

TRƯỜNG ĐẠI HỌC VINH  
VIỆN KỸ THUẬT VÀ CÔNG NGHỆ



**TÀI LIỆU THỰC HÀNH  
ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT**

TS. Dương Đình Tú

Nghệ An, 1/2024

## MỤC LỤC

Bài 1: Hướng dẫn sử dụng phần mềm PSIM .....	5
1.1. Cơ sở lý thuyết .....	5
1.2. Các bước thực hành.....	6
1.2.1. Một số chức năng chính của PSIM .....	6
1.2.2. Ví dụ quá trình mô phỏng .....	10
1.3. Kết luận .....	26
Bài 2: Bộ chỉnh lưu nửa chu kỳ không điều khiển.....	27
2.1. Cơ sở lý thuyết .....	27
2.1.1. Cấu trúc chung của bộ chỉnh lưu.....	27
2.1.2. Tải điện trở.....	27
2.1.3. Tải điện trở-cuộn cảm mắc nối tiếp.....	28
2.1.4. Tải điện trở-cuộn cảm- nguồn một chiều mắc nối tiếp.....	29
2.1.5. Sử dụng bộ lọc tụ điện .....	30
2.2. Các bước thực hành.....	31
2.3. Kết luận .....	34
Bài 3: Bộ chỉnh lưu nửa chu kỳ có điều khiển.....	35
3.1. Cơ sở lý thuyết .....	35
3.1.1. Tải điện trở.....	35
3.1.2. Tải điện trở-cuộn cảm mắc nối tiếp.....	36
3.1.3. Tải điện trở-cuộn cảm- nguồn một chiều mắc nối tiếp.....	37
3.2. Các bước thực hành.....	37
3.3. Kết luận .....	38
Bài 4: Bộ chỉnh lưu một pha cả chu kỳ không điều khiển .....	39
4.1. Cơ sở lý thuyết .....	39
4.1.1. Chỉnh lưu một pha cả chu kỳ không điều khiển.....	39
4.1.2. Tải điện trở.....	40
4.1.3. Tải điện trở-cuộn cảm mắc nối tiếp.....	40
4.1.4. Tải điện trở-cuộn cảm- nguồn một chiều mắc nối tiếp.....	41
4.1.5. Mạch chỉnh lưu cả chu kỳ sử dụng bộ lọc cuộn cảm-tụ điện .....	42
4.2. Các bước thực hành.....	43

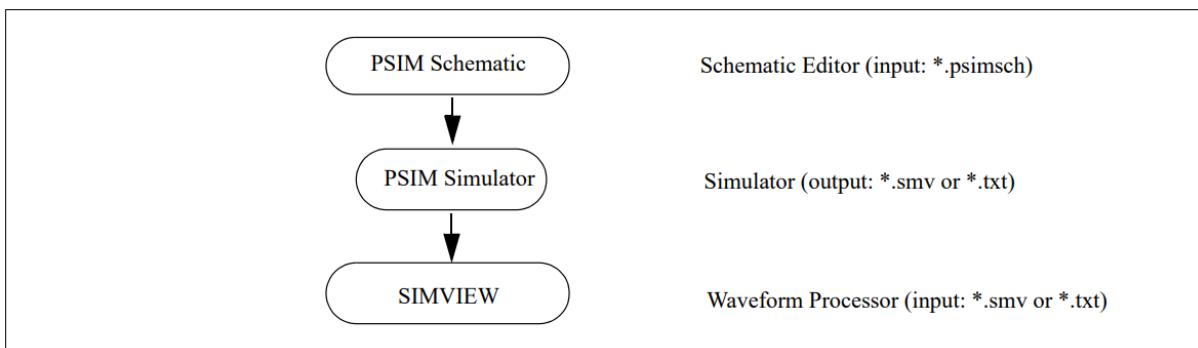
4.3. Kết luận .....	44
Bài 5: Bộ chỉnh lưu một pha cả chu kỳ có điều khiển .....	45
5.1. Cơ sở lý thuyết .....	45
5.1.1. <i>Tải điện trở</i> .....	45
5.1.2. <i>Tải điện trở-cuộn cảm mắc nối tiếp</i> .....	46
5.1.3. <i>Tải điện trở-cuộn cảm-nguồn một chiều mắc nối tiếp</i> .....	48
5.2. Các bước thực hành.....	48
5.3. Kết luận .....	50
Bài 6: Bộ chỉnh lưu ba pha.....	51
6.1. Cơ sở lý thuyết .....	51
6.1.1. <i>Mạch chỉnh lưu ba pha không điều khiển</i> .....	51
6.1.2. <i>Mạch chỉnh lưu ba pha có điều khiển</i> .....	52
6.2. Các bước thực hành.....	53
6.3. Kết luận .....	54
Bài 7: Bộ biến đổi điện áp xoay chiều một pha .....	55
7.1. Cơ sở lý thuyết .....	55
7.1.1. <i>Tải điện trở</i> .....	55
7.1.2. <i>Tải điện trở-cuộn cảm mắc nối tiếp</i> .....	56
7.2. Các bước thực hành.....	57
7.3. Kết luận .....	58
Bài 8: Bộ biến đổi điện áp xoay chiều ba pha.....	59
8.1. Cơ sở lý thuyết .....	59
8.1.1. <i>Tải điện trở mắc theo sơ đồ hình sao</i> .....	59
8.1.2. <i>Tải điện trở mắc theo sơ đồ hình tam giác</i> .....	60
8.2. Các bước thực hành.....	61
8.3. Kết luận .....	61
Bài 9: Bộ biến đổi điện áp một chiều loại giảm áp.....	62
9.1. Cơ sở lý thuyết .....	62
9.2. Các bước thực hành.....	63
9.3. Kết luận .....	63
Bài 10: Bộ biến đổi điện áp một chiều loại tăng áp .....	64
10.1. Cơ sở lý thuyết .....	64

10.2. Các bước thực hành.....	65
10.3. Kết luận .....	65
Bài 11: Bộ biến đổi điện áp một chiều loại tăng-giảm áp.....	66
11.1. Cơ sở lý thuyết .....	66
11.2. Các bước thực hành.....	67
11.3. Kết luận .....	68
Bài 12: Bộ biến tần.....	69
12.1. Cơ sở lý thuyết .....	69
12.1.1. Bộ biến tần dạng cầu tạo điện áp xung vuông.....	69
12.1.2. Bộ biến tần dạng bán cầu .....	70
12.1.3. Phương pháp điều chế độ rộng xung .....	71
12.1.4. Bộ biến tần ba pha sáu mức .....	72
12.1.5. Bộ biến tần ba pha điều chế độ rộng xung .....	73
12.1.6. Bộ biến tần ba pha nhiều mức .....	74
12.2. Các bước thực hành.....	75
12.3. Kết luận .....	77
HƯỚNG DẪN BÁO CÁO VÀ ĐÁNH GIÁ THỰC HÀNH .....	78
TÀI LIỆU THAM KHẢO .....	82

# Bài 1: Hướng dẫn sử dụng phần mềm PSIM

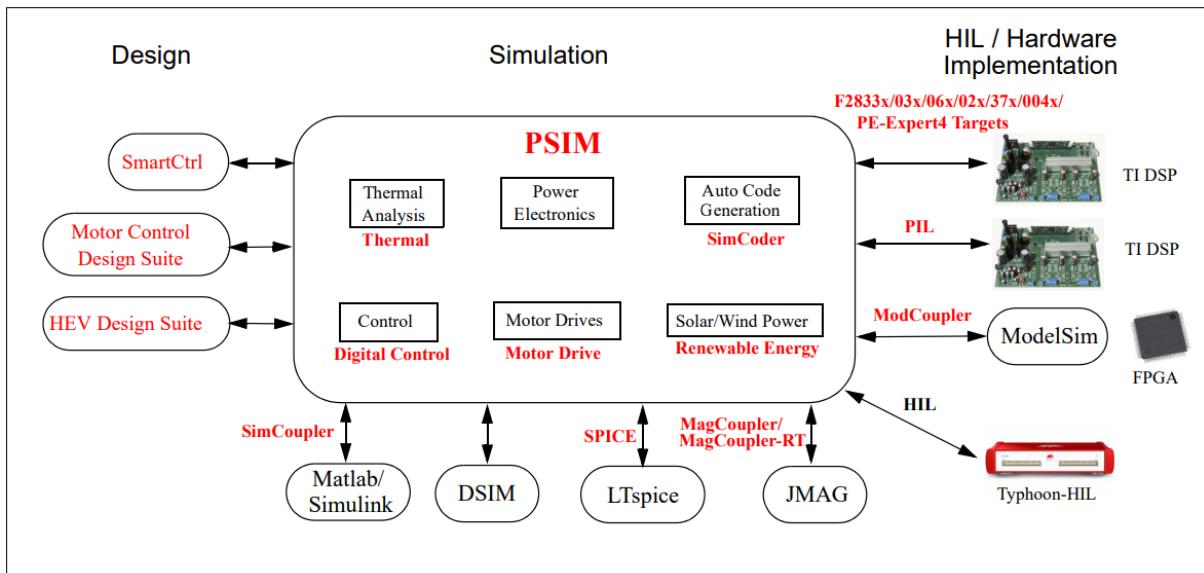
## 1.1. Cơ sở lý thuyết

PSIM là phần mềm mô phỏng được thiết kế đặc biệt cho điện tử công suất, truyền động động cơ và biến đổi hệ thống công suất. Với tốc độ mô phỏng nhanh và giao diện người dùng thân thiện, PSIM cung cấp khả năng mô phỏng mạnh mẽ để đáp ứng nhu cầu mô phỏng và phát triển của người sử dụng. Môi trường mô phỏng PSIM bao gồm chương trình sơ đồ PSIM, công cụ mô phỏng và chương trình xử lý dạng sóng SIMVIEW. Quá trình mô phỏng được minh họa như ở Hình 1.1.



**Hình 1.1.** Quá trình mô phỏng trên PSIM

PSIM bao gồm các gói cơ bản cũng như các module bổ sung. Ngoài ra, PSIM tích hợp công cụ DSIM vào môi trường mô phỏng của nó. DSIM được biết đến với tốc độ và độ chính xác đáng kinh ngạc trong việc giải quyết các hệ thống chuyển đổi năng lượng rất lớn và giải quyết các chuyển mạch chuyển mạch chi tiết. DSIM chia sẻ cùng môi trường thu thập sơ đồ và xử lý dạng sóng như PSIM. PSIM còn liên kết với phần mềm SmartCtrl để thiết kế vòng điều khiển. SmartCtrl được thiết kế đặc biệt cho các ứng dụng biến đổi công suất. PSIM cũng cung cấp chức năng xuất giai đoạn công suất sang trình mô phỏng thời gian thực của Typhoon HIL để mô phỏng phần cứng HIL trong vòng lặp. Với dòng sản phẩm này, Powersim cung cấp một nền tảng hoàn chỉnh từ thiết kế đến mô phỏng, đến triển khai phần cứng. Môi trường tổng thể được thể hiện trong Hình 1.2.

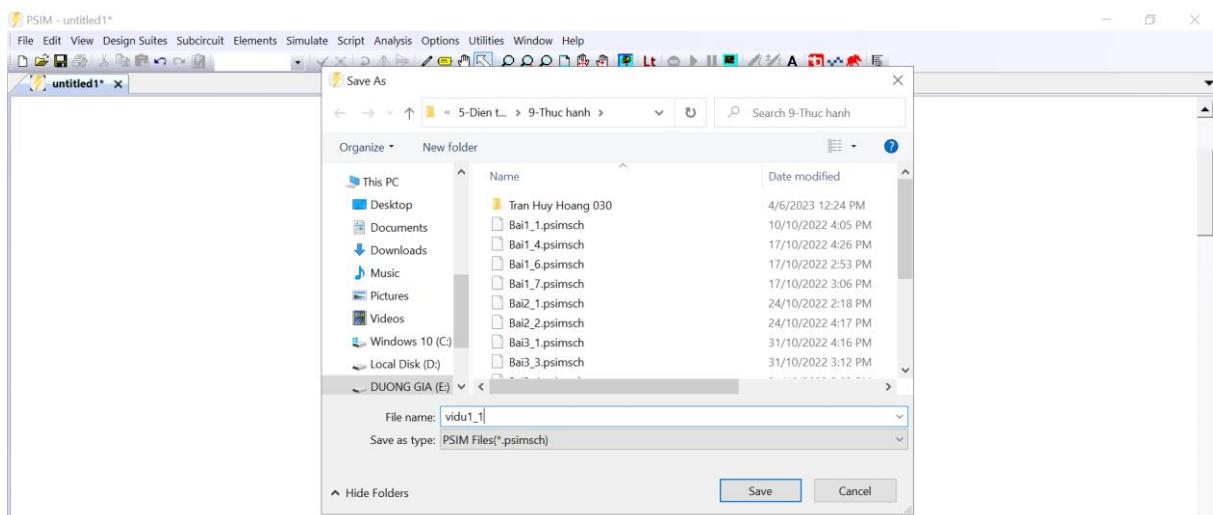


**Hình 1.2.** Mô trường tổng thể của PSIM

## 1.2. Các bước thực hành

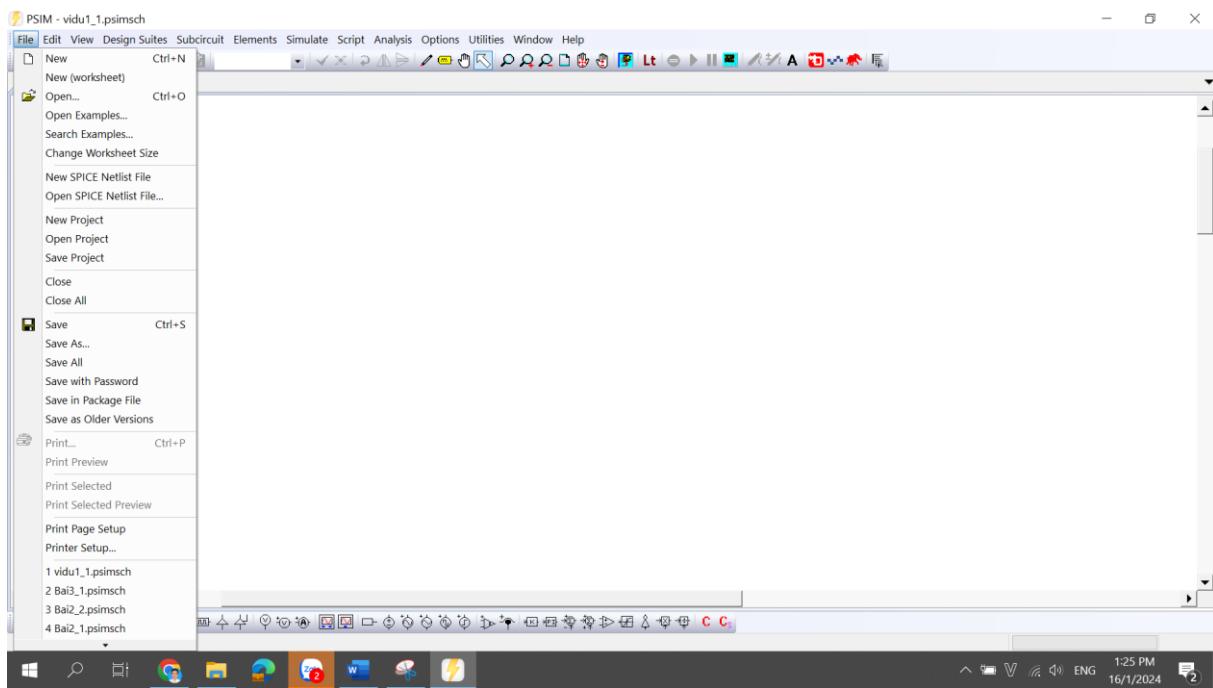
### 1.2.1. Một số chức năng chính của PSIM

- Khởi động phần mềm PSIM, chọn file/new để tạo file mô phỏng. Lưu file bằng cách vào File/Save, chọn thư mục lưu và đặt tên cho file.

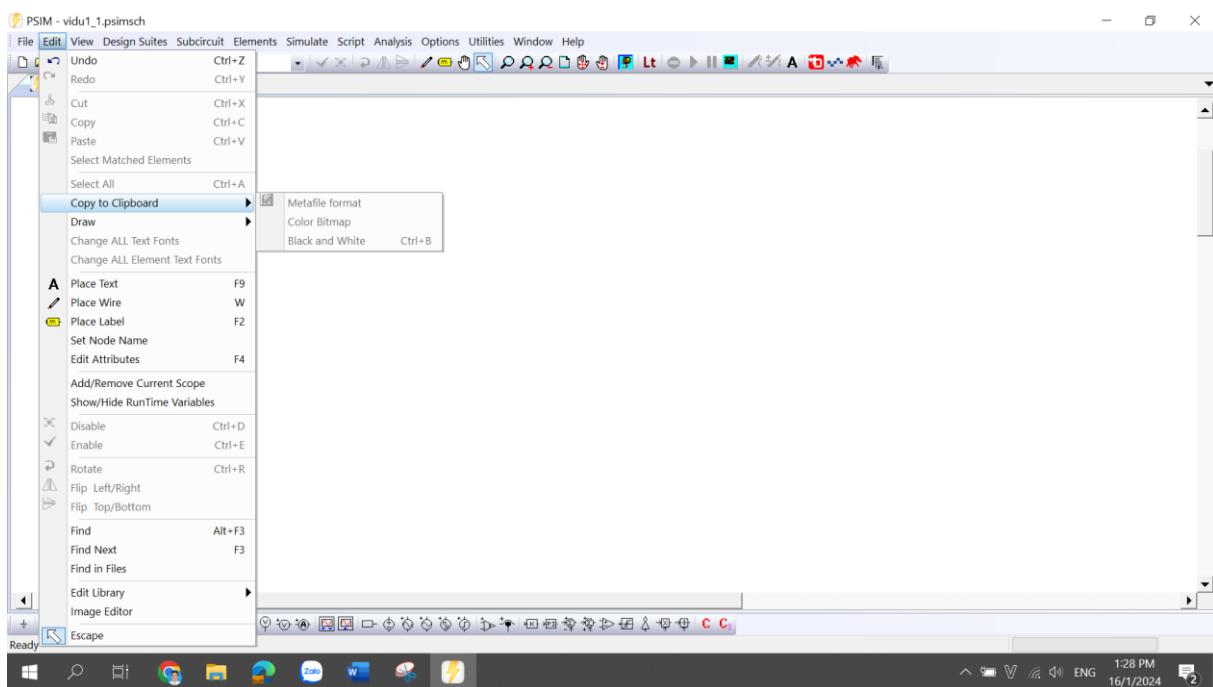


- Các menu trong PSIM:

- + menu File: bao gồm các thao tác lên file đang thực hiện.



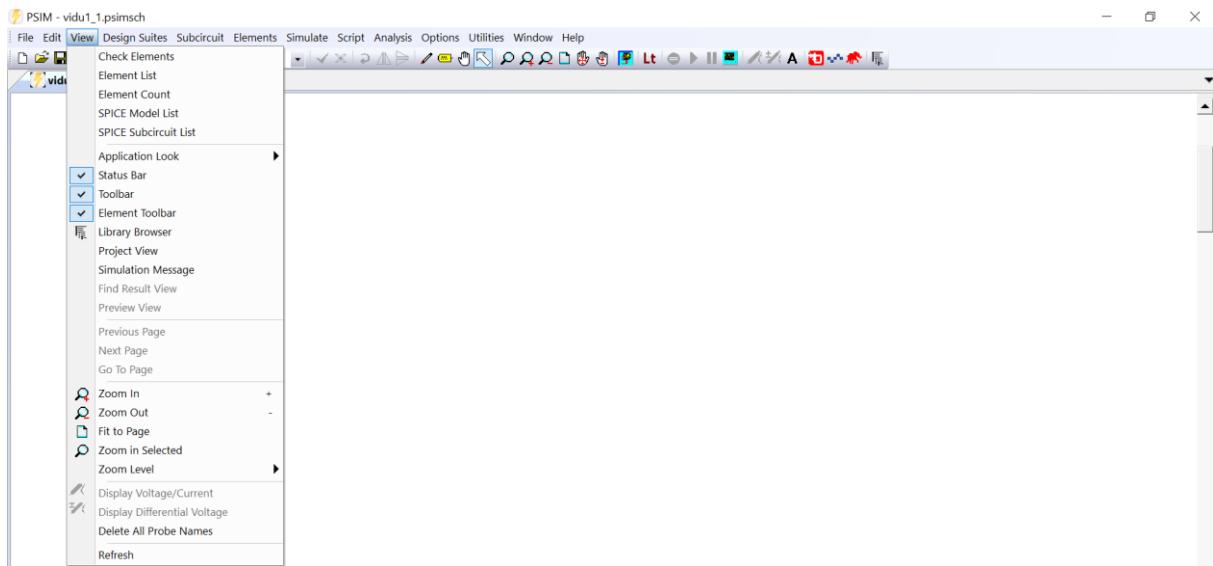
+ Menu Edit: bao gồm các thao tác chỉnh sửa file:



Lưu ý một số chức năng quan trọng:

- Copy to Clipboard: copy mạch đang thiết kế (để dán vào MS. Word,...). Có 3 dạng ảnh, thường chọn dạng Metafile format cho chất lượng cao;
- Draw: sử dụng chức năng vẽ lên mạch thiết kế;
- Place Text: thêm phần text chú thích vào mạch thiết kế;

- Place wire: sử dụng chức năng nối mạch khi đã có các phần tử. Chức năng này cũng hiển thị trên thanh toolbar 
  - Place Label: sử dụng nhãn thay thế cho đường dây nối các phần tử trong trường hợp quá nhiều dây nối gây rối rắm, phức tạp. Chức năng này cũng hiển thị trên thanh toolbar 
- + Menu View: sử dụng các chế độ xem và hiển thị công cụ.

