

# Mô phỏng mạch điện tử công suất sử dụng phần mềm Matlab/Simulink phục vụ giảng dạy kỹ thuật biến đổi điện năng

Nguyễn Thị Thanh Bình\*, Nguyễn Thị Thanh Ngân\*

\*ThS. Khoa Điện- điện tử, Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Vinh

Received: 5/11/2024; Accepted: 10/11/2024; Published: 15/11/2024

**Abstract:** Power conversion technique is an essential course in Electrical Engineering, Electronics, and Automation Control. This article presents a method of using Simulink in Matlab to simulate several Power Electronics circuits. This tool is highly useful and actively supports teaching, not only motivating students but also enhancing their ability to apply knowledge to practical situations more flexibly and effectively.

**Keywords:** Power Electronics, Matlab, modelling, simulation.

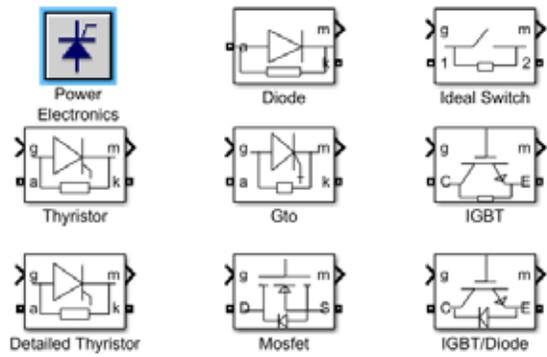
## 1. Đặt vấn đề

Kỹ thuật biến đổi điện năng là một học phần quan trọng trong ngành Kỹ thuật điện, điện tử và Điều khiển tự động hóa, liên quan đến việc nghiên cứu và ứng dụng các thiết bị bán dẫn công suất (như diode, transistor, thyristor, MOSFET, IGBT...) để chuyển đổi và điều khiển năng lượng điện. Nội dung chính của môn học này bao gồm các khái niệm, phương pháp và ứng dụng của các mạch điện tử công suất trong hệ thống điện. Môn học giúp sinh viên (SV) nắm vững các nguyên lý và phương pháp điều khiển năng lượng điện hiệu quả, góp phần vào việc phát triển các hệ thống điện thông minh, tiết kiệm năng lượng và thân thiện với môi trường.

Các bộ biến đổi bán dẫn là đối tượng nghiên cứu cơ bản của Kỹ thuật biến đổi điện năng, trong đó điển hình là: Các bộ chỉnh lưu (biến đổi điện xoay chiều thành một chiều) không điều khiển và có điều khiển. Các bộ nghịch lưu (biến đổi điện một chiều thành xoay chiều); Bộ biến đổi điện xoay chiều (AC  $\rightarrow$  AC); Bộ biến đổi điện một chiều (DC  $\rightarrow$  DC); Các bộ biến tần 1 pha, 3 pha... [1]. Trong bài viết này, tác giả xây dựng các bài mô phỏng mạch chỉnh lưu một pha không điều khiển, có điều khiển sử dụng phần mềm Matlab/Simulink [2, 3, 4]. Nội dung này có thể sử dụng để hỗ trợ giảng dạy trên lớp hoặc làm các bài thí nghiệm ảo trong học phần Kỹ thuật biến đổi điện năng.

## 2. Nội dung nghiên cứu

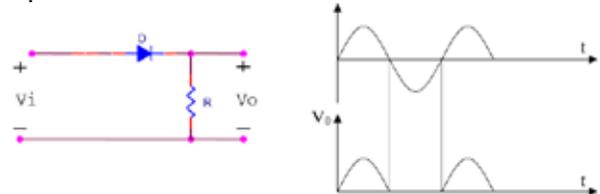
Mạch chỉnh lưu một pha là một loại mạch điện tử được sử dụng để chuyển đổi dòng điện xoay chiều (AC) thành dòng điện một chiều (DC). Mạch chỉnh lưu này thường sử dụng các linh kiện bán dẫn như diode để thực hiện quá trình chuyển đổi.



Hình 2.1. Các khối mô phỏng trong Matlab/Simulink.

### 2.1. Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ không điều khiển

Từ tín hiệu xoay chiều của khu vực (220V – 50Hz) hay thấp hơn (qua biến thế), dùng diode với tính chất chỉ dẫn điện theo một chiều (P-N) để đổi điện thành DC.



