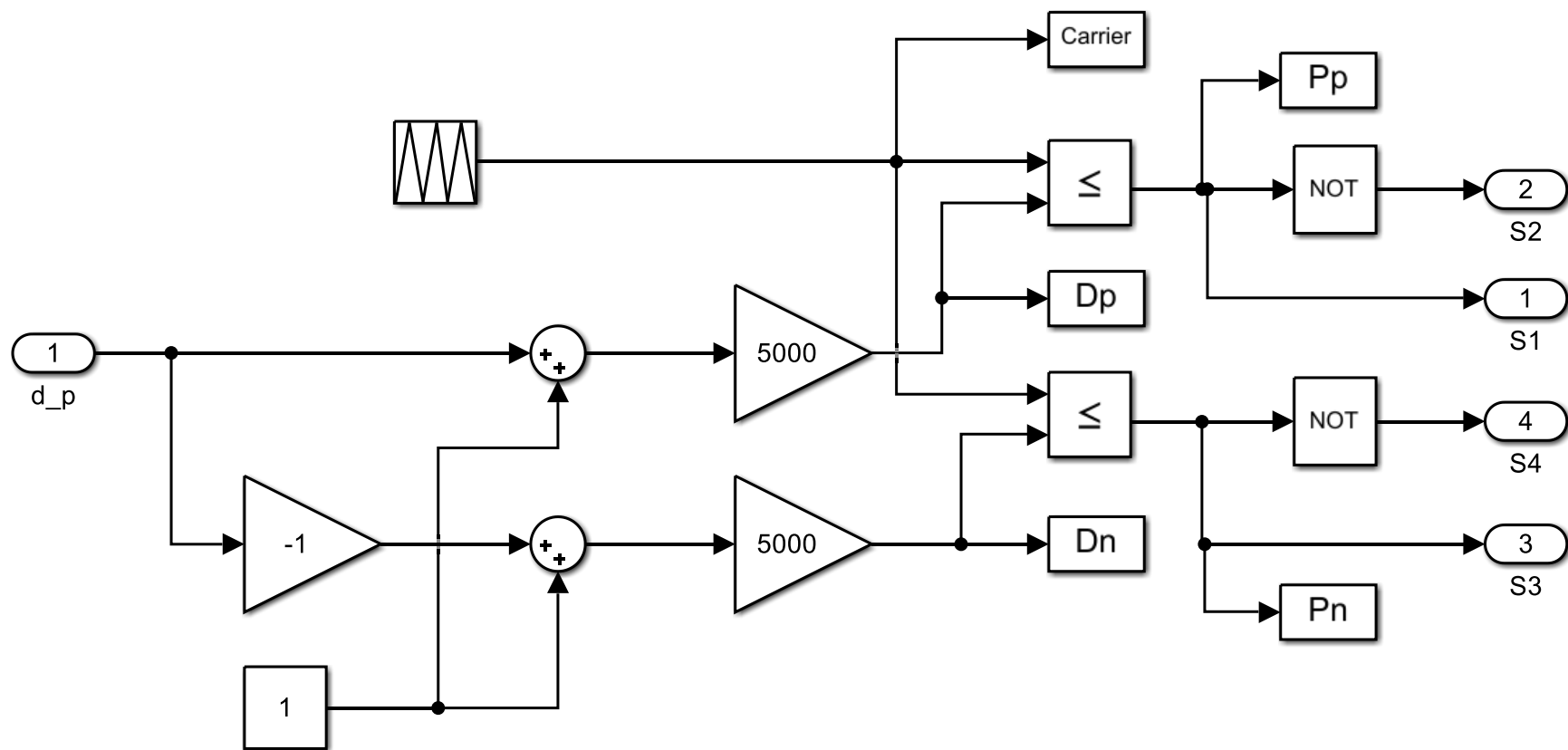


Hình 2.70. Mô phỏng điều chế đơn cực

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 4 góc phần tư

□ Mô phỏng điều chế đơn cực