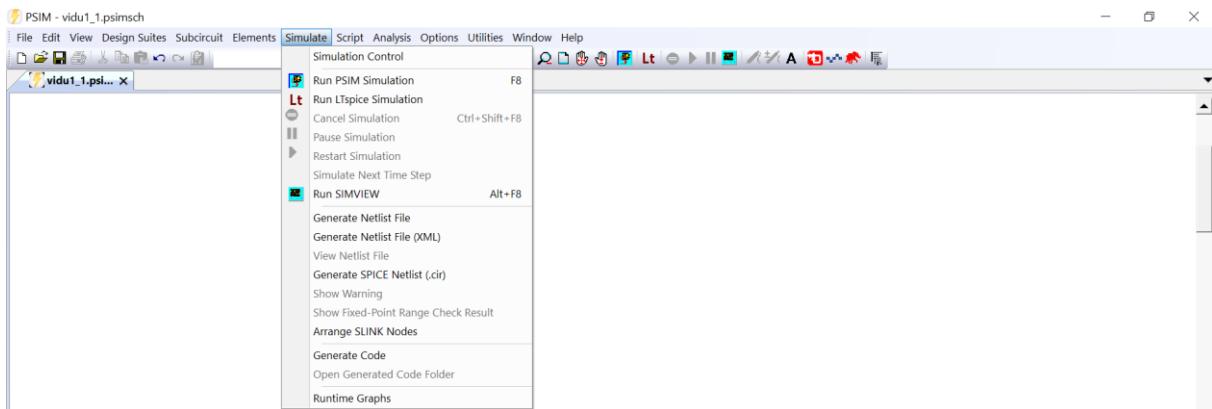


Lưu ý một số chức năng quan trọng:

- Đánh dấu vào các chức năng Status Bar, Tool Bar, Element Toolbar để hiện thị các công cụ cần sử dụng;
- Chức năng Library Browser là một chức năng quan trọng, dùng để tìm kiếm linh kiện thiết bị, sẽ nói cụ thể hơn ở bước sau;
- Các chức năng Zoom In/Out/Level sử dụng để phóng to, thu nhỏ mạch đang thiết kế. Chức năng Fit to Page cho phép thiết lập mạch vừa vặn với khung.

+ Menu Elements: sử dụng để lấy các linh kiện thiết bị, sẽ nói cụ thể hơn ở bước sau.

+ Menu Simulate: sử dụng để thiết lập quá trình mô phỏng.

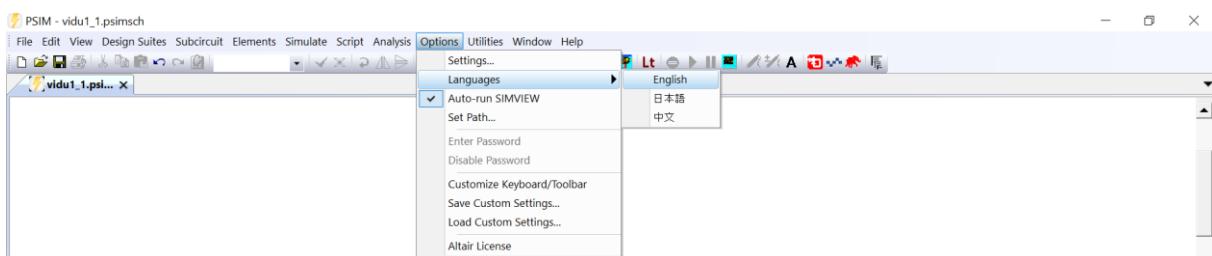


Lưu ý một số chức năng quan trọng:

- Simulation Control: dùng để thiết lập thời gian mô phỏng, thời gian lấy mẫu của quá trình mô phỏng;
  - Run PSIM simulation: thực hiện mô phỏng.
- + Menu Analysis: sử dụng các chức năng phân tích toán học đối với tín hiệu, như phân tích Monte Carlo, phân tích lỗi, phân tích Fourier,...

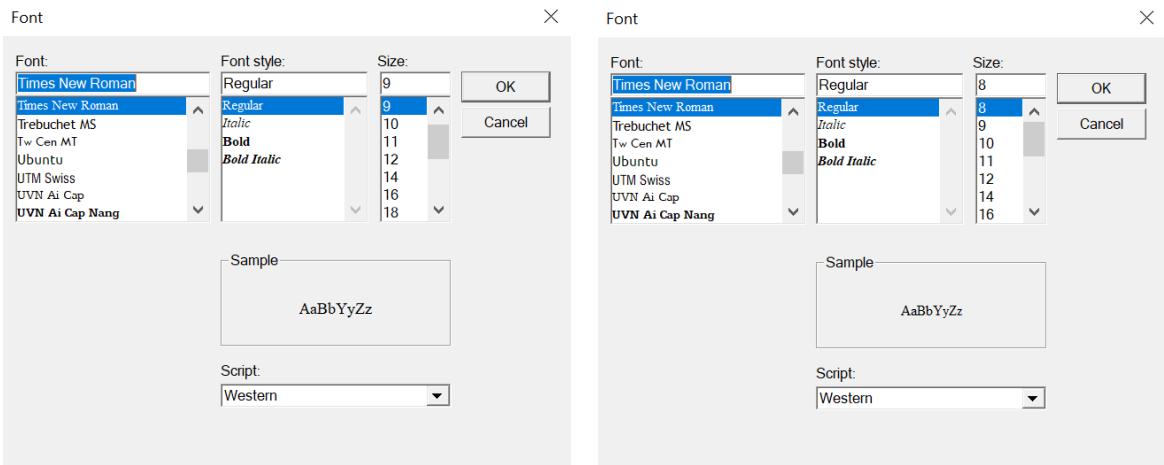


+ Menu Options: cài đặt các chế độ cho PSIM.

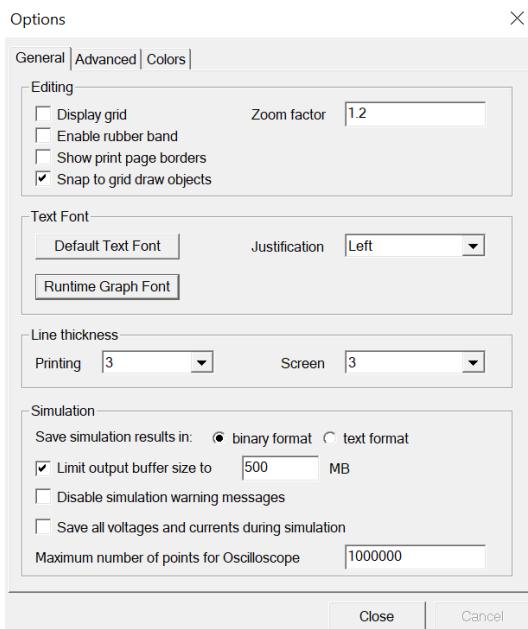


Vào setting cài đặt các chức năng:

- Ở default Text Font và Runtime Graph Font cài đặt như sau:



- Các chức năng còn lại trong Options thiết lập như sau:



### 1.2.2. Ví dụ quá trình mô phỏng

Để nắm rõ quá trình mô phỏng mạch điện tử công suất, chúng ta sẽ thực hiện mô phỏng mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ không điều khiển ở Bài 2.1, Bài thực hành số 2.

**Bài 2.1.** Cho mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ không điều khiển tải  $R$  có các tham số như sau: Nguồn xoay chiều đầu vào có  $U_{s,rms} = 120$  V và  $f = 60$  Hz,  $R = 5 \Omega$ .

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.

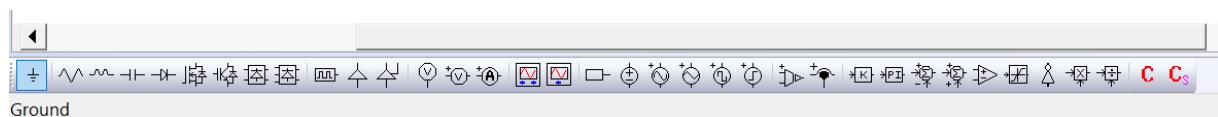
4. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ bởi tải.

5. Xác định hệ số công suất của mạch.

- B1: vào File / New tạo file mới, lưu lại đặt tên là Bai1\_1.

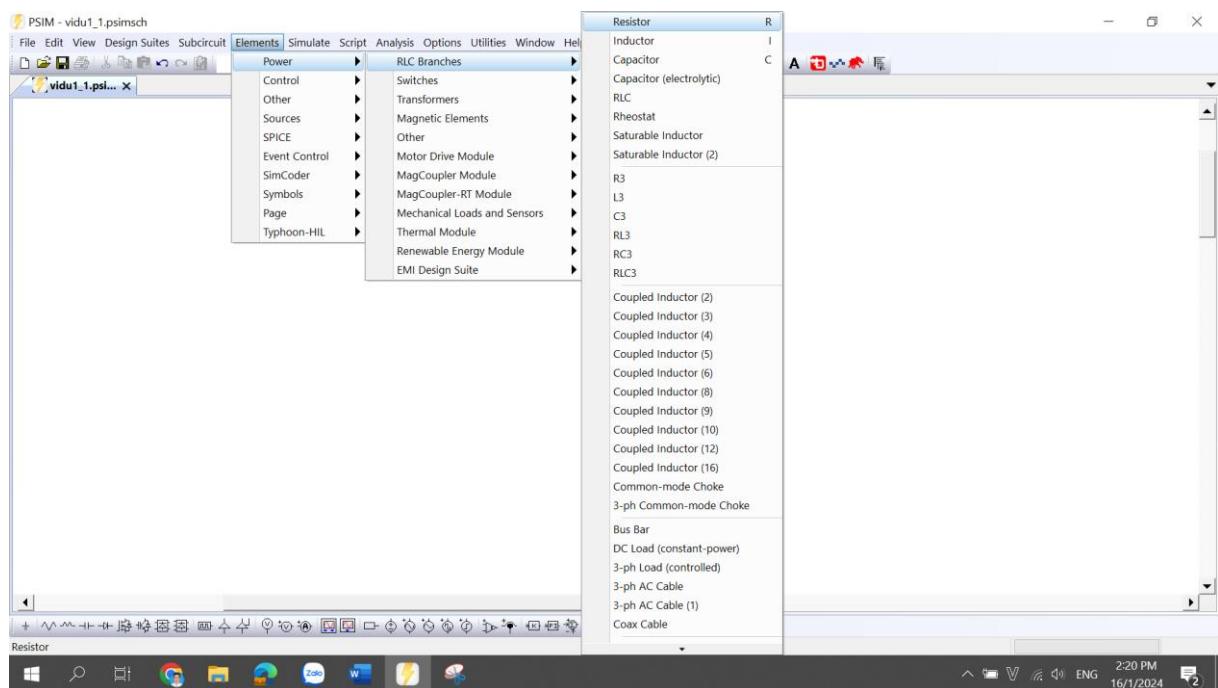
- B2: lựa chọn linh kiện thiết bị. Có 3 cách như sau:

+ Cách 1: lấy trực tiếp trên thanh công cụ Element Toolbar, ưu điểm là nhanh, trực quan; nhược điểm là thanh công cụ chỉ hiện thị một số ít linh kiện cơ bản. Nếu muốn lấy linh kiện nào, click vào linh kiện đó và đưa ra màn hình chính.

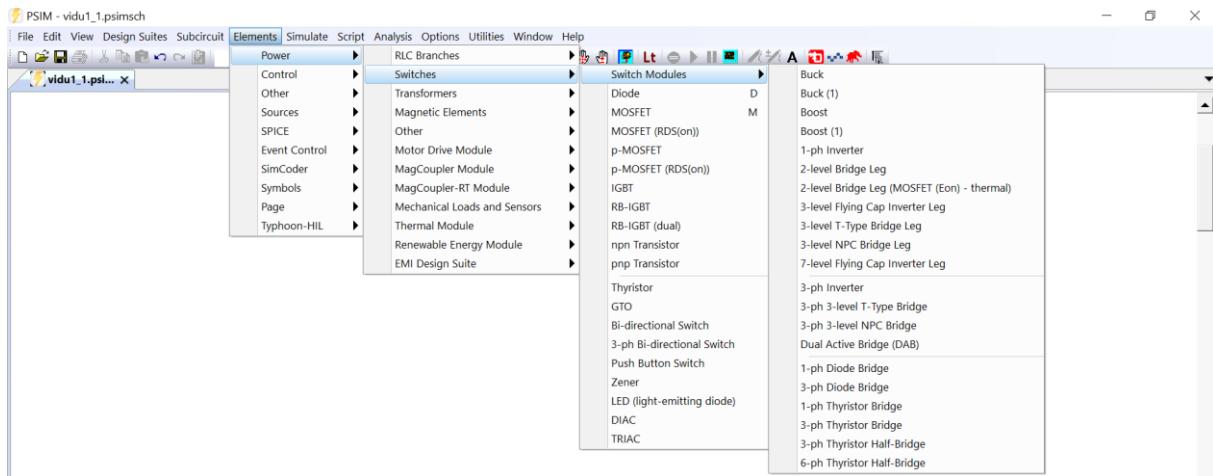


+ Cách 2: lấy ở menu Elements. Ưu điểm là đầy đủ tất cả các loại linh kiện, nhưng nhược điểm là tìm kiếm khá lâu. Ở menu này, nhóm linh kiện điện tử công suất, chúng ta vào Elements / Power. Có các nhóm linh kiện sau:

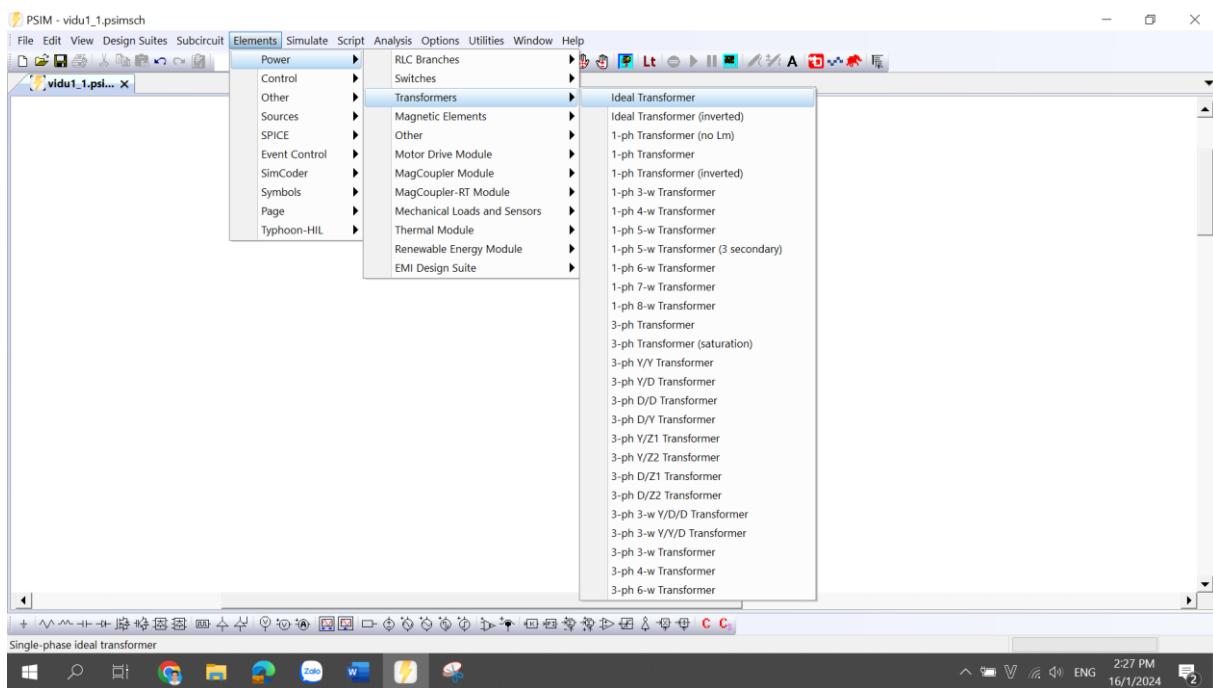
- RLC branches: bao gồm tất cả các linh kiện mạch RLC như điện trở (Resistor), cuộn cảm (Inductor), tụ điện (Capacitor), tụ điện phân cực (Capacitor Electrolytic), thiết bị gồm 3 linh kiện điện trở-cuộn cảm-tụ điện (RLC), các linh kiện cho điện 3 pha (R3, L3, C3,...);



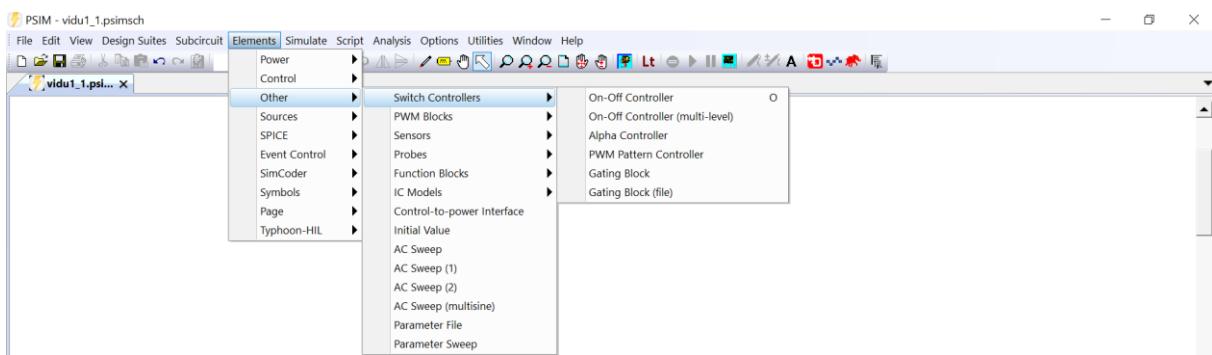
- Switches: bao gồm tất cả các linh kiện bán dẫn công suất (chuyển mạch), như các module chuyển mạch (Switch Module), diode, Thyristor, TRIAC, GTO, npn Transistor, pnp Transistor, MOSFET, IGBT,...



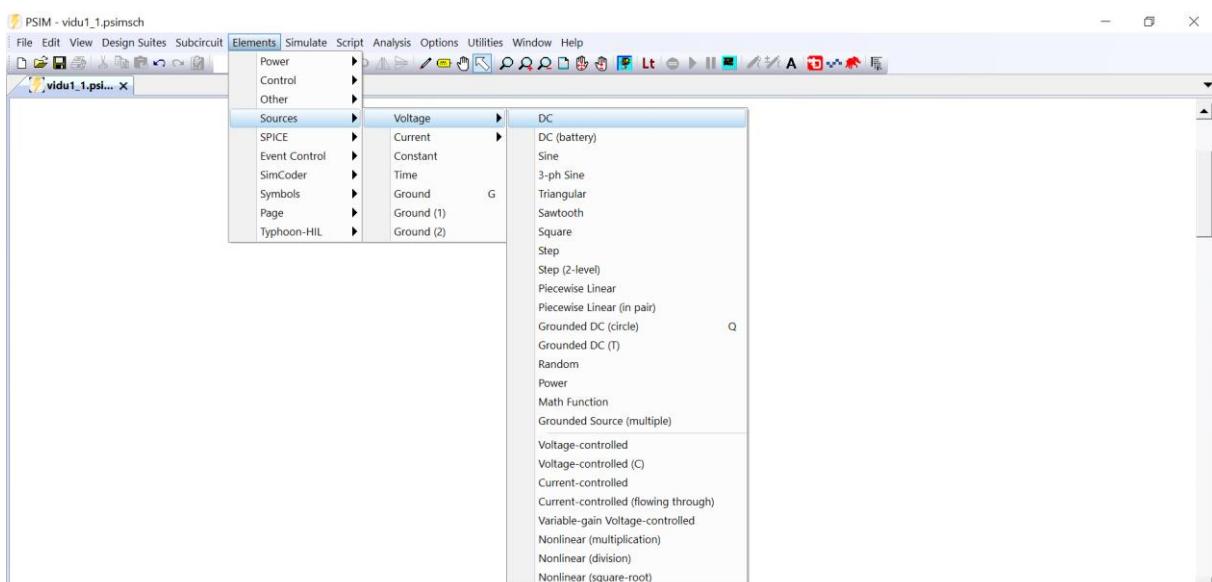
- Transformers: bao gồm tất cả các loại biến áp, như biến áp lí tưởng (Ideal Transformer), biến áp 1 pha (1-ph Transformer), biến áp có điểm giữa (1-ph 3-w Transformer), biến áp 3 pha (3-ph Transformer),...



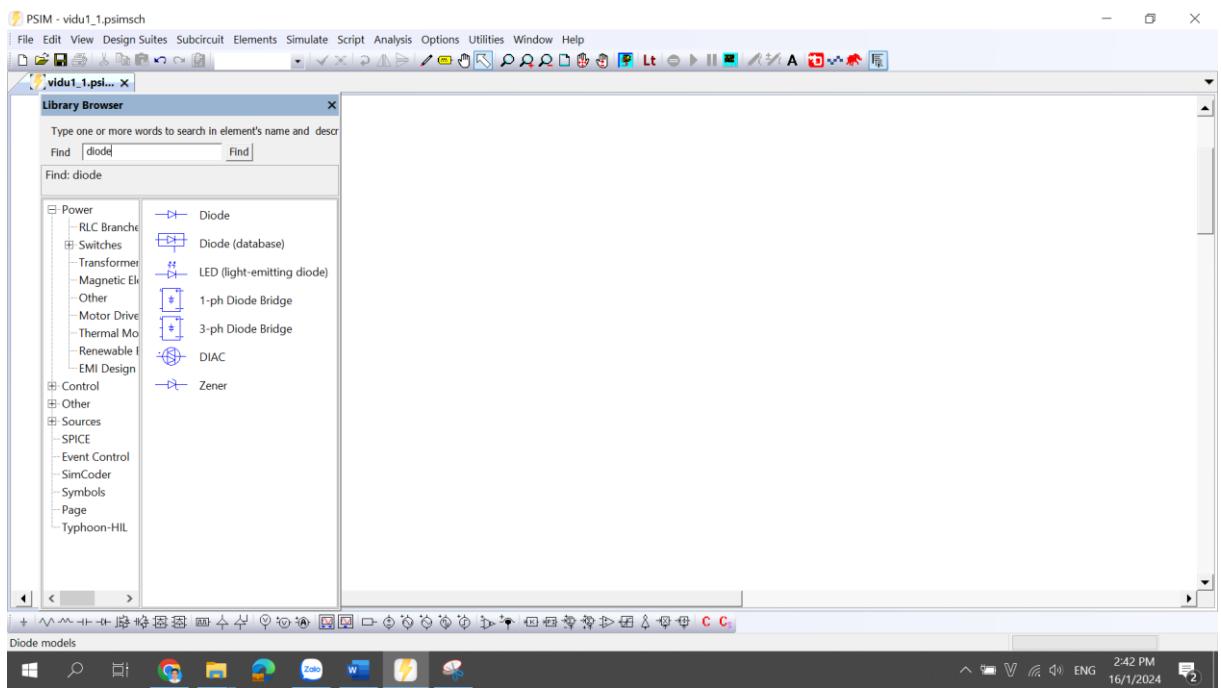
- Vào Element/Other để lấy một số thiết bị khác như bộ điều khiển On-Off (On-Off controller), các loại cảm biến dòng điện, cảm biến điện áp (Sensors), thiết bị đo dòng điện, điện áp (Probes), bộ điều khiển Alpha (Alpha Controller), bộ tạo xung cho các linh kiện cần xung kích thích (Gating block),...