Hình 2.2. Sơ đồ mạch chỉnh lưu bán chu kỳ và dạng sóng vào, ra

- Nửa chu kỳ dương: D phân cực thuận nên dẫn, nên dòng điện  $I_L$  qua tải  $R_L$  cũng có giá trị số biến thiên theo nửa chu kỳ dương của nguồn. Nên điện thế ra trên tải  $V_L$  cũng có dạng nửa chu kỳ dương của  $V_2$ .

- Nửa chu kỳ âm: D phân cực nghịch nên không dẫn, do đó không có dòng qua tải  $I_L$ , nên  $V_L = 0$ .

- Kết quả: là dòng chạy qua tải  $I_L$ , và điện thế trên tải  $V_L$  chỉ còn lại bán kỳ +, nên được gọi là mạch chỉnh lưu bán kỳ.

Điện áp trung bình trên tải:

$$U_d = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi U_m \sin \omega t d\omega t = \frac{U_m}{\pi} = 0,45U$$

Tương tự cho dòng điện trung bình trên tải:

$$I_d = \frac{I_m}{\pi} = \frac{U_m}{R\pi} = 0,45 \frac{U}{R}$$

\*Mô phỏng mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ trên Matlab/Simulink

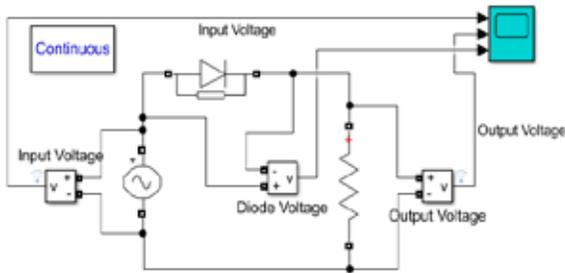
Xây dựng mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ với điện áp nguồn:  $e(t) = 220\sqrt{2} \sin(314t) V$ , phụ tải thuần trở  $R = 10 \Omega$ .

Thực hiện theo các bước:

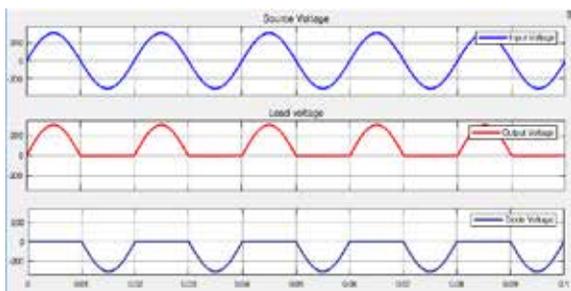
- Bước 1: Khởi động Matlab, mở Simulink.
- Bước 2: Tạo file mới, chọn các khối: nguồn xoay chiều một pha AC Voltage Source, Diode, phụ tải thuần trở Series RLC branch, khối đo điện áp Voltage Measurement, khối hiển sóng Scope và xây dựng sơ đồ mạch (hình 2.3).

- Bước 3: Chạy mô phỏng, xem kết quả.

Dạng sóng điện áp nguồn, tải và điện áp trên Diode mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ thể hiện trên hình 2.4.



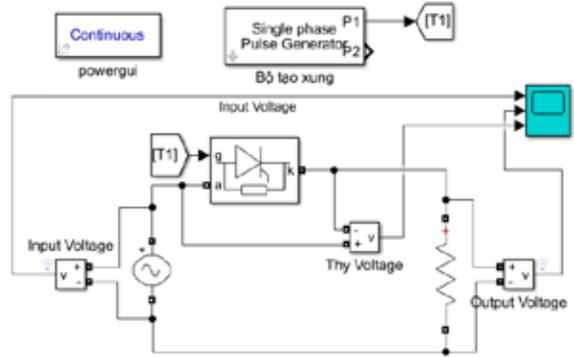
Hình 2.3. Sơ đồ mô phỏng mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ không điều khiển trên Matlab/Simulink.



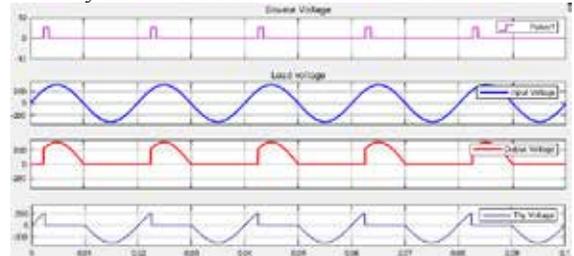
Hình 2.4. Dạng sóng điện áp nguồn, tải và điện áp trên Diode mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ.