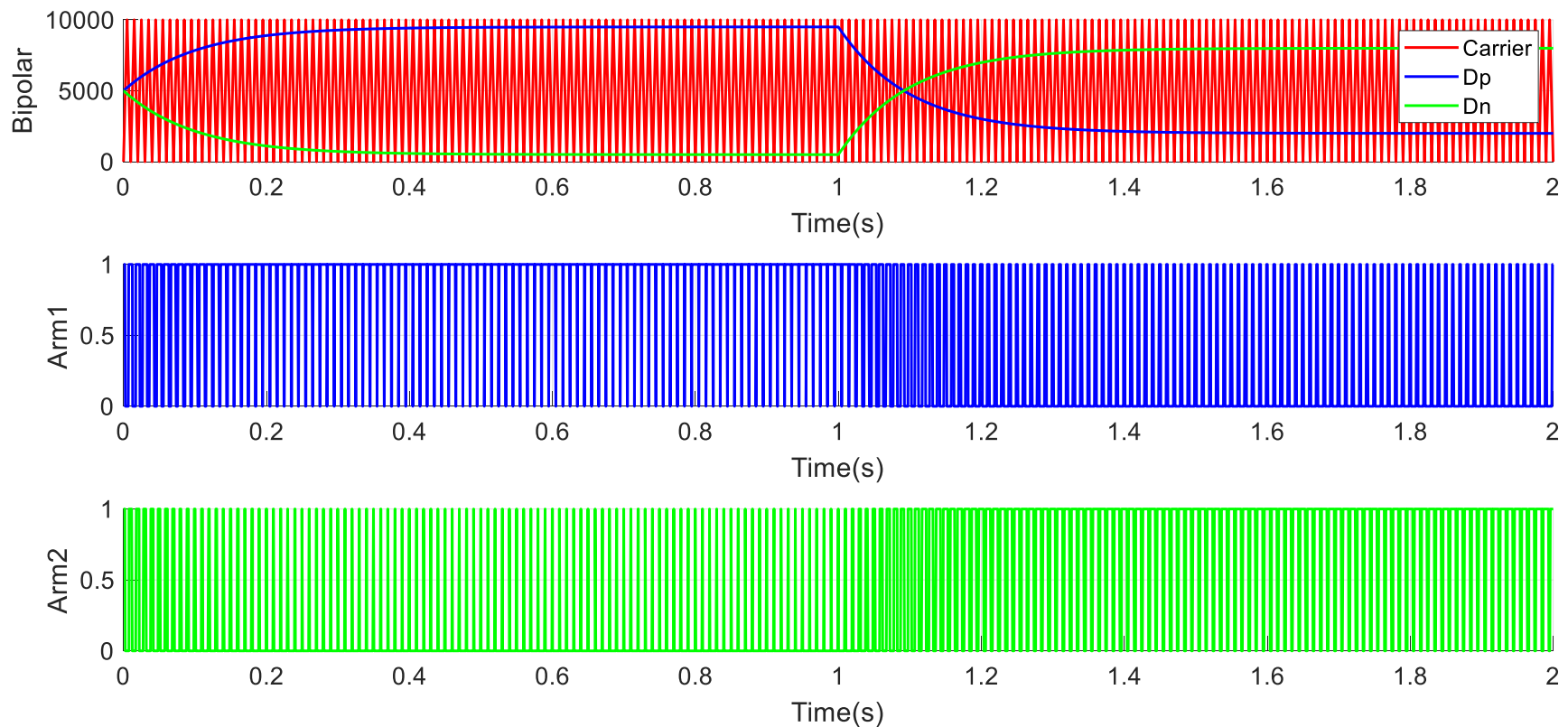


Hình 2.71. Khối điều chế đơn cực

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 4 góc phần tư

□ Mô phỏng điều chế đơn cực