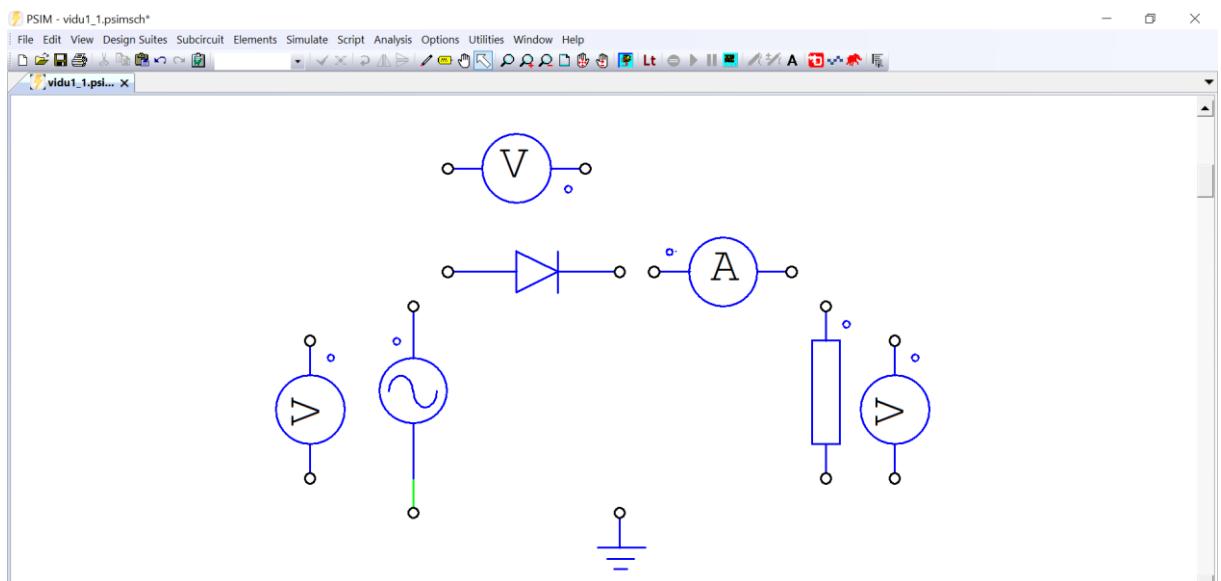
- Vào Elements/Sources để lấy các loại nguồn như, nguồn áp (Voltage), nguồn dòng (Current), nguồn không đổi (Constant), nối đất (Ground), nguồn 1 chiều (DC), nguồn 1 chiều dạng pin (DC battery), nguồn xoay chiều (sine), nguồn xoay chiều 3 pha (3-ph sine), nguồn xung tam giác (triangular), nguồn xung răng cưa (sawtooth), nguồn xung vuông (square), nguồn bước nhảy (step)...



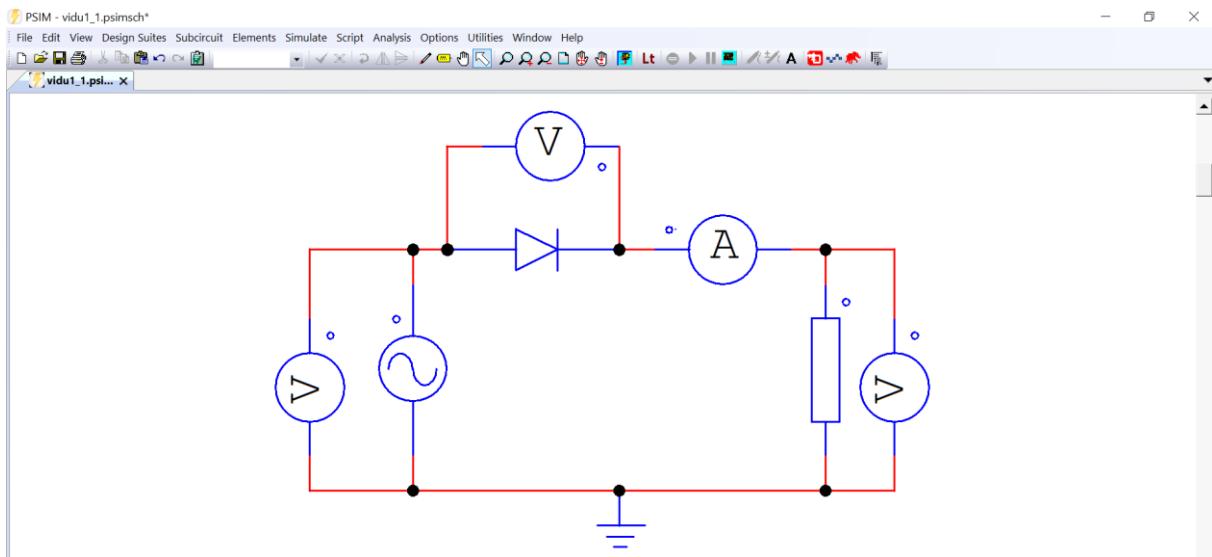
+ Cách 3: lấy ở View/Library Browser. Ưu điểm là thuận tiện, nhanh chóng. Nhược điểm: cần phải nhớ tên linh kiện bằng tiếng Anh để tìm kiếm. Ví dụ: muốn lấy diode, chúng ta gõ “diode” vào ô tìm kiếm, nhiều kết quả hiện ra, chúng ta chọn loại diode thích hợp.



Đối với mạch ở bài toán trên, chúng ta cần lấy các linh kiện: nguồn xoay chiều (sine), diode, ampe kế (Current Probe), vôn kế (Voltage Probe), điện trở (Resistor), nối đất (Ground).



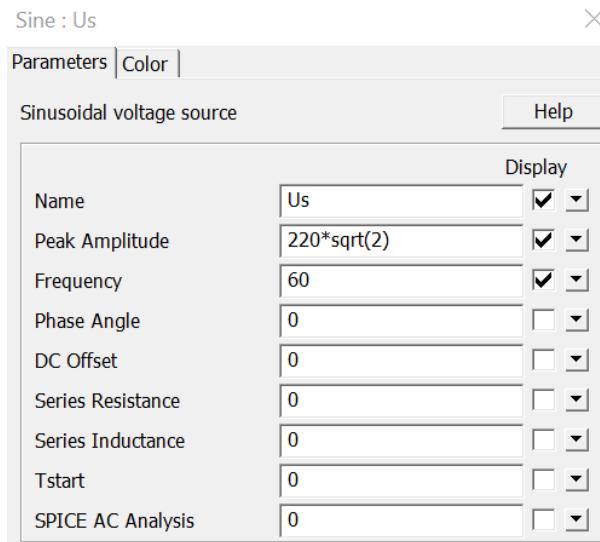
- B3: vào Edit/Pace Wire, hoặc chọn biểu tượng trên thanh công cụ để chọn chức năng nối dây, sau đó kéo thả các đầu nối linh kiện để nối dây cho mạch như sau:



Lưu ý, thực hiện việc nối dây sao cho mạch phải tối ưu, thẩm mỹ về thị giác. Luôn luôn sử dụng nối đất (Ground) để mạch điện có thể hoạt động chính xác, ổn định.

- B4: thiết lập các thông số cho mạch.
- Đối với nguồn xoay chiều, theo đề bài ta thiết lập như sau. Ở đây, chúng ta đặt tên cho nguồn ( $U_s$ , chữ "s" ở đây là source(nguồn)). Trong bài toán cho giá trị điện áp hiệu dụng của nguồn, dựa vào biểu thức sau đây chúng ta tính được giá trị đỉnh của nguồn theo biểu thức sau. Lưu ý, sau khi điền các thông số, chúng ta tích vào ô Display để hiển thị các thông số này, cho dễ kiểm soát quá trình mô phỏng.

$$U_{Peak\ Amplitude} = U_m = U_{rms} * \sqrt{2}$$



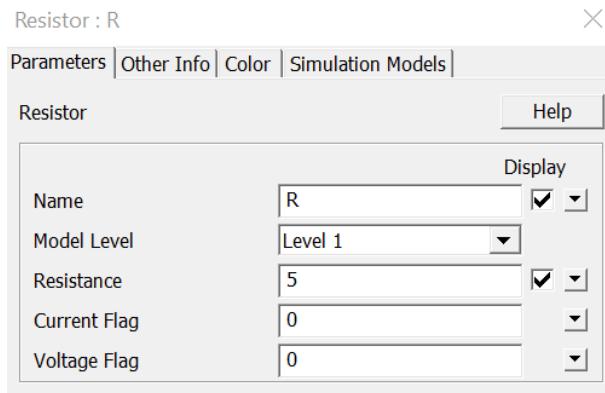
- Đối với diode, chúng ta đặt tên Diode (hoặc D) và cho hiển thị lên mạch:



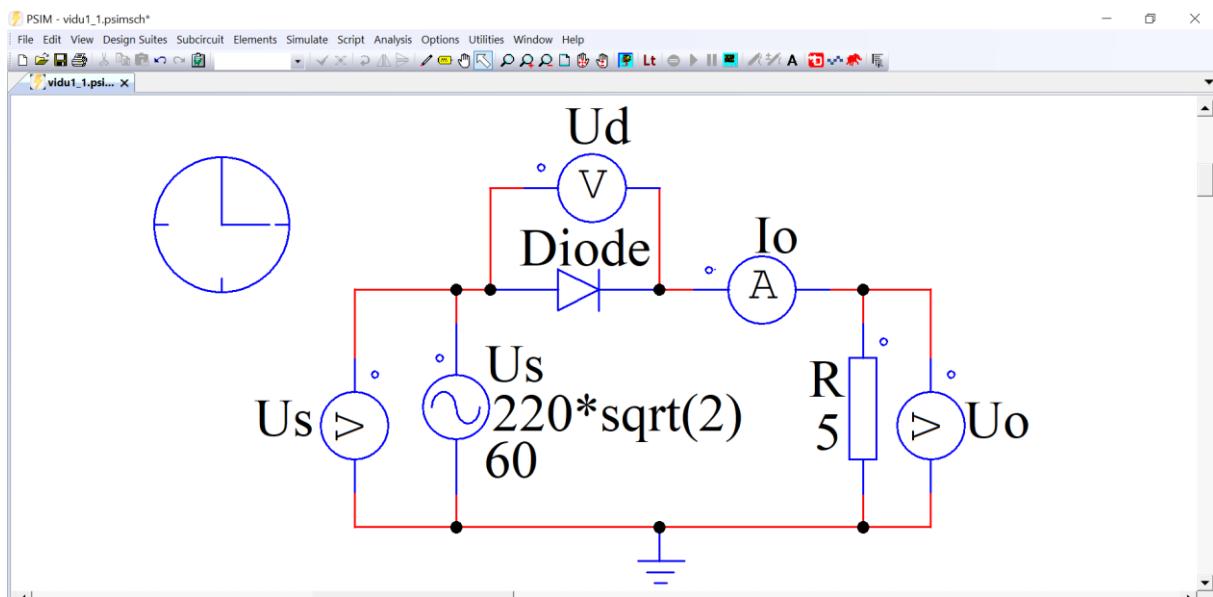
- Đối với Ampe kế đo dòng ra ( $I_o$ , chữ “o” ở đây là out) và Vôn kế đo điện áp tải ( $U_o$ ):

- Đối với Vôn kế đo điện áp nguồn ( $U_s$ ) và Vôn kế đo điện áp trên diode ( $U_d$ ):

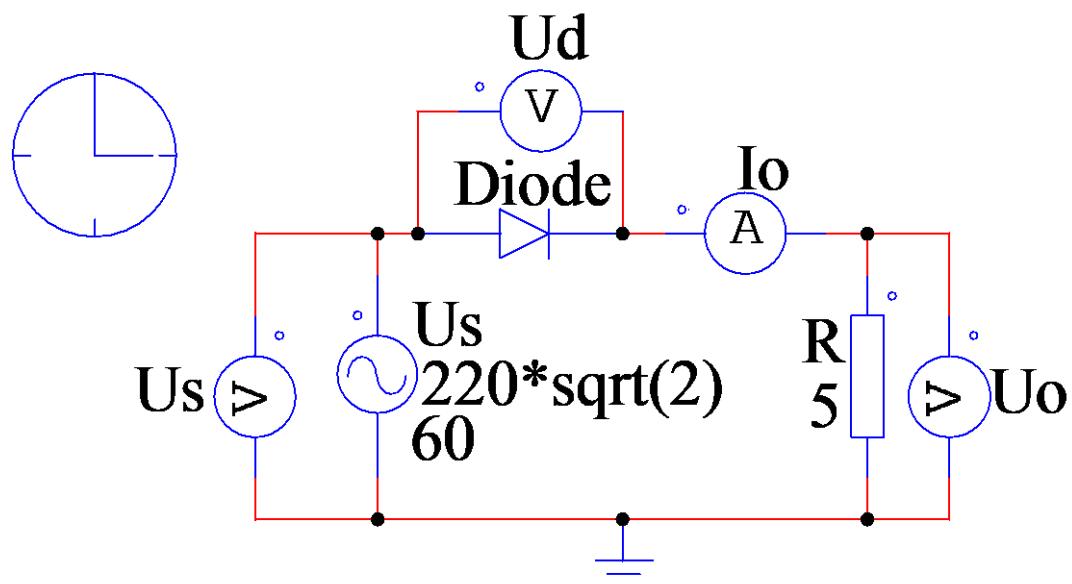
- Đối với điện trở ( $R$ ):



- Cuối cùng, chúng ta nhận được mạch điện hoàn chỉnh như sau:

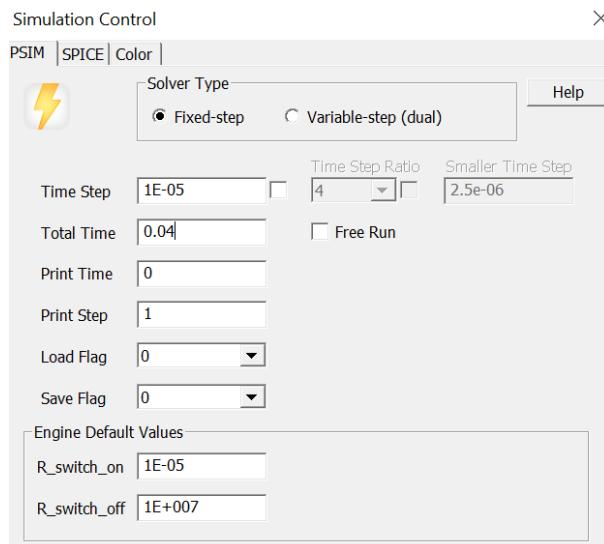


Lưu ý, để xuất file ảnh của mạch điện này cho báo cáo thực hành, chúng ta vào Edit/Copy to Clipboard/Metafile Format/Ok để xuất file ảnh dạng metafile, sau đó paste vào MS.word như sau:

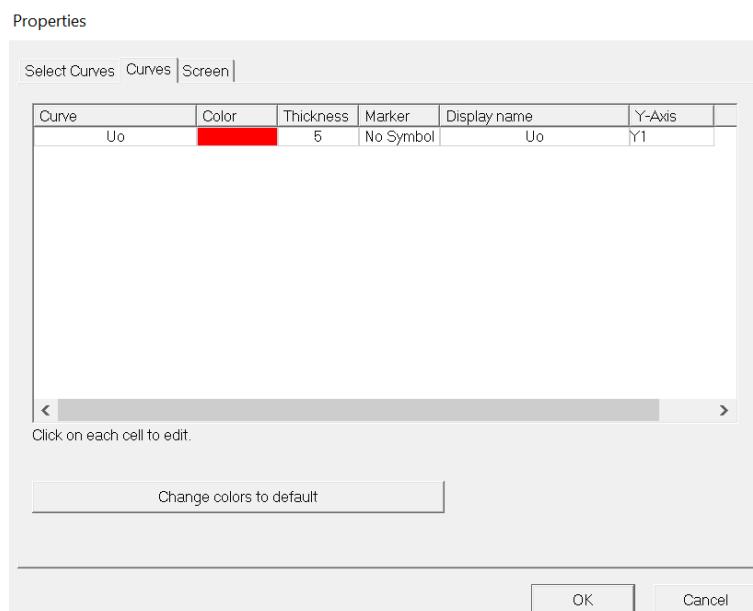


- B5: thiết lập mô phỏng:

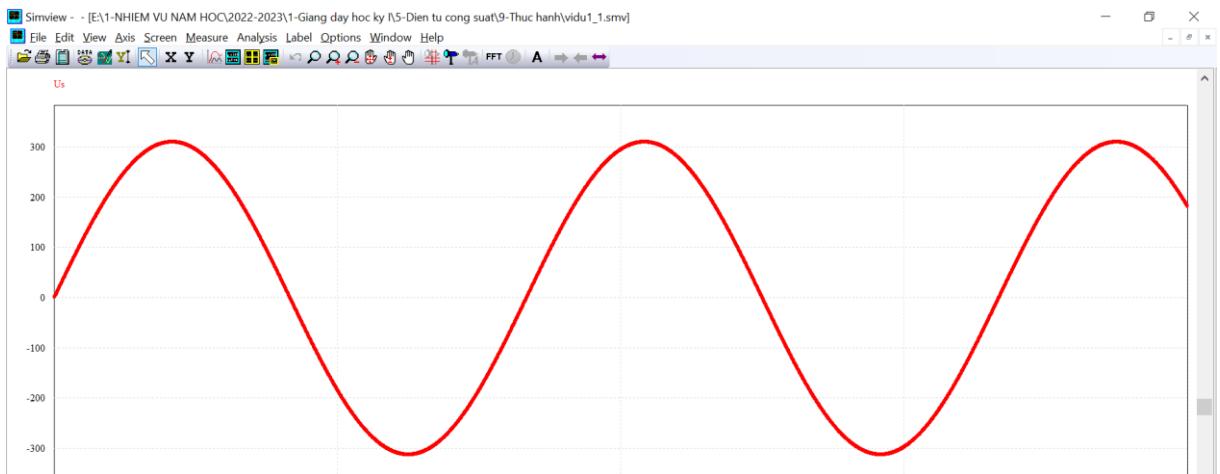
- Vào Simulate/Simulation Control để thiết lập thông số mô phỏng, ở ô Time Step chọn là 0.04s, ô Solver Type chọn là Fixed-Step. Tuỳ thuộc vào mỗi bài toán mà chọn Time Step và kiểu Solver Type khác nhau.