### 2.2. Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ có điều khiển

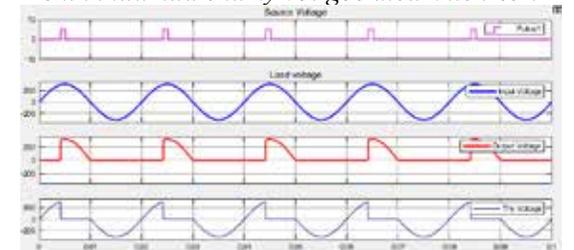
Với sơ đồ chỉnh lưu nửa chu kỳ có điều khiển, trong mạch hình 2.2, thay Diode bằng Thyristor. Sử dụng nguồn xung để điều khiển Thyristor với góc điều khiển là  $45^\circ, 75^\circ$ . Sơ đồ mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ có điều khiển trên Matlab/Simulink trên hình 2.5, chạy mô phỏng cho kết quả trên hình 2.6 và hình 2.7.



Hình 2.5. Sơ đồ mô phỏng mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ có điều khiển trên Matlab/Simulink.

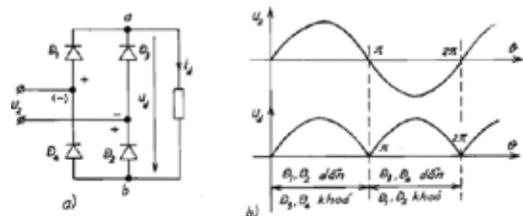


Hình 2.6. Dạng sóng xung điều khiển Thyristor; điện áp nguồn, tải và điện áp trên Thyristor mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ với góc điều khiển  $45^\circ$ .



Hình 2.7. Dạng sóng xung điều khiển Thyristor; điện áp nguồn, tải và điện áp trên Thyristor mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ với góc điều khiển  $75^\circ$ .

### 2.3. Mạch chỉnh lưu cầu một pha không điều khiển



Hình 2.8. Mạch chỉnh lưu cầu một pha và dạng điện áp vào, ra.

Mạch chỉnh lưu gồm bốn van đấu thành hai nhóm:  $D_1, D_3$  đấu catốt chung,  $D_2, D_4$  đấu anốt chung. Nguồn xoay chiều đưa vào mạch van có thể lấy trực tiếp từ lưới điện hoặc thông qua biến áp.

- Trong nửa chu kỳ đầu, điện áp  $u_2 > 0$ :  $D_1$  và  $D_2$  dẫn,  $D_3$  và  $D_4$  tắt.

- Trong nửa chu kỳ sau, điện áp  $u_2 < 0$ : D3 và D4 dẫn, D1 và D2 tắt.

- Điện áp trung bình trên tải:

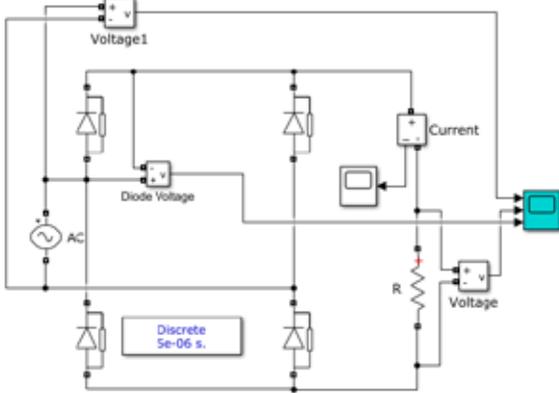
$$U_d = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} U_m \sin \omega t d\omega t = \frac{2U_m}{\pi} = 0,9U$$

Tương tự cho dòng điện trung bình trên tải:

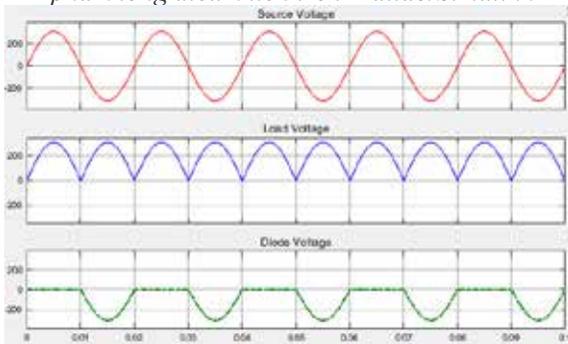
$$I_d = \frac{2U_m}{R\pi} = 0,9 \cdot \frac{U}{R}$$