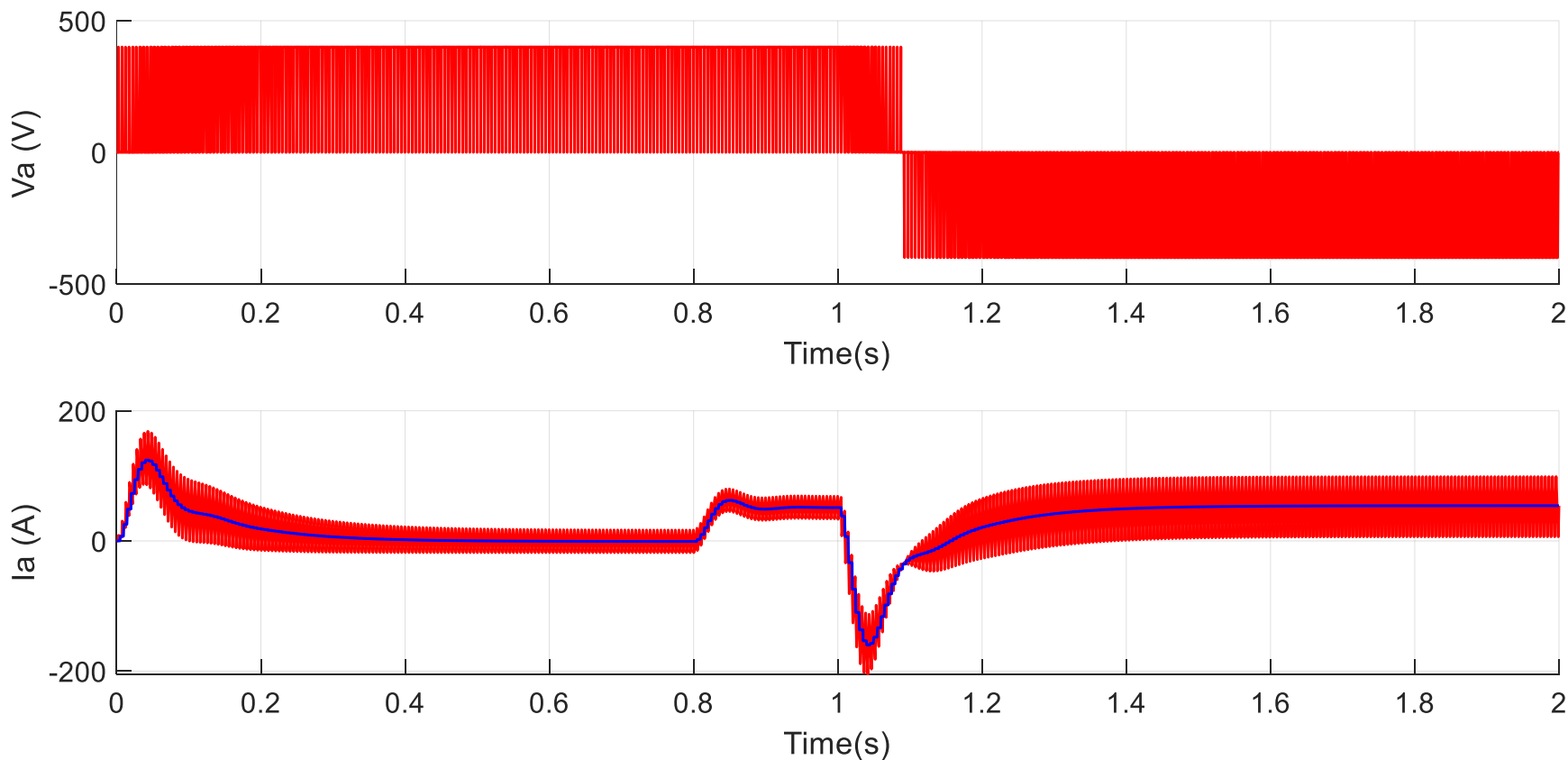


Hình 2.72. Tín hiệu điều chế đơn cực

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 4 góc phần tư

□ Mô phỏng điều chế đơn cực

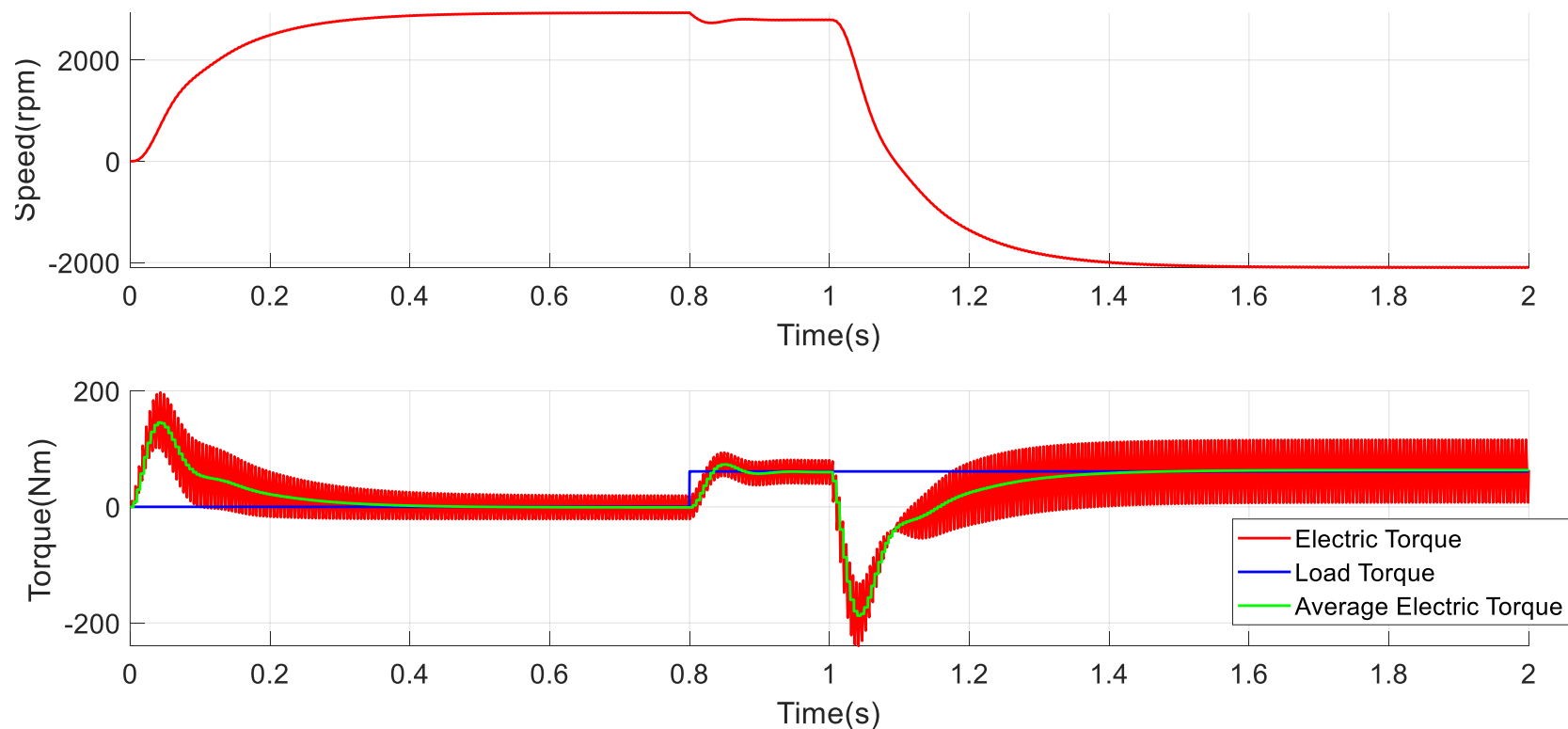