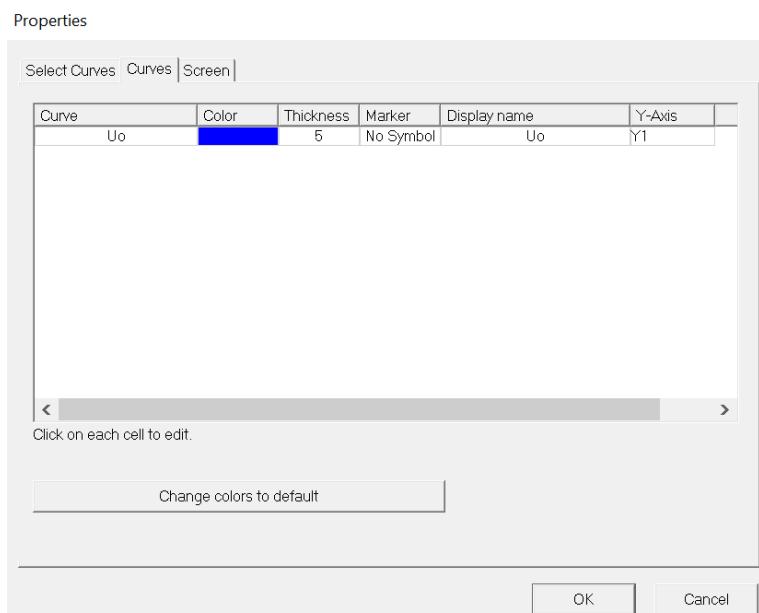
- Vào Simulate/Run PSIM Simulation hoặc vào biểu tượng trên thanh Toolbar để chạy mô phỏng. Click vào điện áp nguồn Us, chọn Curves là màu đỏ, Thickness là 5, click OK:



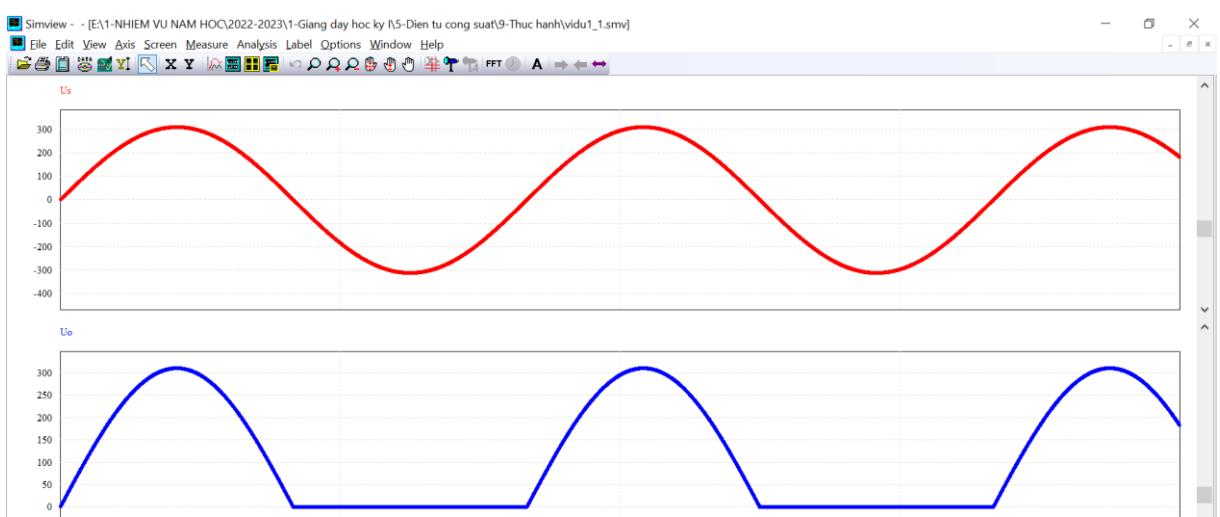
- Ta nhận được dạng sóng trên SIMVIEW như sau:



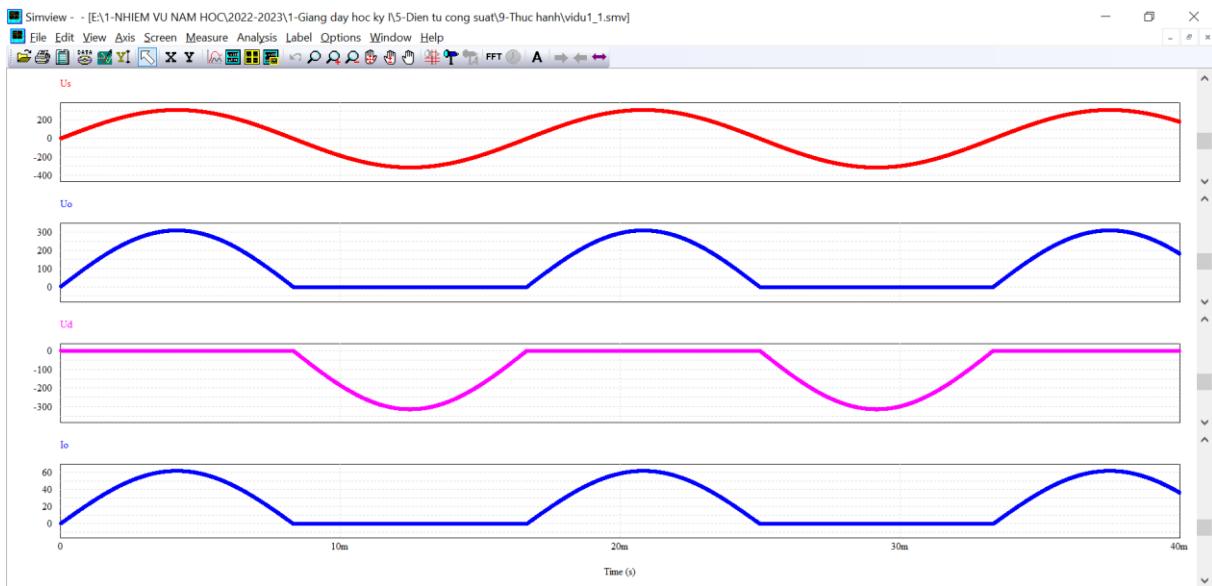
- Click vào biểu tượng Add one Screen để chia đồ thị theo hàng, lựa chọn điện áp tải Uo, vào Curves chọn màu xanh, Thickness là 5, click OK:



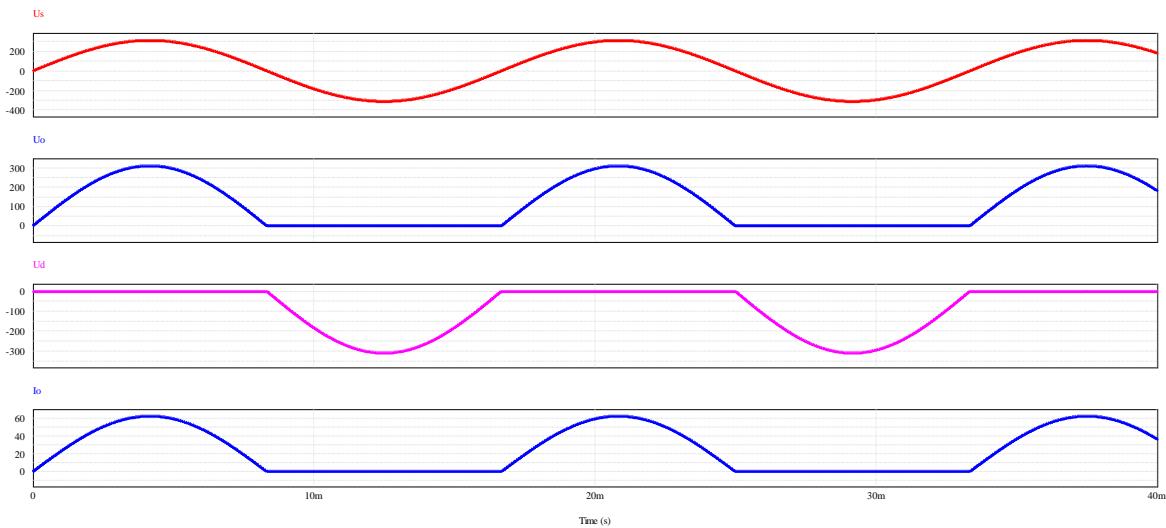
- Ta nhận được dạng sóng trên SIMVIEW như sau:



- Thực hiện tương tự với điện áp trên diode  $U_d$  và dòng điện  $I$ , sử dụng các màu khác nhau cho dạng sóng (có thể các dạng đường khác nhau), ta nhận được dạng sóng trên SIMVIEW như sau:



- Lưu ý, để xuất file ảnh của các dạng sóng này cho báo cáo thực hành, chúng ta vào Edit/Copy to Clipboard/Metafile Format để xuất file ảnh dạng metafile, sau đó paste vào MS.word như sau:

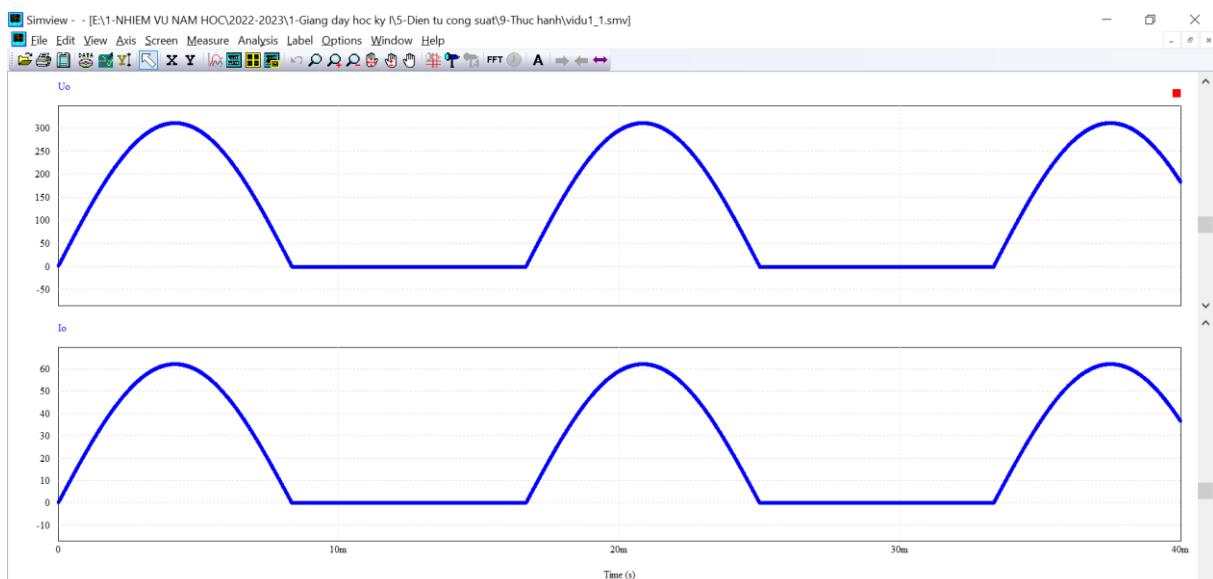


- Dựa vào kiến thức về mạch chỉnh lưu, chúng ta có thể giải thích về các dạng sóng như sau:
  - Nguồn cung cấp là điện áp xoay chiều hình sine, có  $U_{s,rms} = 120$  V và  $f = 60$  Hz nên dạng sóng có dạng hình sine, với biên độ đỉnh  $U_{Peak Amplitude} = U_m = U_{rms} * \sqrt{2} = 311V$ , chu kỳ  $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{60} = 0,0167s$ .

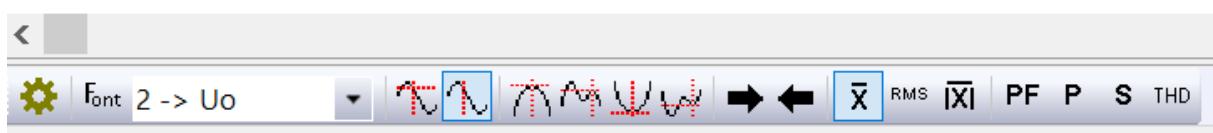
- Đối với mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ, ở nửa chu kỳ dương của điện áp nguồn thì điện áp tải bằng điện áp nguồn, còn ở nửa chu kỳ âm của điện áp nguồn thì điện áp tải bằng 0, do đó dạng sóng của điện áp tải  $U_o$  sẽ có dạng giống dạng sóng điện áp nguồn ở nửa chu kỳ dương, còn bằng 0 ở nửa chu kỳ âm.
- Đối với điện áp trên diode, ở nửa chu kỳ dương của điện áp nguồn, diode phân cực thuận, có dòng điện đi qua diode nên điện áp trên diode bằng 0; còn ở nửa chu kỳ âm của điện áp nguồn, diode phân cực ngược, không có dòng điện qua diode, điện áp trên diode có dạng giống như điện áp nguồn.
- Dòng điện tải sẽ có dạng giống như dạng sóng của điện áp tải: ở nửa chu kỳ dương, diode phân cực thuận, có dòng điện qua diode với giá trị hiệu dụng là  $\frac{U_{rms}}{R} = \frac{220}{5} = 44A$ , giá trị đỉnh  $I_{Peak Amplitude} = I_m = I_{rms} * \sqrt{2} = 62,23A$ ; ở nửa chu kỳ âm, diode phân cực ngược, không có dòng điện đi qua diode.

- B6: tính giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.

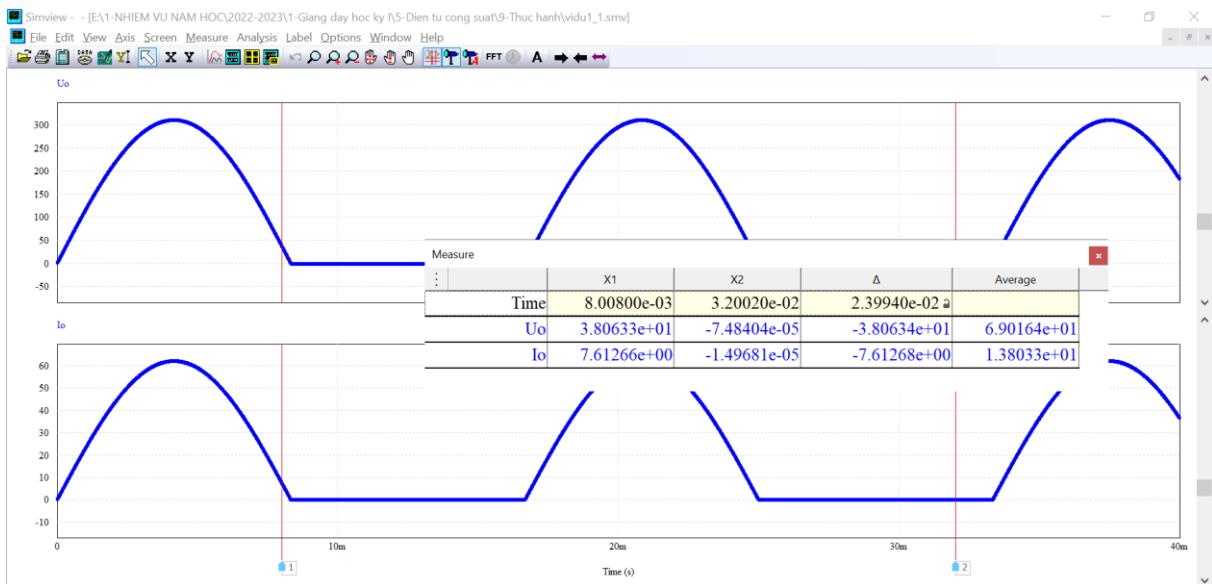
- Thực hiện lại bước 5, chỉ lấy ra dạng sóng của điện áp tải  $U_o$  và dòng điện tải  $I_o$ .



- Ở thanh công cụ đo phía dưới, chúng ta thấy một số công cụ đo lường như sau:

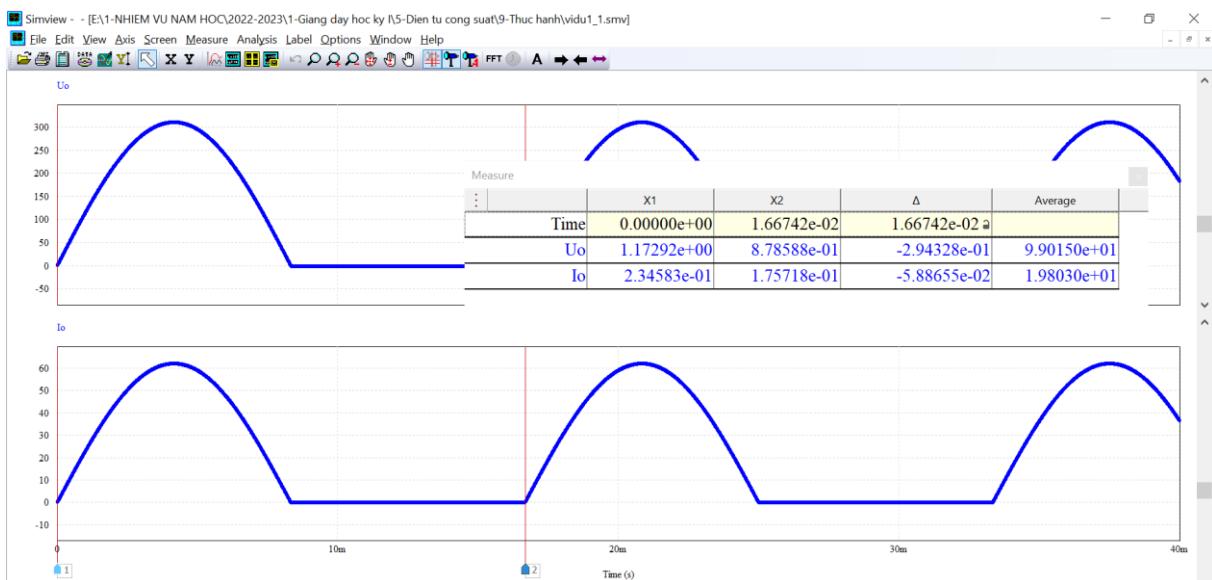


- Công cụ Cross  được sử dụng để xác định tọa độ  $(x,y)$  tại 1 điểm trên đồ thị;
- Công cụ Vertical bar  được sử dụng để xác định tọa độ theo trục  $x$  tại 1 điểm trên đồ thi;
- Công cụ Global Max  được sử dụng để xác định giá trị lớn nhất trên toàn đồ thị;
- Công cụ Next Max  được sử dụng để xác định giá trị lớn nhất trên một khoảng của đồ thi (cục bộ);
- Công cụ Global Min , Next Min  tương tự như 2 công cụ trên nhưng với giá trị nhỏ nhất.
- Công cụ Average  dùng để xác định giá trị trung bình của dạng sóng;
- Công cụ RMS  dùng để xác định giá trị hiệu dụng của dạng sóng;
- Công cụ Average of X  dùng để xác định giá trị trung bình của giá trị tuyệt đối của dạng sóng;
- Công cụ Power Factor  dùng để xác định hệ số công suất của mạch điện thiết kế;
- Công cụ Real Power  dùng để xác định công suất tiêu thụ (công suất thực) của mạch điện thiết kế;
- Công cụ Apparent Power  dùng để xác định công suất biểu kiến (công suất cung cấp) của mạch điện thiết kế;
- Công cụ THD  dùng để xác định tổng dao động sóng hài của mạch điện thiết kế.
- Để đo giá trị trung bình của dòng điện tải I và điện áp tải Uo, click vào công cụ đo giá trị trung bình , SIMVIEW xuất hiện như sau:



- Chúng ta thấy xuất hiện 2 cột 1 và 2, cùng với 1 bảng biểu hiện các chỉ số:
  - X1, X2: là giá trị của dạng sóng tại điểm 1 và 2 (2 cột 1 và 2);
  - $\Delta$ : là sai số,  $\Delta = X2 - X1$ ;
  - Average: chính là giá trị trung bình của các dạng sóng.

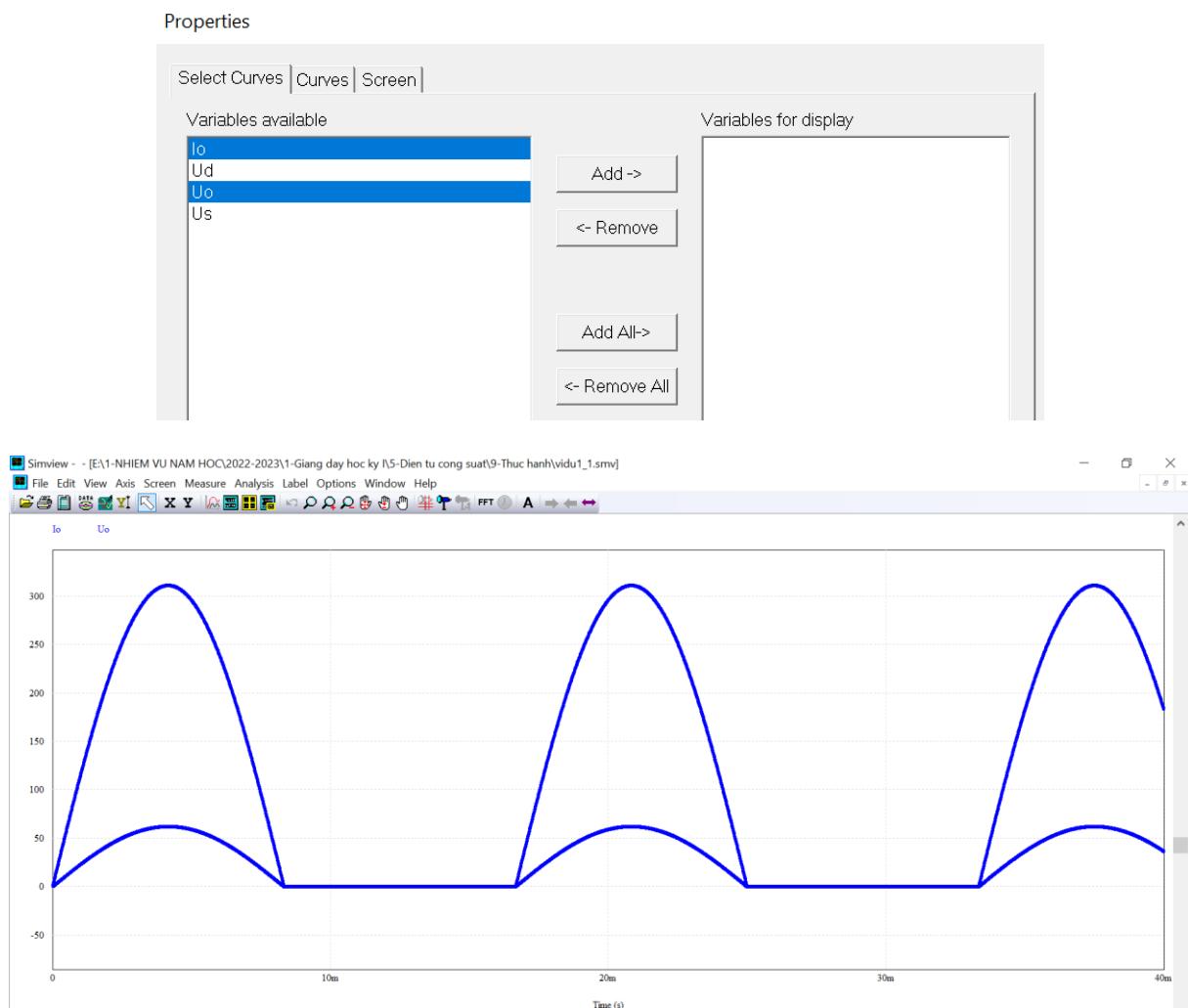
Lưu ý rằng việc đo các giá trị phải thực hiện trong 1 chu kỳ của dạng sóng, vì vậy chúng ta cần sử dụng 2 thanh trượt số 1 và số 2 để điều chỉnh về 1 chu kỳ. Quan sát trên dạng sóng ở trường hợp này không có quá trình quá độ, mà xác lập ngay ở chu kỳ đầu tiên, nên chúng ta điều chỉnh về chu kỳ đầu tiên như sau:



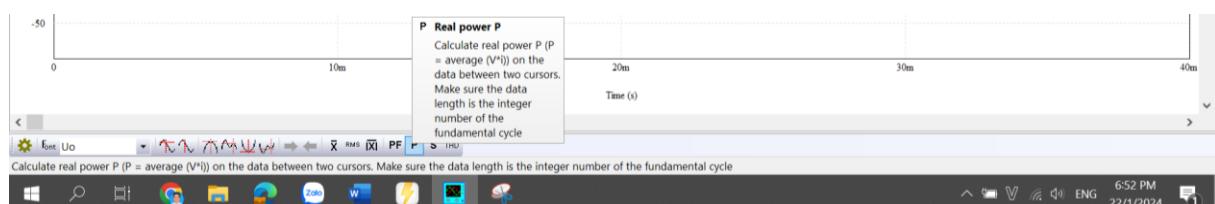
Quan sát trên bảng hiện thị, chúng ta nhận được giá trị trung bình của điện áp tải  $U_o$  là  $9.90150e+01 = 9.90150 * 10^1 = 99.01$  V; giá trị trung bình của dòng điện tải là  $1.98030e+01 = 1.98030 * 10^1 = 19.8$  A.