*Mô phỏng mạch chỉnh lưu một pha không điều khiển trên Matlab/Simulink*

Thực hiện các bước tuần tự như trên, sơ đồ mô phỏng trên Matlab/Simulink thể hiện trên hình 2.7, kết quả mô phỏng điện áp nguồn, tải và điện áp trên Diode mạch chỉnh lưu cầu một pha không điều khiển trên hình 2.8.



Hình 2.9. Sơ đồ mô phỏng mạch chỉnh lưu cầu một pha không điều khiển trên Matlab/Simulink.

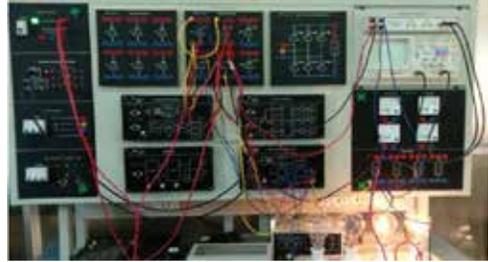


Hình 2.10. Dạng sóng điện áp nguồn, tải và điện áp trên Diode mạch chỉnh lưu cầu một pha không điều khiển trên Matlab/Simulink.

Qua các kết quả mô phỏng cho thấy, với việc mô phỏng ta có thể thay đổi các cấu trúc của các bộ chỉnh lưu, thay đổi góc điều khiển các phần tử bán dẫn để thay đổi điện áp trung bình trên tải. Mô hình thí nghiệm ảo này cho phép SV thay đổi nhanh chóng các điều kiện thí nghiệm để kiểm tra nhiều biến số khác nhau mà không cần phải tốn nhiều công sức

thiết lập lại. Từ đó có thể quan sát các kết quả khác nhau và cho nhận xét đánh giá.

Tuy nhiên, thí nghiệm ảo cũng có hạn chế, như không thể hoàn toàn thay thế được sự chính xác và cảm nhận thực tế mà các thí nghiệm thực mang lại (hình 2.11).



Hình 2.11. Sơ đồ thực nghiệm các mạch điện tử công suất.

### 3. Kết luận

Bài viết đã trình bày việc xây dựng các bài mô phỏng mạch điện tử công suất trên phần mềm Matlab/Simulink hỗ trợ giảng dạy học phần Kỹ thuật biến đổi điện năng. Mô phỏng ngày càng trở nên quan trọng trong giáo dục và nghiên cứu khoa học nhờ khả năng mang lại nhiều lợi ích vượt trội so với thí nghiệm truyền thống. Đặc biệt trong các bài giảng lý thuyết trên lớp hoặc trong giảng dạy trực tuyến, nơi mà học viên không có điều kiện để thao tác trong phòng thí nghiệm, mô phỏng giúp SV hiểu rõ hơn các khái niệm trừu tượng thông qua hình ảnh trực quan và sinh động. Đây là công cụ rất hữu ích hỗ trợ tích cực trong công tác giảng dạy, không những tạo động lực cho SV mà còn giúp cho khả năng vận dụng kiến thức vào thực tiễn của SV linh hoạt và hiệu quả hơn.

### Tài liệu tham khảo

- [1]. Lê Văn Doanh, Nguyễn Thế Công, Trần Văn Thịnh (2020), *Điện tử công suất, tập 1*. NXB Khoa học & kỹ thuật.
- [2]. Võ Khánh Thoại (2020), *Ứng dụng công cụ simulink trong Matlab để mô phỏng các mạch điện tử công suất*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Đà Nẵng, vol. 18, no. 3, 2020.
- [3]. Abdulatif A. M. Shaban (2009), *A Matlab/ Simulink Based Tool for Power Electronic Circuit*, World Academy of Science, Engineering and Technology, vol. 49, 2009, pp. 274–279.
- [4]. Hazim H. Tahir, Teresa Fernández Pareja (2010), *MATLAB Package and Science Subjects for Undergraduate Studies*, International Journal for Cross-Disciplinary Subjects in Education (IJCDSE), Volume 1, Issue 1, March 2010.