Hình 2.73. Dạng dòng điện – điện áp với điều chế đơn cực

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 4 góc phần tư

□ Mô phỏng điều chế đơn cực

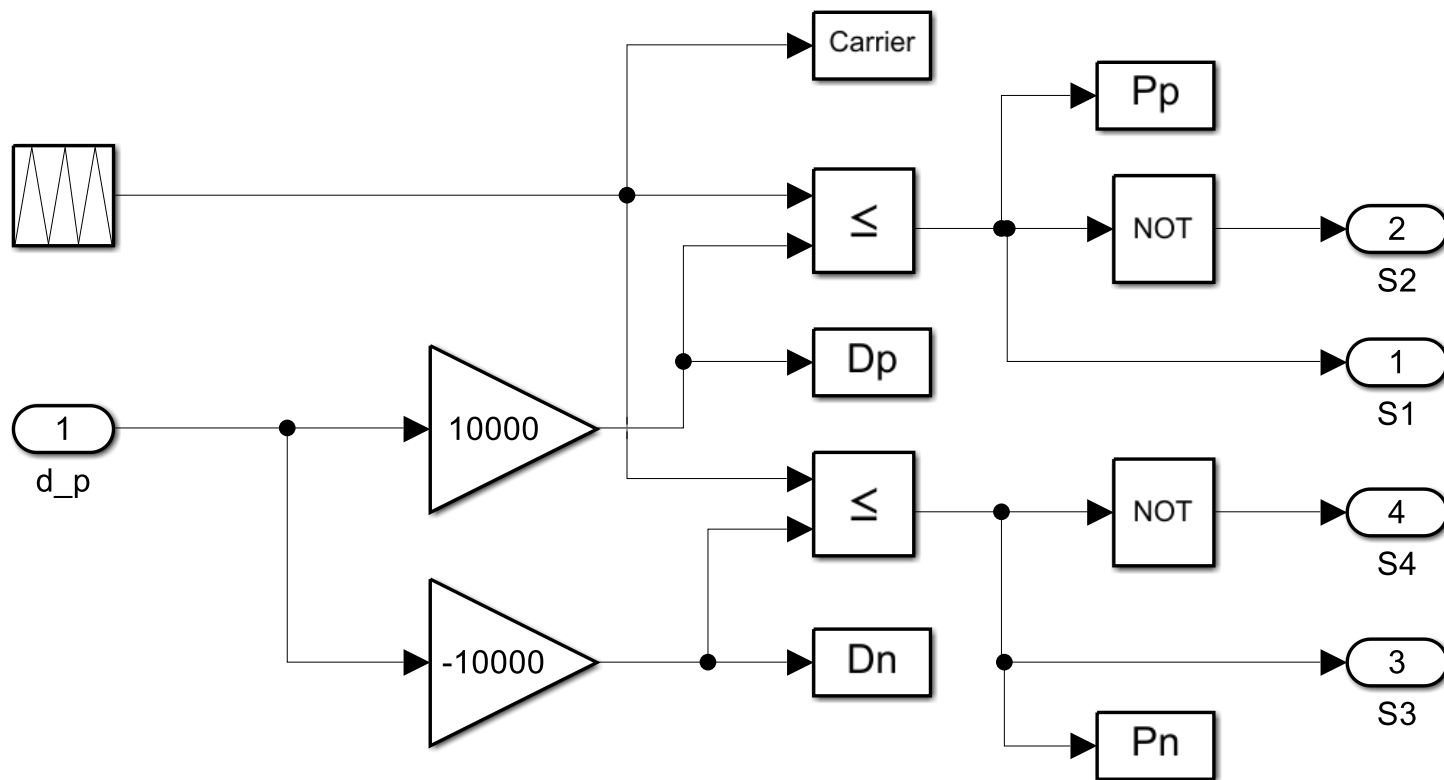


Hình 2.74. Dạng tốc độ - mô men điện từ với điều chế đơn cực

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 4 góc phần tư

❑ Mô phỏng điều chế đơn cực giảm tổn thất chuyển mạch