- B7: xác định công suất trung bình bị tiêu thụ bởi tải.

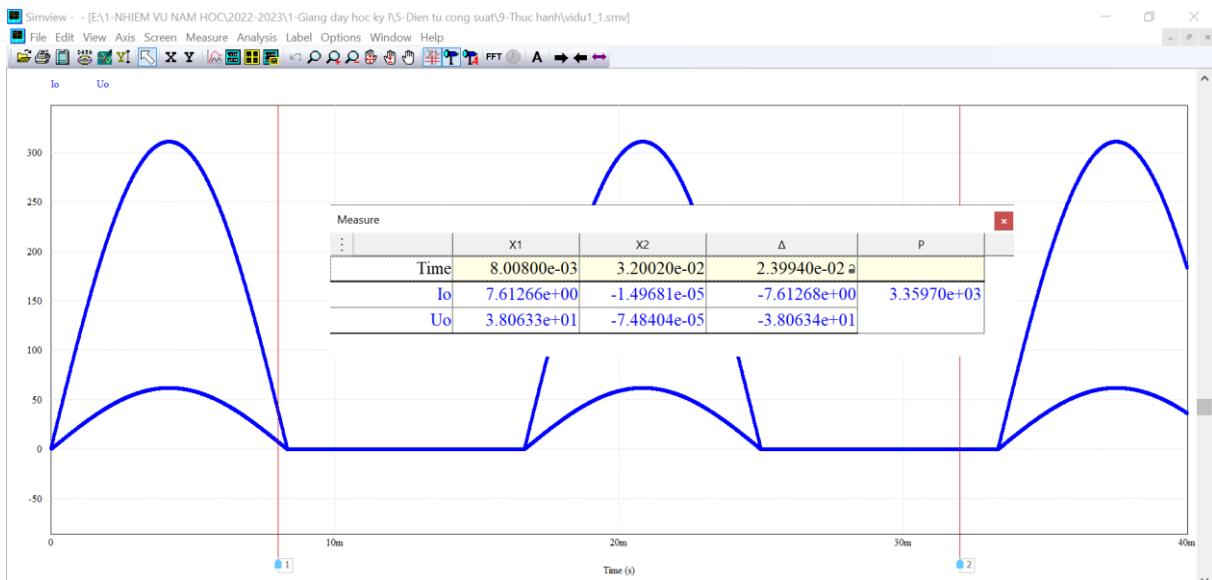
- Chúng ta biết rằng công suất tiêu thụ trên tải:  $P_o = U_o I_o$ . Vì vậy để xác định công suất bị tiêu thụ bởi tải, cần lấy dạng sóng của điện áp tải ( $U_o$ ) và dòng điện tải ( $I_o$ ) trên cùng một đồ thị. Click vào Run PSIM Simulation, chọn  $U_o$  và  $I_o$ , sau đó nhấn OK:



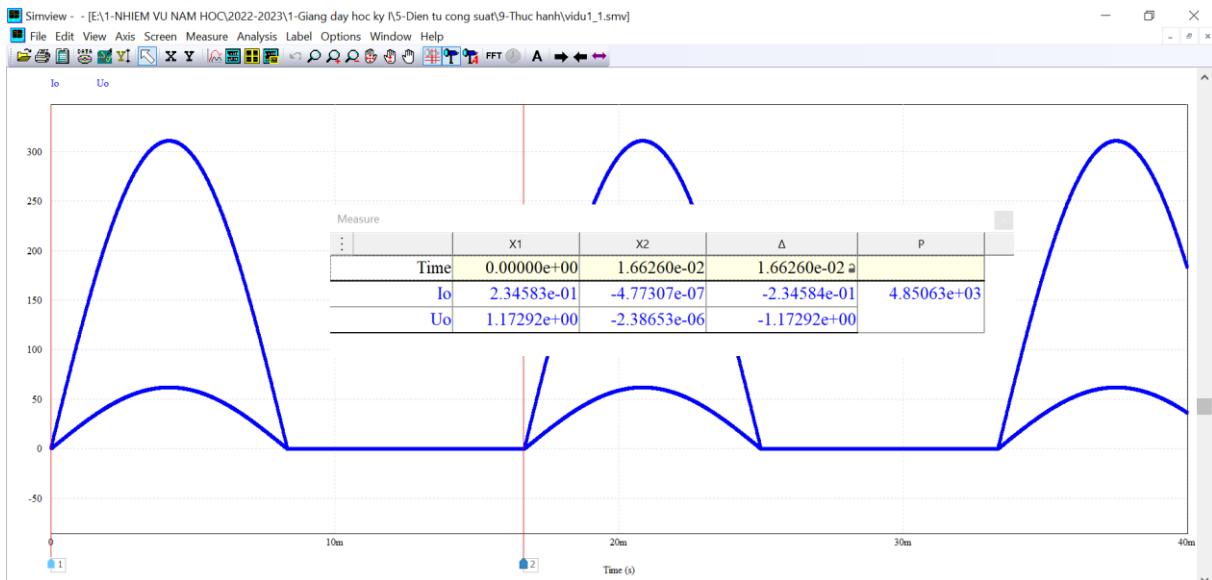
- Click vào biểu tượng đo công suất:



- Chúng ta nhận được như sau:

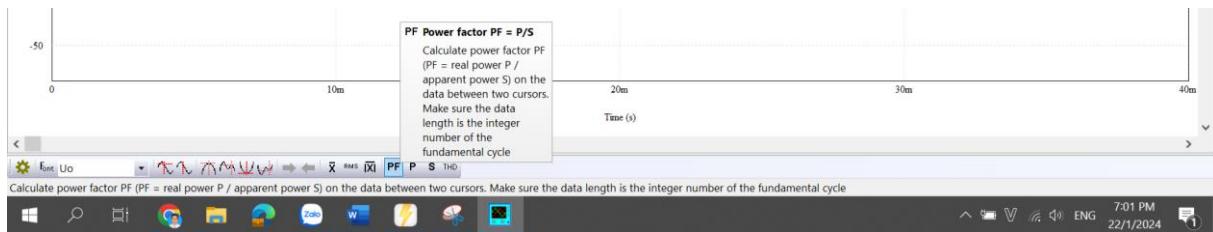


- Chúng ta thấy xuất hiện bảng đo các giá trị, trong đó cột P chính là công suất tiêu thụ trên tải. Lưu ý rằng việc đo các giá trị phải thực hiện trong 1 chu kỳ của dạng sóng, vì vậy chúng ta cần sử dụng 2 thanh trượt số 1 và số 2 để điều chỉnh về 1 chu kỳ. Quan sát trên dạng sóng ở trường hợp này không có quá trình quá độ, mà xác lập ngay ở chu kỳ đầu tiên, nên chúng ta điều chỉnh về chu kỳ đầu tiên như sau:

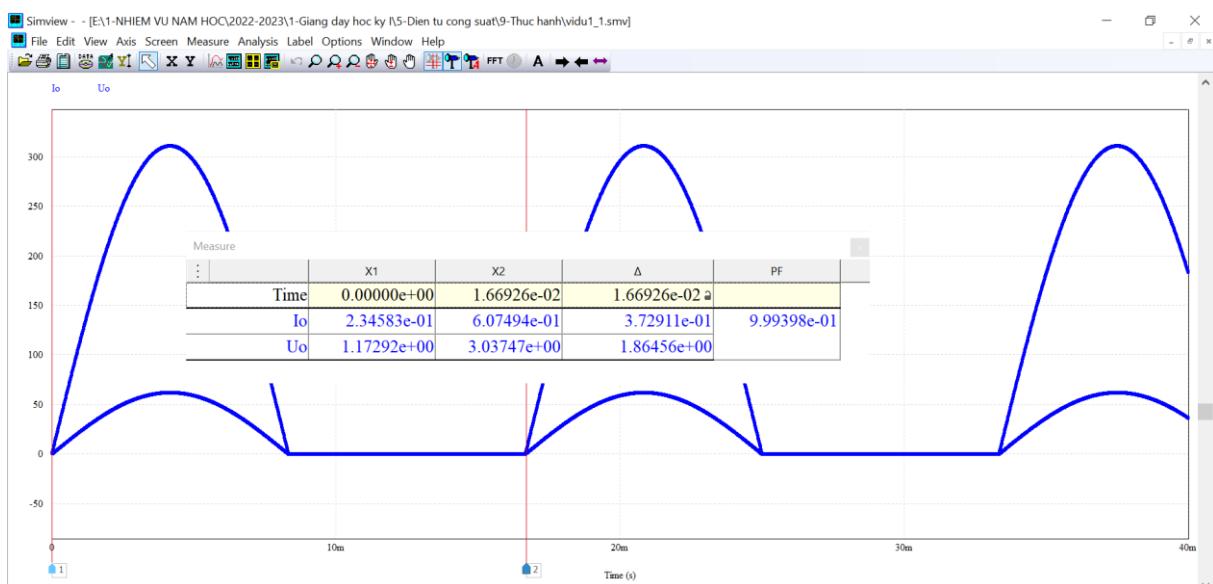


- Đọc trên bảng giá trị, chúng ta thấy  $P = 4.85063e+03 = 4.85063 \times 10^3 = 4850.63 \text{ W}$ .

- B8: Xác định hệ số công suất của mạch. Để xác định hệ số công suất của mạch (PF), chúng ta thực hiện tương tự như cách xác định công suất P, nhưng lưu ý là chúng ta click vào biểu tượng đo PF:



Kết quả cuối cùng chúng ta nhận được như sau:



### 1.3. Kết luận

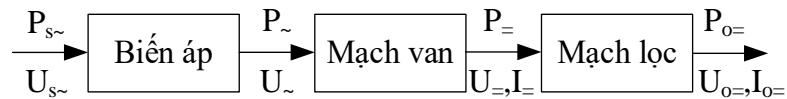
PSIM là phần mềm mô phỏng được thiết kế đặc biệt cho điện tử công suất, truyền động động cơ và biến đổi hệ thống công suất. Để hiểu rõ các thao tác mô phỏng mạch điện tử công suất trên PSIM, các bạn đọc thêm tài liệu “PSIM User’s Guide” của nhà sản xuất. Link liên kết đến tài liệu:

<https://powersimtech.com/wp-content/uploads/2021/01/PSIM-User-Manual.pdf>

## Bài 2: Bộ chỉnh lưu nửa chu kỳ không điều khiển

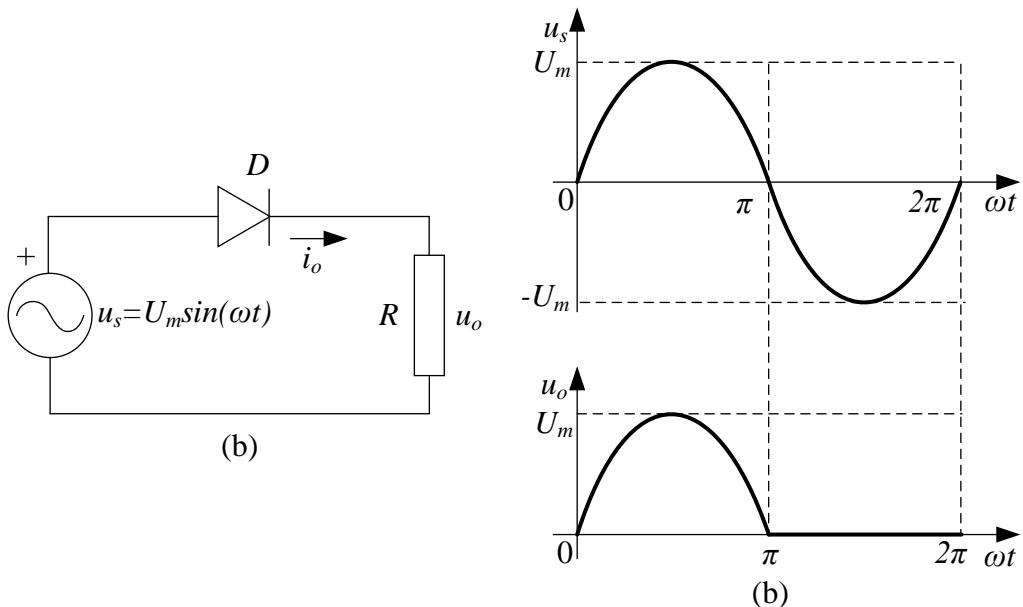
### 2.1. Cơ sở lý thuyết

#### 2.1.1. Cấu trúc chung của bộ chỉnh lưu



**Hình 4.1.** Sơ đồ cấu trúc chung của bộ chỉnh lưu.

#### 2.1.2. Tải điện trở



**Hình 2.1.** (a) Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ tải điện trở; (b) dạng sóng điện áp nguồn và tải.

#### 1. Điện áp tải

$$U_o = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} u_s(\omega t) d(\omega t) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} U_m \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{U_m}{\pi}. \quad (2.1)$$

#### 2. Dòng điện tải

$$I_o = \frac{U_o}{R} = \frac{U_m}{\pi R}. \quad (2.2)$$

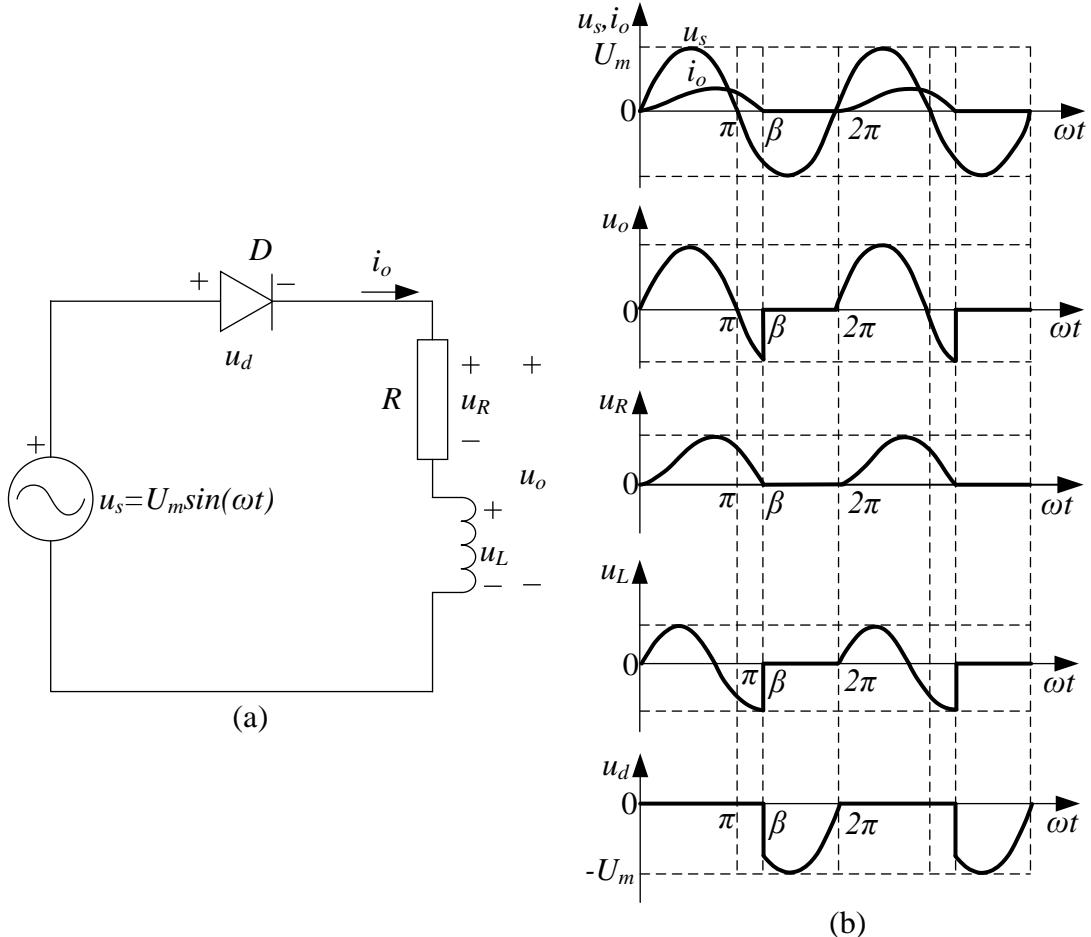
#### 3. Công suất bị tiêu thụ trên tải

$P = I_{o,rms}^2 R = U_{o,rms}^2 / R$ , trong đó  $U_{o,rms}$ ,  $I_{o,rms}$  là giá trị hiệu dụng của điện áp và dòng điện tải. Các giá trị này được tính:

$$U_{o,rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^\pi [U_m \sin(\omega t)]^2 d(\omega t)} = \frac{U_m}{2}, \quad (2.3)$$

$$I_{o,rms} = \frac{U_m}{2R}.$$

### 2.1.3. Tải điện trở-cuộn cảm mắc nối tiếp



**Hình 2.2.** (a) Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ tải điện trở-cuộn cảm; (b) các dạng sóng.

#### 1. Dòng điện tải

$$i_o(\omega t) = \begin{cases} \frac{U_m}{Z} \left[ \sin(\omega t - \theta) + \sin(\theta) e^{-\frac{\omega t}{\omega \tau}} \right] & \text{nếu } 0 \leq \omega t \leq \beta, \\ 0 & \text{nếu } \beta \leq \omega t \leq T \end{cases} \quad (2.4)$$

trong đó:  $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$ ,  $\theta = \tan^{-1}(\omega L/R)$  và  $\tau = L/R$ .

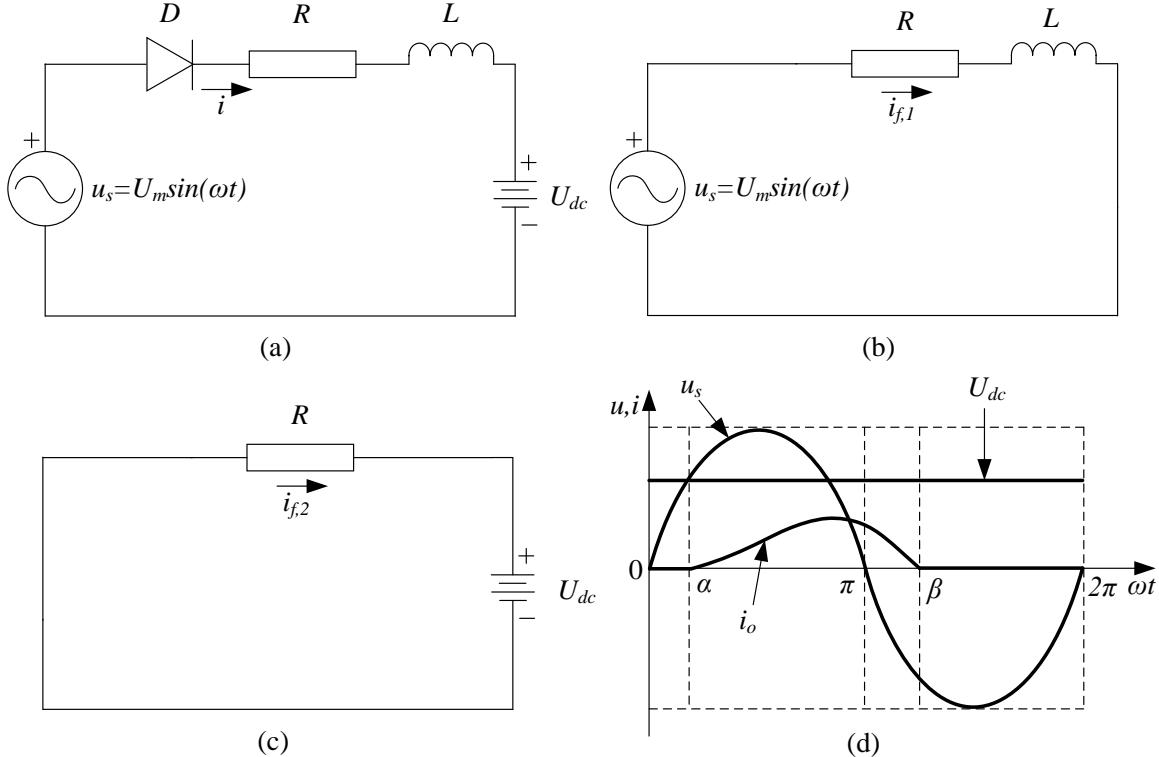
$$I_o = \frac{1}{2\pi} \int_0^\beta i_o(\omega t) d(\omega t). \quad (2.5)$$

## 2. Công suất tiêu thụ trên tải

$$P = I_{o,rms}^2 R,$$

$$I_{o,rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i(\omega t) d(\omega t)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^\beta i(\omega t) d(\omega t)}. \quad (2.6)$$

### 2.1.4. Tải điện trở-cuộn cảm-nguồn một chiều mắc nối tiếp



**Hình 2.3.** (a) Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ với tải  $R-L-U_{dc}$ ; (b) mạch tương đương khi năng lượng được cung cấp từ nguồn tới tải; (c) mạch tương đương khi năng lượng được đưa từ tải về nguồn; (d) dạng sóng điện áp và dòng điện.