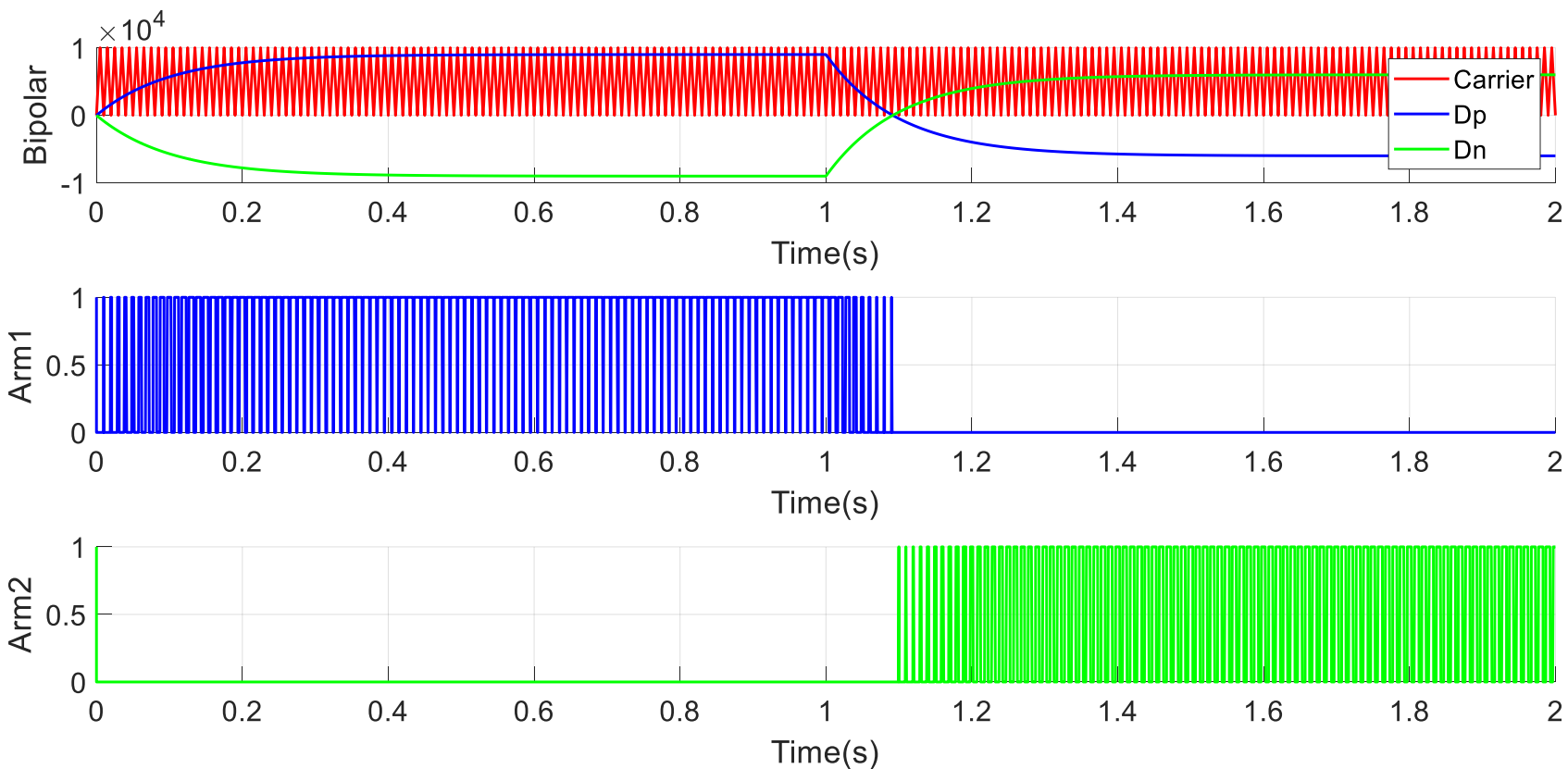


Hình 2.75. Khối điều chế đơn cực giảm tổn thất chuyển mạch

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 4 góc phần tư