Diode chỉ bật bắt đầu từ thời điểm  $\alpha$ :

$$\alpha = \sin^{-1} \left( \frac{U_{dc}}{U_m} \right). \quad (2.7)$$

### 1. Dòng điện tải

$$i_o(\omega t) = \begin{cases} \frac{U_m}{Z} \sin(\omega t - \theta) - \frac{U_{dc}}{R} + A e^{-\frac{\omega t}{\omega \tau}} & \text{nếu } \alpha \leq \omega t \leq \beta \\ 0 & \text{nếu } \omega t < \alpha \text{ hoặc } \omega t > \beta \end{cases}, \quad (2.8)$$

Giá trị  $\beta$  được xác định:

$$\sin(\beta - \theta) + \sin(\theta) e^{-\frac{\beta}{\omega\tau}} = 0.$$

Hệ số  $A$  được xác định:

$$A = \left[ -\frac{U_m}{Z} \sin(\alpha - \beta) + \frac{U_{dc}}{R} \right] e^{\alpha/\omega\tau}. \quad (2.9)$$

## 2. Công suất tiêu thụ trên tải

Giá trị trung bình của công suất tiêu thụ trên điện trở là  $P_R = I_{R,rms}^2 R = I_{o,rms}^2 R$ , trong đó:

$$I_{o,rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\beta} i_o^2(\omega t) d(\omega t)}. \quad (2.10)$$

Giá trị trung bình của công suất tiêu thụ của nguồn một chiều trên tải là:

$$P_{dc} = I_o U_{dc}, \quad (2.11)$$

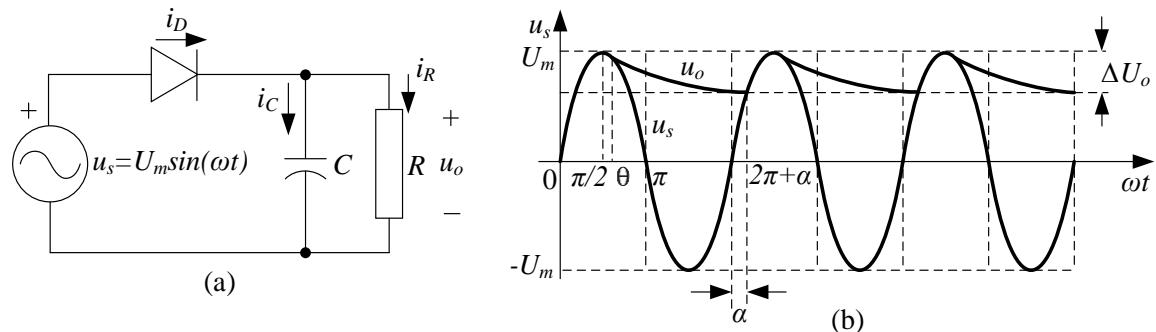
trong đó  $I_o$  là giá trị trung bình của dòng điện tải:

$$I_o = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\beta} i_o(\omega t) d(\omega t). \quad (2.12)$$

Giả thiết diode và cuộn cảm là lý tưởng, công suất cung cấp bởi nguồn xoay chiều sẽ bằng tổng công suất bị tiêu thụ bởi điện trở và nguồn một chiều:

$$\begin{aligned} P_o &= P_R + P_{dc} = I_{o,rms}^2 R + I_o U_{dc} \\ P_s &= P_o = I_{o,rms}^2 R + I_o U_{dc} \end{aligned} \quad . \quad (2.13)$$

### 2.1.5. Sử dụng bộ lọc tụ điện



**Hình 2.4.** (a) Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ tải điện trở với bộ lọc tụ điện; (b) dạng sóng điện áp đầu vào và đầu ra.

### 1. Điện áp tải

$$u_o(\omega t) = \begin{cases} U_m \sin \omega t & \text{nếu diode bật} \\ U_\theta e^{-\frac{\omega t - \theta}{\omega RC}} & \text{nếu diode tắt} \end{cases}, \quad (2.14)$$

### 2. Thời điểm $\theta$ khi diode tắt ở nửa chu kỳ dương đầu tiên

$$\theta = \tan^{-1}(-\omega RC) = -\tan^{-1}(\omega RC) + \pi. \quad (2.15)$$

Trong các mạch thực tế, khi mà hằng số thời gian là lớn hơn nhiều lần so với chu kỳ của điện áp nguồn  $T$ , chúng ta có thể lấy gần đúng giá trị của  $\theta$ :

$$\theta = \tan^{-1}\left(2\pi \cdot \frac{RC}{T}\right) \approx \frac{\pi}{2} \text{ và } U_m \sin \theta \approx U_m. \quad (2.16)$$

### 3. Góc $\alpha$ mà tại đó diode bật trong nửa chu kỳ dương thứ hai

$$\sin \alpha - \sin \theta \cdot e^{-\frac{(2\pi+\alpha-\theta)}{\omega RC}} = 0. \quad (2.17)$$

### 4. Các dòng điện trong mạch

$$i_R = \frac{u_o}{R}.$$

$$i_C(\omega t) = \begin{cases} -\left(\frac{U_m \sin \theta}{R}\right) e^{-\frac{(\omega t - \theta)}{\omega RC}} & \text{nếu } \theta \leq \omega t \leq (2\pi + \alpha) \\ \omega C U_m \cos(\omega t) & \text{nếu } (2\pi + \alpha) \leq \omega t \leq (2\pi + \theta) \end{cases}. \quad (2.18)$$

$$i_S = i_D = i_R + i_C. \quad (2.19)$$

$$I_{C,peak} = \omega C U_m \cos(2\pi + \alpha) = \omega C U_m \cos \alpha. \quad (2.20)$$

$$I_{D,peak} = \omega C U_m \cos \alpha + \frac{U_m \sin \alpha}{R} = U_m \left( \omega C \cos \alpha + \frac{\sin \alpha}{R} \right). \quad (2.21)$$

### 5. Độ biến thiên đỉnh-đỉnh của điện áp đầu ra

$$\Delta U_o = U_m - U_m \sin \alpha = U_m(1 - \sin \alpha). \quad (2.42)$$

Trong điều kiện đang xét  $RC \gg T$ , hay  $\frac{T}{RC} \rightarrow 0$ , độ biến thiên đỉnh-đỉnh của điện áp đầu ra xấp xỉ gần đúng là:

$$\Delta U_o \approx \frac{U_m}{fRC}. \quad (2.23)$$

## 2.2. Các bước thực hành

**Bài 2.1.** Cho mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ không điều khiển tải  $R$  có các tham số như sau: Nguồn xoay chiều đầu vào có  $U_{s,rms} = 120$  V và  $f = 60$  Hz,  $R = 5 \Omega$ .

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.

4. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ bởi tải.

5. Xác định hệ số công suất của mạch.

**Bài 2.2.** Cho mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ không điều khiển tải  $R-L$  có các tham số: Nguồn xoay chiều đầu vào có  $U_{s,rms} = 100$  V và  $f = 60$  Hz,  $R = 100 \Omega$ ,  $L = 0,1$  H.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.

4. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ bởi tải.

5. Xác định hệ số công suất của mạch.

**Bài 2.3.** Cho mạch chỉnh lưu nửa chu kì không điều khiển tải  $R-L-U_{dc}$  có các tham số như sau: Nguồn xoay chiều đầu vào có  $U_{s,rms} = 120$  V và  $f = 60$  Hz,  $R = 2 \Omega$ ,  $L = 20$  mH,  $U_{dc} = 100$  V.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.

4. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ bởi điện trở.

5. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ bởi nguồn 1 chiều trên tải.

6. Xác định hệ số công suất của mạch.

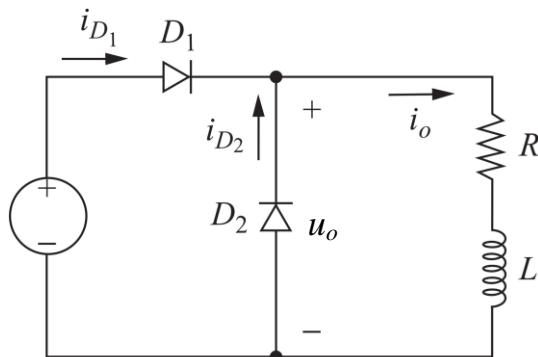
**Bài 2.4.** Mạch chỉnh lưu nửa chu kì không điều khiển có tụ lọc có các tham số: Điện áp xoay chiều đầu vào có  $U_{s,rms} = 120$  V và  $f = 60$  Hz,  $R = 500 \Omega$  và  $C = 100 \mu F$ .

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.
4. Xác định độ biến thiên đỉnh-đỉnh của điện áp đầu ra.
5. Xác định giá trị cực đại của dòng điện trong diode.
6. Tăng/ giảm giá trị tụ điện lên/ xuống là  $20 \mu\text{F}$  và  $400 \mu\text{F}$ . Cho biết kết quả dạng sóng điện áp và dòng điện tải thay đổi như thế nào? Xác định độ biến thiên đỉnh-đỉnh của điện áp đầu ra trong 2 trường hợp trên.

**Bài 2.5.** Cho mạch chỉnh lưu nửa chu kì không điều khiển tải  $L-U_{dc}$  có các tham số như sau: Nguồn xoay chiều đầu vào có  $U_{s,rms} = 120 \text{ V}$  và  $f = 60 \text{ Hz}$ ,  $L = 50 \text{ mH}$ ,  $U_{dc} = 72 \text{ V}$ .

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.
4. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ trên tải.
5. Xác định hệ số công suất của mạch.

**Bài 2.6.** Cho mạch chỉnh lưu nửa chu kì không điều khiển với diode tự do (như hình dưới) có các tham số như sau: Nguồn xoay chiều đầu vào có  $U_{s,m} = 100 \text{ V}$  và  $f = 60 \text{ Hz}$ ,  $L = 25 \text{ mH}$ ,  $R = 2 \text{ V}$ .



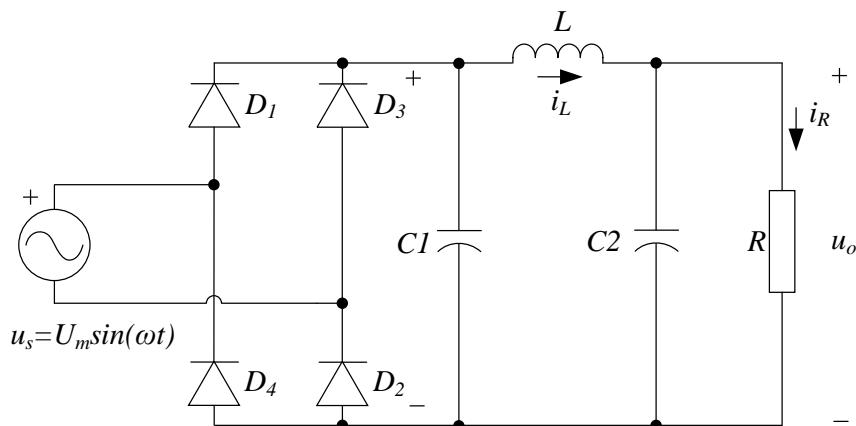
1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.
4. Xác định giá trị hiệu dụng của dòng điện tải.
5. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ trên tải.
6. Nhận xét mối quan hệ giữa điện áp trung bình đầu ra với điện áp cực đại đầu vào?

7. Tăng giá trị L đến một giá trị rất lớn ( $L \gg R$ ). Nhận xét về dạng sóng của dòng điện đầu ra?

**Bài 2.7.** Thiết kế mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ không điều khiển với đầy đủ 3 khối: Khối biến áp, khối mạch van và khối mạch lọc. Mạch lọc lần lượt sử dụng 3 loại bộ lọc như sau: bộ lọc tụ điện C, bộ lọc cuộn cảm L, bộ lọc  $C-L-C$ . Đối với mỗi bộ lọc, hãy đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy? Lưu ý rằng bộ lọc L được mắc nối tiếp với tải, bộ lọc C được mắc song song với tải. Bộ lọc  $C-L-C$  được thiết kế như hình dưới đây.



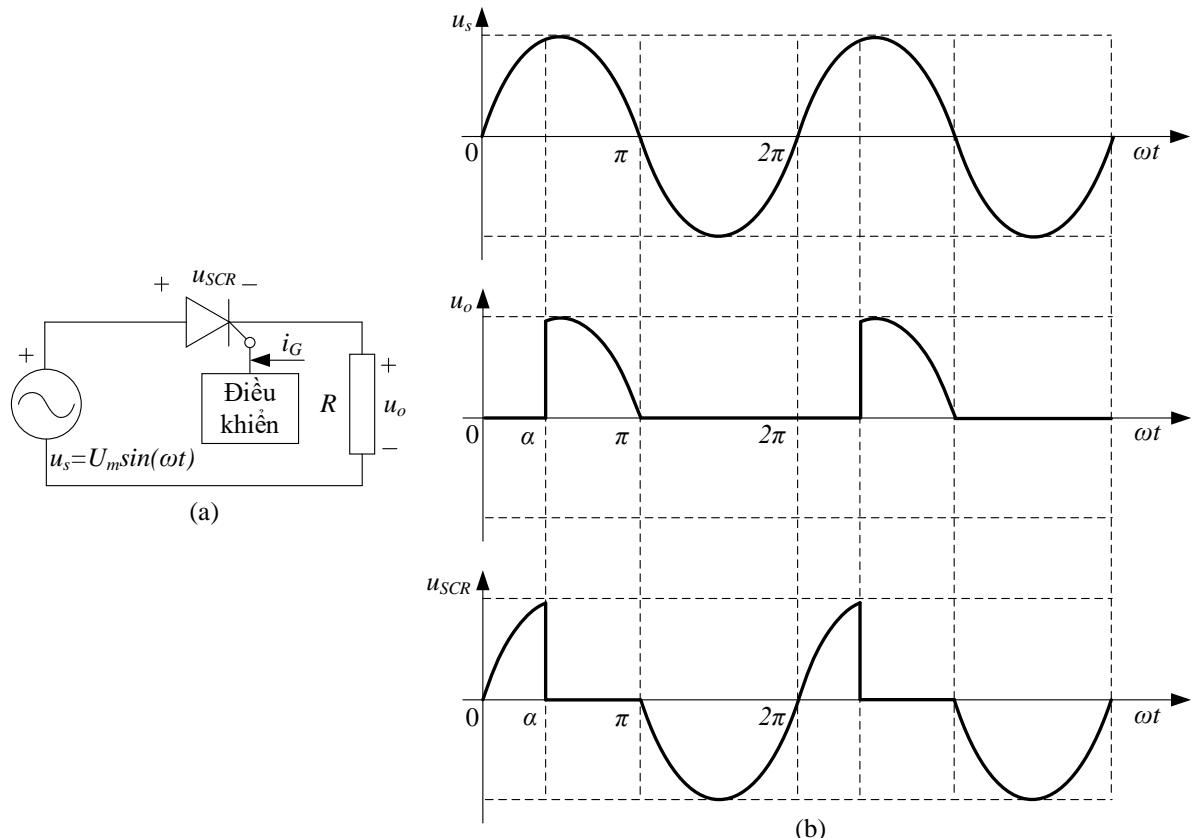
### 2.3. Kết luận

### Bài 3: Bộ chỉnh lưu nửa chu kỳ có điều khiển

#### 3.1. Cơ sở lý thuyết

Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ có điều khiển sử dụng van chuyển mạch SCR thay thế cho van chuyển mạch diode.

##### 3.1.1. Tải điện trở



**Hình 3.1.** (a) Mạch chỉnh lưu có điều khiển cơ bản; (b) các dạng sóng của điện áp.

##### 1. Điện áp tải

$$U_o = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u_o(\omega t) d(\omega t) = \frac{1}{2\pi} \int_\alpha^\pi u_s(\omega t) d(\omega t) = \frac{U_m}{2\pi} (1 + \cos\alpha). \quad (3.1)$$

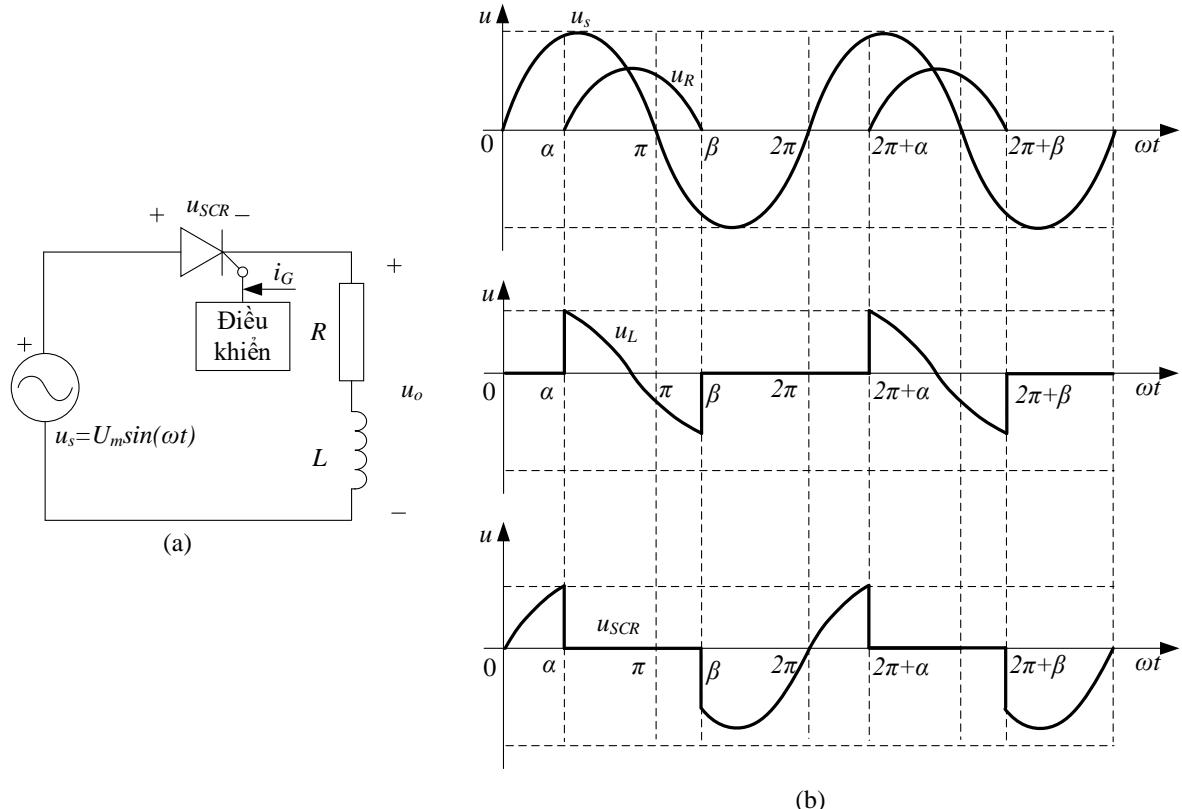
##### 2. Công suất tiêu thụ trên tải

$$P = U_{o,rms}^2 / R, \text{ trong đó:}$$

$$U_{o,rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u_o^2(\omega t) d(\omega t)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_\alpha^\pi [U_m \sin(\omega t)]^2 d(\omega t)}$$

$$= \frac{U_m}{2} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi}}. \quad (3.2)$$

### 3.1.2. Tải điện trở-cuộn cảm mắc nối tiếp



**Hình 3.2.** (a) Mạch chỉnh lưu có điều khiển tải  $R-L$ ; (b) Các dạng sóng của điện áp.

#### 1. Dòng điện tải

$$i_o(\omega t) = \begin{cases} \frac{U_m}{Z} \left[ \sin(\omega t - \theta) - \sin(\alpha - \theta) e^{\frac{\alpha-\omega t}{\omega\tau}} \right] & \text{nếu } \alpha \leq \omega t \leq \beta \\ 0 & \text{nếu } \omega t < \alpha \text{ hoặc } \omega t > \beta \end{cases}. \quad (3.3)$$

Với  $\beta$ :

$$i_o(\beta) = \frac{U_m}{Z} \left[ \sin(\beta - \theta) - \sin(\alpha - \theta) e^{(\alpha-\beta)/\omega\tau} \right] = 0. \quad (3.4)$$

Góc  $\gamma = \beta - \alpha$ : góc dẫn.

#### 2. Điện áp và dòng điện tải

$$U_o = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\beta} U_m \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{U_m}{2\pi} (\cos \alpha - \cos \beta). \quad (3.5)$$

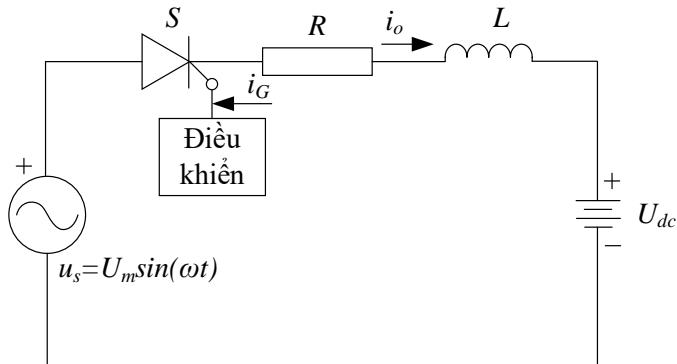
$$I_o = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\beta} i_o(\omega t) d(\omega t). \quad (3.6)$$

### 3. Công suất tiêu thụ trên tải

$P = I_{o,rms}^2 R$ , trong đó  $I_{o,rms}$  được xác định:

$$I_{o,rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\beta} i_o^2(\omega t) d(\omega t)}. \quad (3.7)$$

#### 3.1.3. Tải điện trở-cuộn cảm-nguồn một chiều mắc nối tiếp



Hình 2.3. Mạch chỉnh lưu có điều khiển với tải  $R-L-U_{dc}$ .