□ Điều chế đơn cực giảm tổn thất chuyển mạch

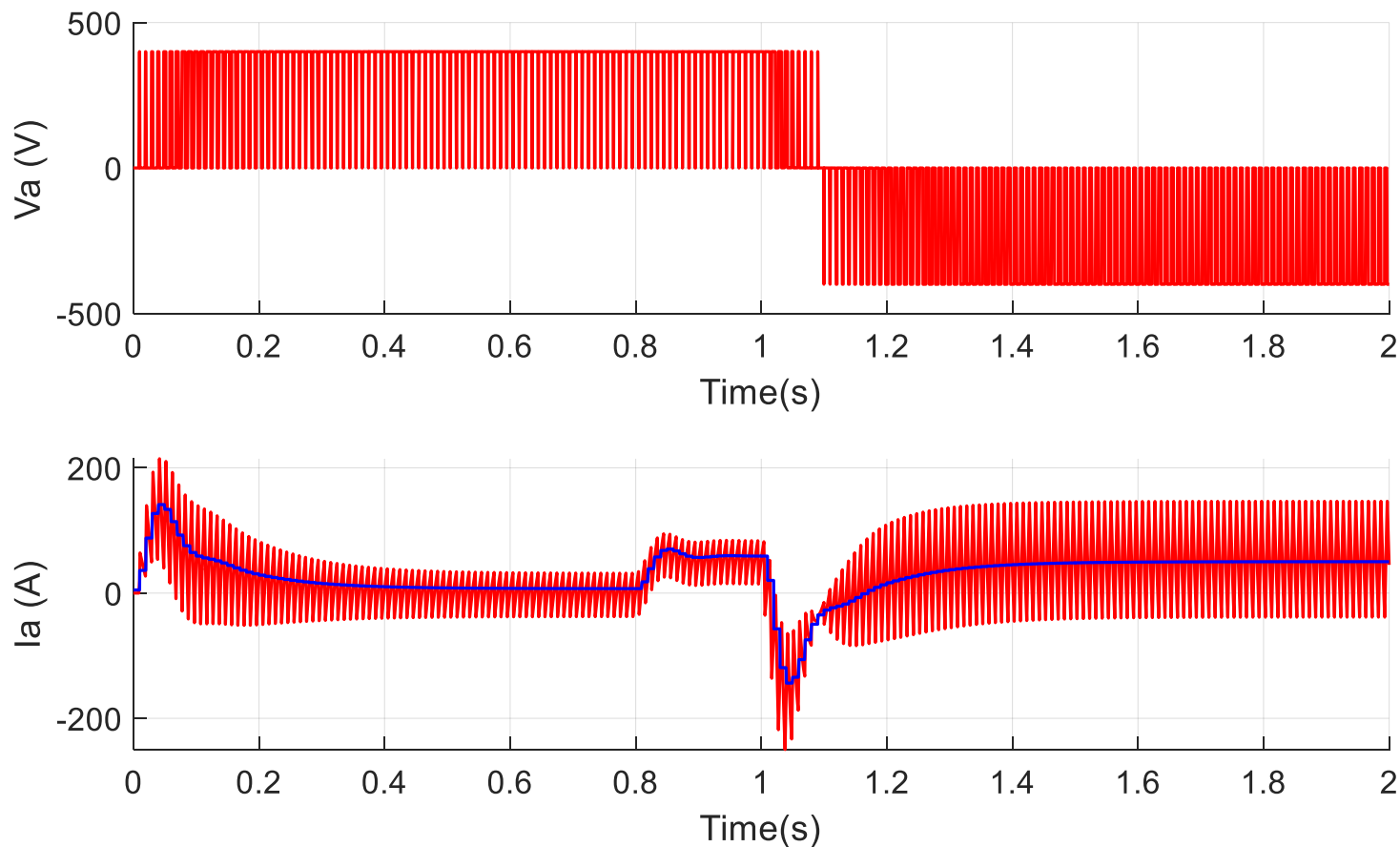


Hình 2.76. Kết quả mô phỏng điều chế đơn cực giảm tổn thất chuyển mạch – Tín hiệu điều chế