##### 1. Điều kiện của góc bật SCR

$$\alpha > \alpha_{min} = \sin^{-1} \left( \frac{U_{dc}}{U_m} \right). \quad (3.8)$$

##### 2. Dòng điện tải

$$i_o(\omega t) = \begin{cases} \frac{U_m}{Z} \sin(\omega t - \theta) - \frac{U_{dc}}{R} + Ae^{-\frac{\omega t}{\omega\tau}} & \text{nếu } \alpha \leq \omega t \leq \beta, \\ 0 & \text{nếu } \omega t < \alpha \text{ hoặc } \omega t > \beta \end{cases}, \quad (3.9)$$

hệ số  $A$  được xác định:

$$A = \left[ -\frac{U_m}{Z} \sin(\alpha - \theta) + \frac{U_{dc}}{R} \right] e^{\frac{\alpha}{\omega\tau}}.$$

## 3.2. Các bước thực hành

**Bài 3.1.** Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ có điều khiển tải điện trở có các thông số:  $R = 200 \Omega$ , điện áp nguồn cung cấp có  $U_{s,rms} = 120 \text{ V}$  và  $f = 60 \text{ Hz}$ . góc bật anpha = 30 độ

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.

4. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ bởi điện trở.

5. Xác định hệ số công suất của mạch.

**Bài 3.2.** Cho mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ có điều khiển tải  $R-L$  với các tham số: Nguồn xoay chiều có giá trị hiệu dụng là 120 V tại tần số 60 Hz,  $R = 20 \Omega$ ,  $L = 0,04 \text{ H}$ , góc bật của SCR  $\alpha = 45^\circ$ .

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.

4. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ trên tải.

5. Xác định hệ số công suất của mạch.

**Bài 3.3.** Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ có điều khiển với tải  $R-L-U_{dc}$  có các tham số: Nguồn xoay chiều đầu vào có  $U_{s,rms} = 120 \text{ V}$  và  $f = 60 \text{ Hz}$ ,  $R = 2 \Omega$ ,  $L = 20 \text{ mH}$ ,  $U_{dc} = 100 \text{ V}$ ,  $\alpha = 45^\circ$ .

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.

4. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ trên điện trở.

5. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ trên nguồn một chiều ở tải.

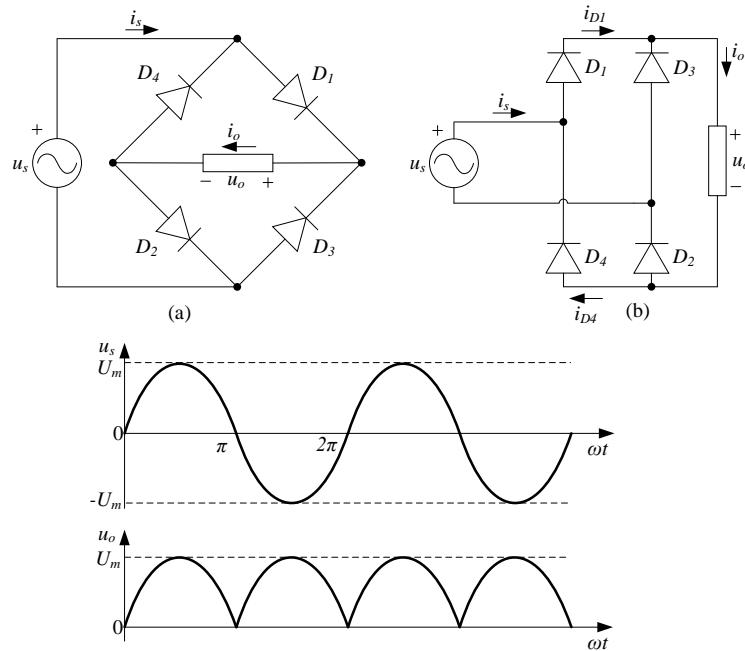
### 3.3. Kết luận

## Bài 4: Bộ chỉnh lưu một pha cả chu kỳ không điều khiển

### 4.1. Cơ sở lý thuyết

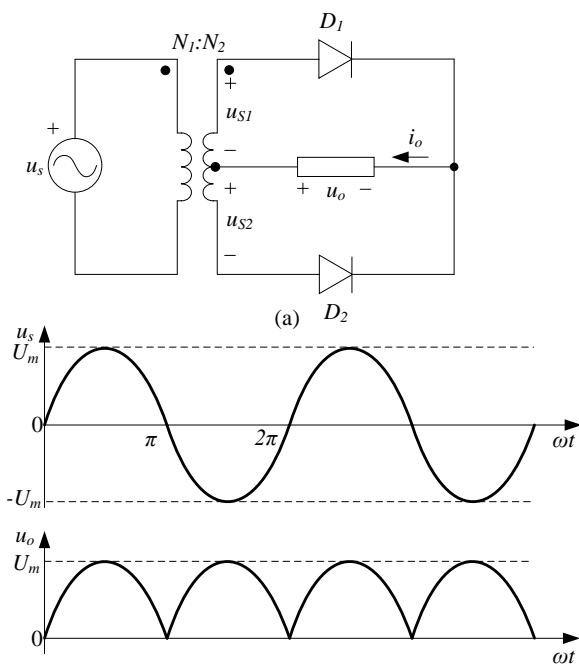
#### 4.1.1. Chỉnh lưu một pha cả chu kỳ không điều khiển

##### 1. Mạch chỉnh lưu cầu



**Hình 4.1.** Mạch chỉnh lưu cầu: (a) Sơ đồ mạch điện; (b) sơ đồ tương đương; (c) các dạng sóng.

##### 2. Mạch chỉnh lưu với biến áp có điểm giữa



**Hình 4.2.** Mạch chỉnh lưu với biến áp có điểm giữa: (a) Sơ đồ mạch điện; (b) các dạng sóng.

#### 4.1.2. Tải điện trở

##### 1. Điện áp tải

$$u_o(\omega t) = \begin{cases} U_m \sin \omega t & \text{nếu } 0 \leq \omega t \leq \pi \\ -U_m \sin \omega t & \text{nếu } \pi \leq \omega t \leq 2\pi \end{cases}. \quad (4.1)$$

$$U_o = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi U_m \sin \omega t \, d(\omega t) = \frac{2U_m}{\pi}. \quad (4.2)$$

##### 2. Dòng điện tải

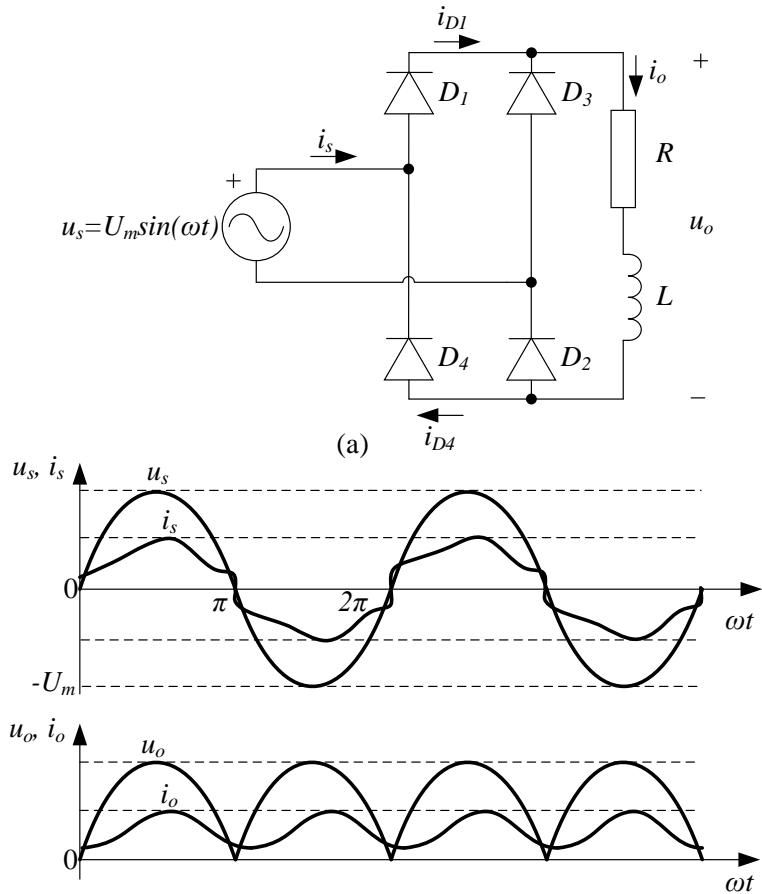
$$I_o = \frac{U_o}{R} = \frac{2U_m}{\pi R}. \quad (4.3)$$

##### 3. Công suất tiêu thụ trên tải

$P = I_{o,rms}^2 R$ , trong đó  $I_{o,rms}$  được xác định:

$$I_{o,rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}. \quad (4.4)$$

#### 4.1.3. Tải điện trở-cuộn cảm mắc nối tiếp



Hình 4.3. (a) Mạch chỉnh lưu cầu tải  $R-L$ ; (b) các dạng sóng.

## 1. Điện áp tải

$$u_o(t) = U_0 + \sum_{n=2,4,\dots}^{\infty} U_n \cos(n\omega_0 t + \pi), \quad (4.5)$$

với  $U_0 = \frac{2U_m}{\pi}$ ,  $U_n = \frac{2U_m}{\pi} \left( \frac{1}{n-1} - \frac{1}{n+1} \right)$ ,  $n = 2,4,6,\dots$

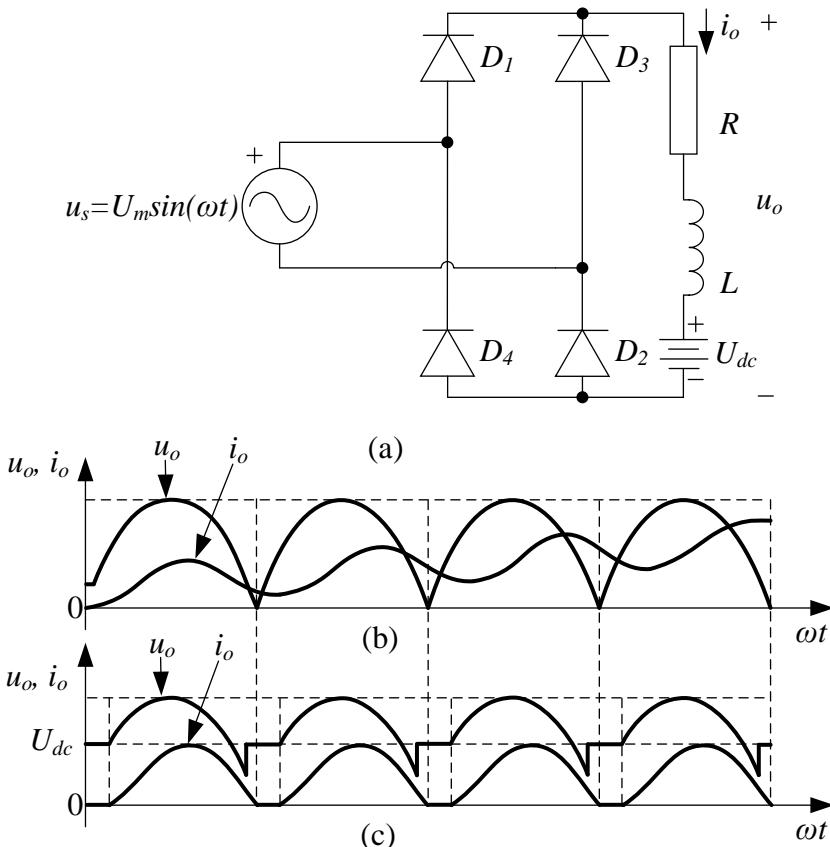
Giá trị trung bình của điện áp tải chính là giá trị của số hạng một chiều trong chuỗi Fourier:  $U_o = U_0 = \frac{2U_m}{\pi}$ .

## 2. Dòng điện tải

$$I_0 = \frac{U_0}{R}, I_n = \frac{U_n}{Z_n} = \frac{U_n}{|R + jn\omega L|}. \quad (4.6)$$

Giá trị trung bình của dòng điện tải chính là giá trị của số hạng một chiều trong chuỗi Fourier:  $I_o = I_0$ .

### 4.1.4. Tải điện trở-cuộn cảm-nguồn một chiều mắc nối tiếp



**Hình 4.4.** (a) Mạch chỉnh lưu cầu với tải  $R-L-U_{dc}$ ; (b) chế độ dòng điện liên tục; (c) chế độ dòng điện gián đoạn.

## 1. Chế độ dòng điện liên tục

$$U_o = U_0 = \frac{2U_m}{\pi}, I_o = \frac{U_o - U_{dc}}{R} = \frac{\frac{2U_m}{\pi} - U_{dc}}{R}. \quad (4.7)$$

## 2. Chế độ dòng điện gián đoạn

Đối với chế độ dòng điện gián đoạn, dòng điện trong mạch được phân tích giống như mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ tải  $R-L-U_{dc}$  mắc nối tiếp.

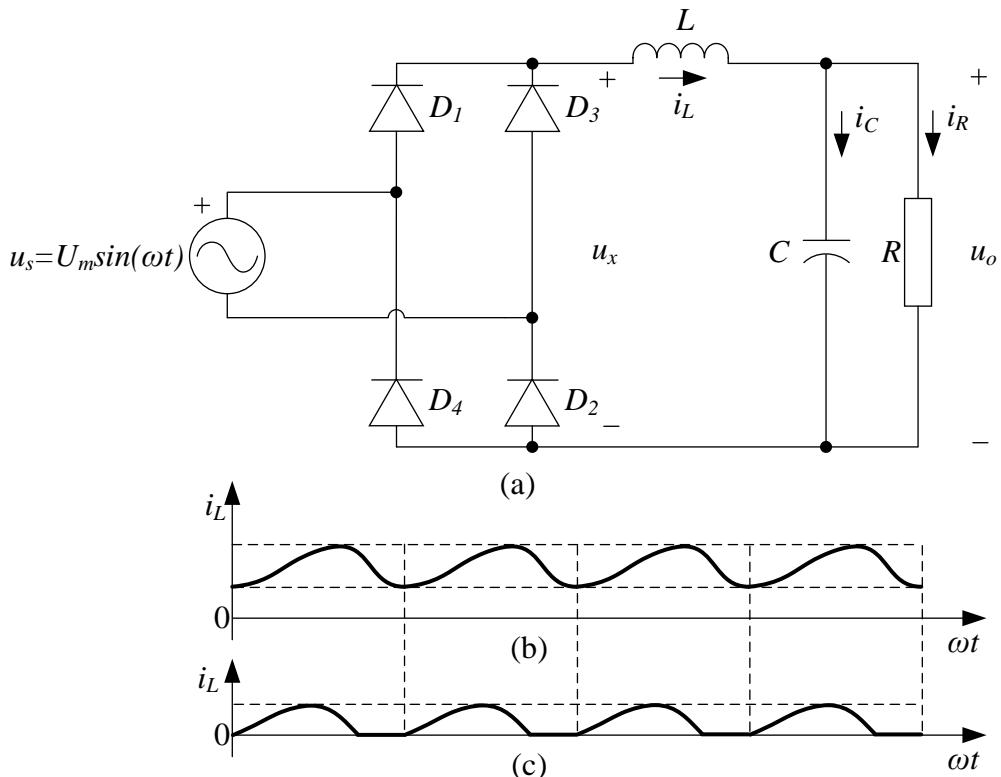
### 4.1.5. Mạch chỉnh lưu cả chu kỳ sử dụng bộ lọc cuộn cảm-tụ điện

#### 1. Chế độ dòng điện liên tục

$$U_o = \frac{2U_m}{\pi}. \quad (4.8)$$

Điều kiện để dòng điện cuộn cảm là liên tục.

$$\frac{3\omega L}{R} > 1. \quad (4.9)$$



**Hình 4.5.** (a) Mạch chỉnh lưu cả chu kỳ với bộ lọc  $L-C$  ở đầu ra; (b) dòng điện cuộn cảm liên tục; (c) dòng điện cuộn cảm gián đoạn.

#### 2. Chế độ dòng điện gián đoạn

Dòng điện sẽ nhận giá trị dương tại thời điểm  $\omega t = \alpha$ :

$$\alpha = \sin^{-1} \left( \frac{U_o}{U_m} \right). \quad (4.10)$$

## 4.2. Các bước thực hành

**Bài 4.1.** Mạch chỉnh lưu cầu tải  $R-L$  có các tham số như sau: Nguồn xoay chiều đầu vào có  $U_m = 100$  V và  $f = 60$  Hz,  $R = 10 \Omega$  và  $L = 10$  mH.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.
4. Xác định độ biến thiên đỉnh-đỉnh của dòng điện tải.
5. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ trên tải.
6. Xác định hệ số công suất.

**Bài 4.2.** Mạch chỉnh lưu cầu với tải  $R-L-U_{dc}$  có các tham số: Nguồn xoay chiều đầu vào có  $U_{s,rms} = 120$  V và  $f = 60$  Hz,  $R = 2 \Omega$ ,  $L = 10$  mH,  $U_{dc} = 80$  V.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.
4. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ trên điện trở.
5. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ trên nguồn một chiều.

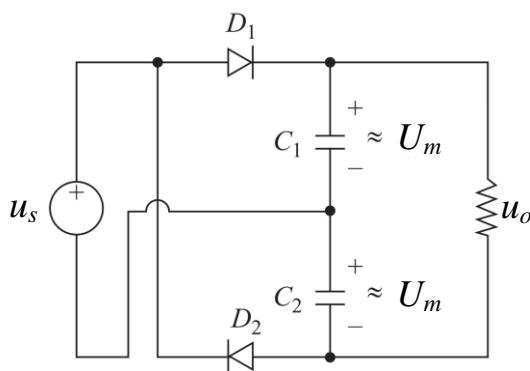
**Bài 4.3.** Mạch chỉnh lưu cầu với bộ lọc  $L-C$  có các tham số: Nguồn đầu vào có  $U_m = 100$  V và  $f = 60$  Hz,  $L = 5$  mH,  $C = 10000 \mu F$ . Điện trở tải nhận các giá trị: (a)  $R = 5 \Omega$ ; (b)  $R = 50 \Omega$ .

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Nhận xét về dạng sóng của dòng điện tải trong mỗi trường hợp.

4. Xác định giá trị trung bình của điện áp tải cho mỗi trường hợp.

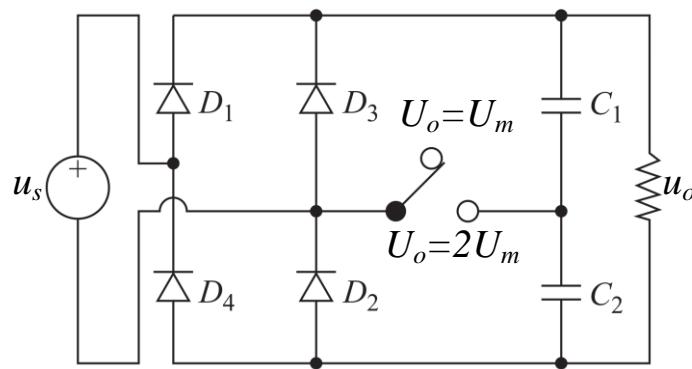
**Bài 4.4.** Thiết kế mạch nhân đôi điện áp (điện áp đầu ra bằng hai lần điện áp đầu vào) loại đơn như hình dưới.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị trung bình của điện áp đầu vào, điện áp đầu ra. Nhận xét mối tương quan giữa hai giá trị này?



**Bài 4.5.** Thiết kế mạch nhân đôi điện áp (điện áp đầu ra bằng hai lần điện áp đầu vào) loại kép như hình dưới.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị trung bình của điện áp đầu vào, điện áp đầu ra. Nhận xét mối tương quan giữa hai giá trị này?

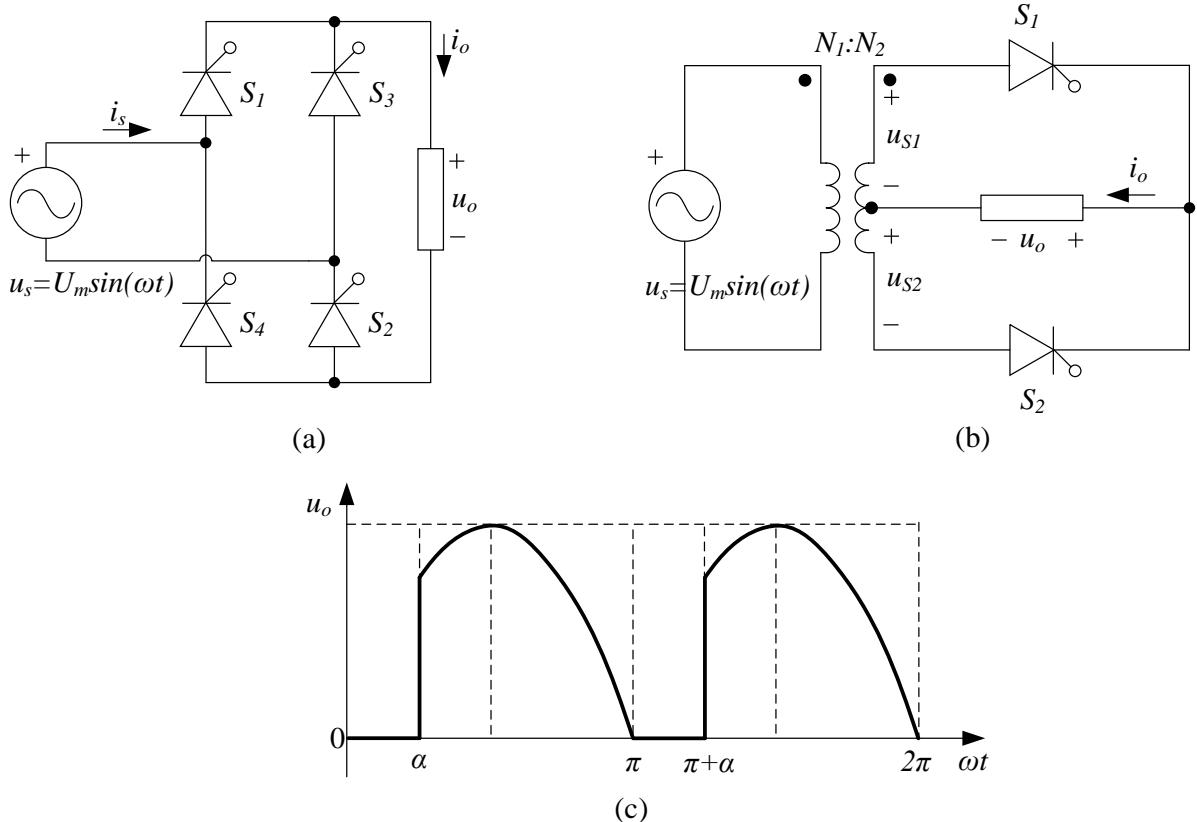


### 4.3. Kết luận

## Bài 5: Bộ chỉnh lưu một pha cả chu kỳ có điều khiển

### 5.1. Cơ sở lý thuyết

#### 5.1.1. Tải điện trở



**Hình 5.1.** (a) Mạch chỉnh lưu cả chu kỳ có điều khiển; (b) mạch chỉnh lưu cả chu kỳ với biến áp có điểm giữa có điều khiển; (c) điện áp đầu ra cho tải điện trở.