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 4 góc phần tư

□ Điều chế đơn cực giảm tổn thất chuyển mạch

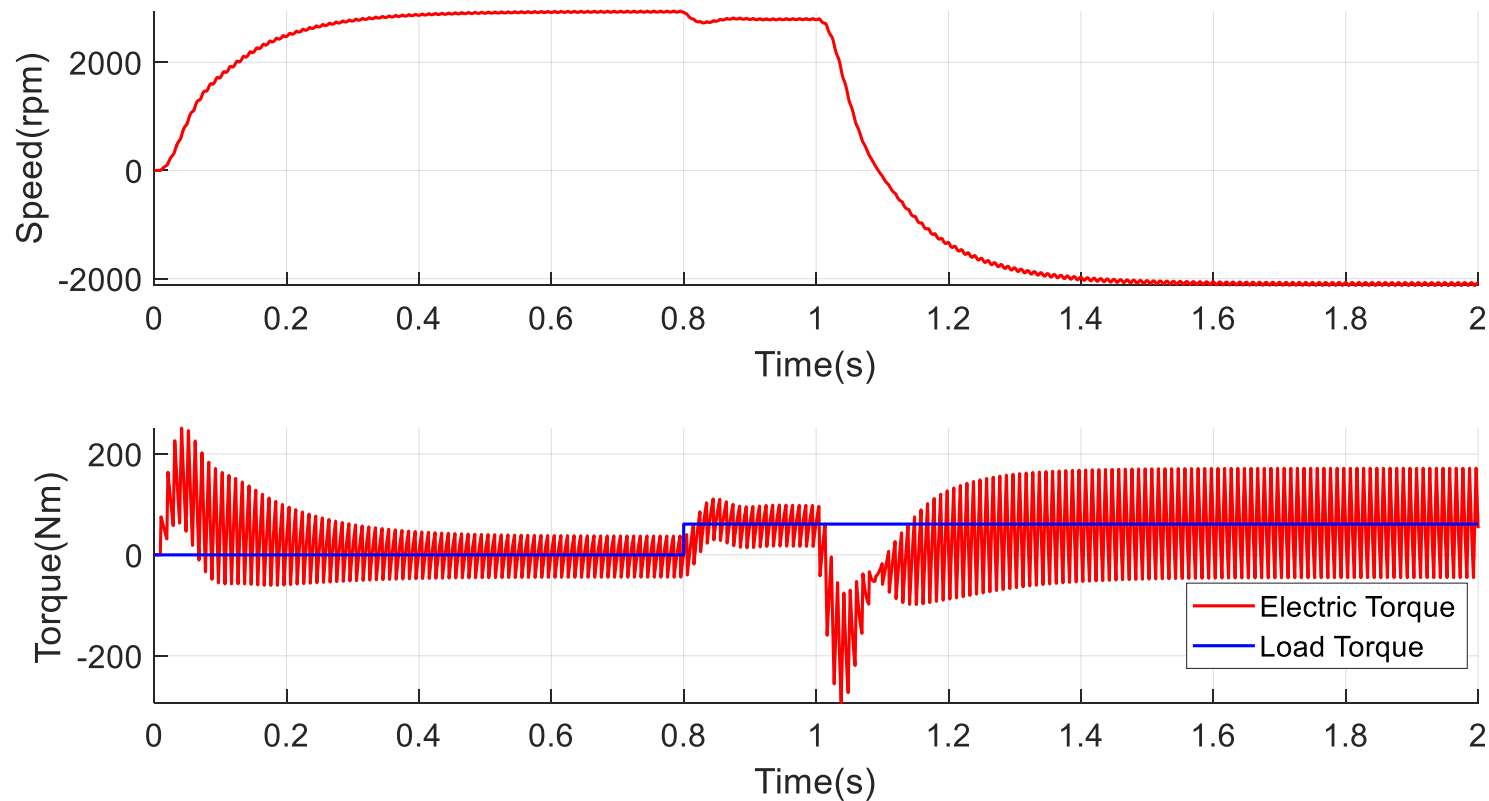


Hình 2.77. Kết quả mô phỏng điều chế đơn cực giảm tổn thất chuyển mạch – V_a và I_a

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

II. Sơ đồ 4 góc phần tư

□ Điều chế đơn cực giảm tổn thất chuyển mạch



Hình 2.78. Kết quả mô phỏng điều chế đơn cực giảm tổn thất chuyển mạch – Tốc độ và mô men điện từ

2.10. HỆ XUNG ÁP – ĐỘNG CƠ DC

Bài Tập

- Xây dựng sơ đồ cầu H 1 pha sử dụng van IGBT ở hình 2.62, đầu vào chỉnh lưu cầu 1 pha, điện áp lưới 220Vrms
- Tính toán tham số mạch lực ở công suất 2.5kVA, độ đập mạch điện áp dc bus là 2%.
- Xây dựng bộ điều chế đơn cực giảm tổn thất chuyển mạch.
- Khảo sát hệ ở các chế độ:
 - Khởi động
 - Đảo chiều
 - Hãm đập động năng
- Chú ý: thông số động cơ lấy từ catalog thiết bị.

TO BE CONTINUED