#### 1. Điện áp tải

$$U_o = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} U_m \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{U}{\pi} (1 + \cos \alpha). \quad (5.1)$$

#### 2. Dòng điện tải

$$I_o = \frac{U_o}{R} = \frac{U_m}{\pi R} (1 + \cos \alpha). \quad (5.2)$$

#### 3. Công suất bị tiêu thụ trên tải

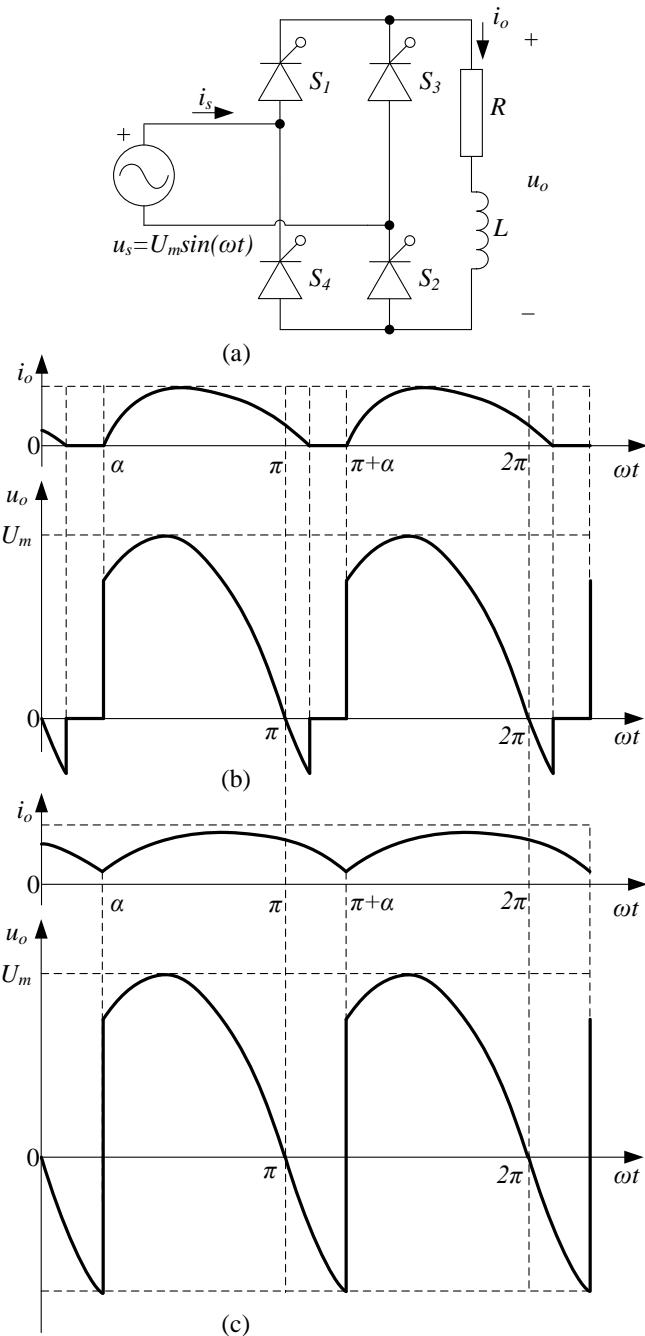
$P = I_{o,rms}^2 R$ , trong đó  $I_{o,rms}$  được xác định:

$$I_{o,rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \left( \frac{U_m}{R} \sin \omega t \right)^2 d(\omega t)} = \frac{U_m}{R} \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{\alpha}{2\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{4\pi}}. \quad (5.3)$$

4. Hệ số công suất:

$$pf = \frac{P}{S} = \frac{P}{U_{s,rms} \cdot I_{s,rms}} = \frac{P}{U_{s,rms} \cdot I_{o,rms}}.$$

### 5.1.2. Tải điện trờ-cuộn cảm măc nối tiếp



**Hình 5.2.** (a) Mạch chỉnh lưu cầu có điều khiển với tải  $R-L$ ; (b) chế độ dòng điện gián đoạn; (c) Chế độ dòng điện liên tục.

#### 1. Chế độ dòng điện gián đoạn

Dòng điện tải tức thời được xác định:

$$i_o(\omega t) = \frac{U_m}{Z} \left[ \sin(\omega t - \theta) - \sin(\alpha - \theta) e^{-\frac{\omega t - \alpha}{\omega \tau}} \right] \text{ với } \alpha \leq \omega t \leq \beta, \quad (5.4)$$

trong đó:  $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$ ;  $\theta = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R}$ ;  $\tau = L/R$ . Dòng điện tải  $i_o(\omega t) = 0$  tại  $\omega t = \beta$ .

Điều kiện để dòng điện gián đoạn:

$$\beta < \alpha + \pi \rightarrow \text{dòng điện gián đoạn.} \quad (5.5)$$

## 2. Chế độ dòng điện liên tục

Điều kiện dòng điện liên tục:

$$\Rightarrow \alpha \leq \tan^{-1} \left( \frac{\omega L}{R} \right) \text{ thì dòng điện liên tục.} \quad (5.6)$$

Chuỗi Fourier của điện áp đầu ra:

$$u_o(\omega t) = U_0 + \sum_{n=1}^{\infty} U_n \cos(n\omega_0 t + \theta_n). \quad (5.7)$$

Giá trị trung bình của điện áp đầu ra:

$$U_o = U_0 = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\pi} U_m \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{2U_m}{\pi} \cos \alpha. \quad (5.8)$$

Biên độ của các số hạng xoay chiều được trong chuỗi Fourier được xác định:

$$U_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}, \quad (5.9)$$

với:

$$\begin{aligned} a_n &= \frac{2U_m}{\pi} \left[ \frac{\cos(n+1)\alpha}{n+1} - \frac{\cos(n-1)\alpha}{n-1} \right] \\ b_n &= \frac{2U_m}{\pi} \left[ \frac{\sin(n+1)\alpha}{n+1} - \frac{\sin(n-1)\alpha}{n-1} \right], \end{aligned} \quad (5.10)$$

$$n = 2, 4, 6 \dots$$

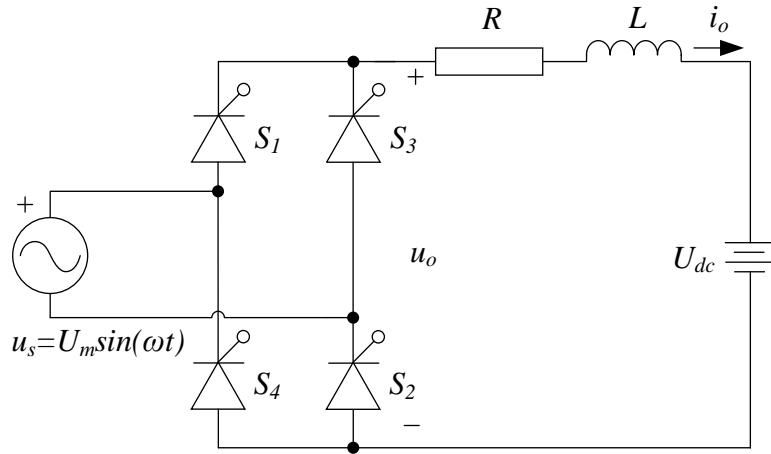
Chuỗi Fourier cho dòng điện tải được xác định bằng phương pháp chòng chất.  
Giá trị hiệu dụng của dòng điện tải:

$$I_{o,rms} = \sqrt{I_0^2 + \sum_{n=2,4,6,\dots}^{\infty} \left( \frac{I_n}{\sqrt{2}} \right)^2},$$

với:

$$I_0 = \frac{U_0}{R}; I_n = \frac{U_n}{Z_n} = \frac{U_n}{|R + Jn\omega_0 L|}. \quad (5.11)$$

### 5.1.3. Tải điện trở-cuộn cảm-nguồn một chiều mắc nối tiếp



**Hình 5.3.** Mạch chỉnh lưu cầu có điều khiển với tải  $R-L-U_{dc}$ .

#### 1. Điều kiện của góc bật SCR

Góc bật  $\alpha$  phải thoả mãn điều kiện:

$$\alpha \geq \sin^{-1} \left( \frac{U_{dc}}{U_m} \right). \quad (5.12)$$

#### 2. Điện áp tải

$$U_o = \frac{2U_m}{\pi} \cos \alpha. \quad (5.13)$$

#### 3. Dòng điện tải

$$I_o = \frac{U_o - U_{dc}}{R}. \quad (5.14)$$

#### 4. Công suất tiêu thụ trên tải

Công suất bị tiêu thụ bởi nguồn điện áp một chiều trên tải:  $P_{dc} = I_o U_{dc}$ .

Công suất bị tiêu thụ bởi điện trở tải là  $P = I_{o,rms}^2 R$ .

## 5.2. Các bước thực hành

**Bài 5.1.** Mạch chỉnh lưu cầu một pha có điều khiển tải  $R$  có các tham số: Điện áp nguồn đầu vào có  $U_{s,rms} = 120$  V và  $f = 60$  Hz,  $R = 20 \Omega$ ,  $\alpha = 40^\circ$ .

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.

4. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ trên tải.

5. Xác định hệ số công suất.

**Bài 5.2.** Mạch chỉnh lưu một pha cả chu kỳ có điều khiển tải  $R$ -  $L$  có các tham số: Nguồn đầu vào có  $U_{s,rms} = 120V$  và  $f = 60$  Hz,  $R = 10 \Omega$ ,  $L = 20$  mH,  $\alpha = 60^\circ$ .

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.

4. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ trên tải.

5. Phân tích chuỗi Fourier của dòng điện tải và điện áp tải. Xác định biên độ của các sóng hài. Nhận xét về mối quan hệ giữa biên độ của sóng hài và bậc của nó.

**Bài 5.3.** Mạch chỉnh lưu cầu một pha có điều khiển tải  $R$ -  $L$  có các tham số: Nguồn đầu vào có  $U_{s,rms} = 120$  V và  $f = 60$  Hz,  $R = 10 \Omega$ ,  $L = 100$  mH,  $\alpha = 60^\circ$ .

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.

4. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ trên tải.

**Bài 5.4.** Mạch chỉnh lưu cầu có điều khiển tải  $R$ -  $L$ -  $U_{dc}$  có các tham số: Nguồn đầu vào có **giá trị hiệu dụng 240 V**, tần số 60 Hz,  $U_{dc} = 100$  V,  $R = 5 \Omega$ ,  $L = 0,31$  H,  $\alpha = 46^\circ$ .

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

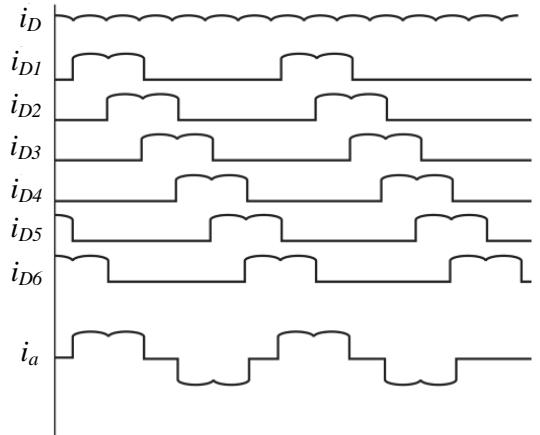
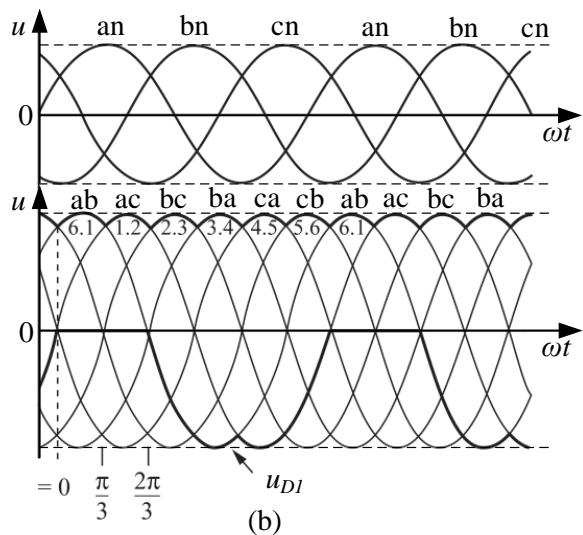
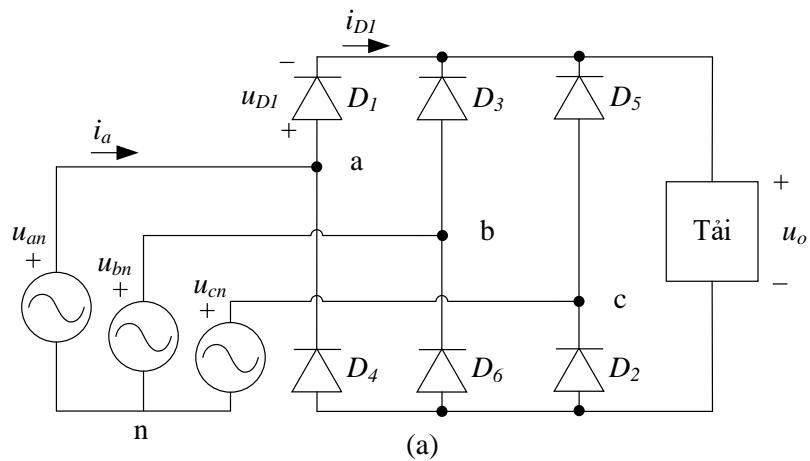
3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.
4. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ trên nguồn một chiều.
5. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ trên điện trở.
6. Phân tích chuỗi Fourier của dòng điện tải và điện áp tải. Xác định biên độ của các sóng hài. Nhận xét về mối quan hệ giữa biên độ của sóng hài và bậc của nó.

### **5.3. Kết luận**

## Bài 6: Bộ chỉnh lưu ba pha

## 6.1. Cơ sở lý thuyết

#### **6.1.1. Mạch chỉnh lưu ba pha không điều khiển**



**Hình 6.1.** (a) Mạch chỉnh lưu cầu ba pha; (b) dạng sóng của điện áp nguồn và điện áp đầu ra;  
 (c) dạng sóng của dòng điện tải thuận trờ.

$$\begin{aligned} I_{D,avg} &= \frac{1}{3} I_{o,avg} \\ I_{D,rms} &= \frac{1}{\sqrt{3}} I_{o,rms} \\ I_{s,rms} &= \sqrt{\frac{2}{3}} I_{o,rms} \end{aligned} \quad (6.1)$$

Công suất biểu kiến của nguồn ba pha là:

$$S = \sqrt{3} U_{\text{dây}, rms} I_{s, rms}. \quad (6.2)$$

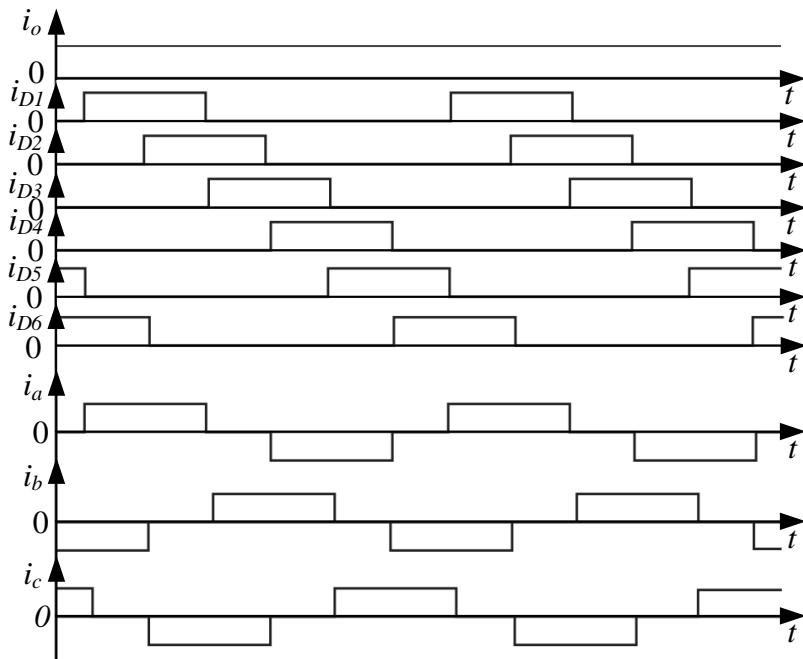
## 1. Điện áp tải

$$u_o(t) = U_0 + \sum_{n=6,12,18,\dots}^{\infty} U_n \cos(n\omega_0 t + \pi). \quad (5.3)$$

$$U_o = U_0 = \frac{1}{\pi/3} \int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}} U_{m,\text{dây}} \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{3U_{m,\text{dây}}}{\pi} = 0,955U_{m,\text{dây}}, \quad (6.4)$$

$$U_n = \frac{6U_{m,\text{dây}}}{\pi(n^2 - 1)}; \text{ với } n = 6, 12, 18, \dots \quad (6.5)$$

## 2. Dòng điện tải



**Hình 4.31.** Dạng sóng chỉnh lưu ba pha sử dụng bộ lọc ở đầu ra.

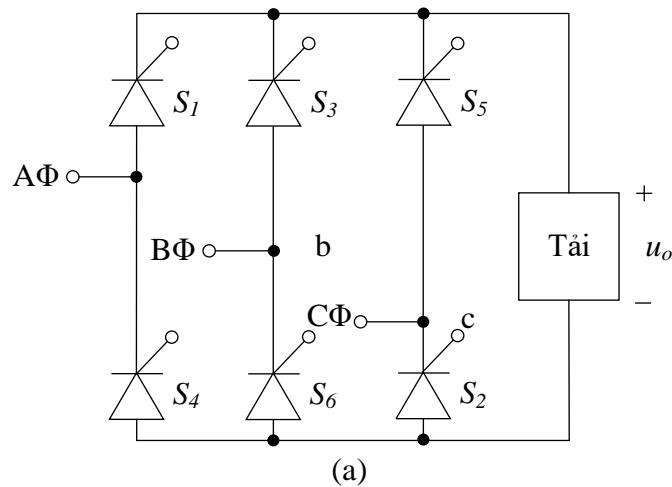
$$i_a(t) = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} I_o \left( \cos \omega_0 t - \frac{1}{5} \cos 5\omega_0 t + \frac{1}{7} \cos 7\omega_0 t - \frac{1}{11} \cos 11\omega_0 t + \frac{1}{13} \cos 13\omega_0 t - \dots \right), \quad (6.6)$$

với bậc của các sóng hài  $6k \pm 1, k = 1, 2, 3, \dots$

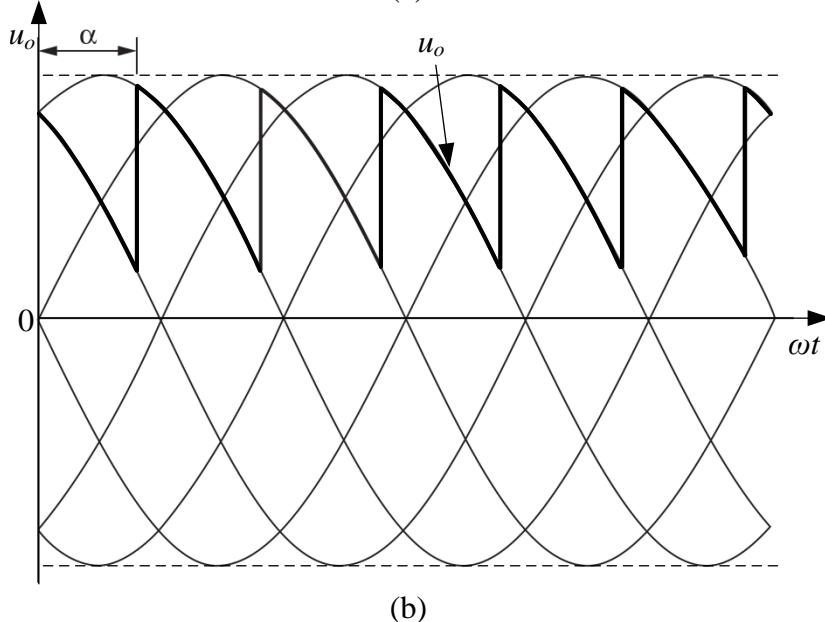
### 6.1.2. Mạch chỉnh lưu ba pha có điều khiển

Điện áp tải:

$$U_o = \frac{1}{\pi/3} \int_{\frac{\pi}{3}+\alpha}^{\frac{2\pi}{3}+\alpha} U_{m,\text{dây}} \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{3U_{m,\text{dây}}}{\pi} \cos \alpha. \quad (6.7)$$



(a)



(b)

**Hình 6.2.** (a) Mạch chỉnh lưu ba pha có điều khiển; (b) dạng sóng điện áp đầu ra khi góc bật SCR  $\alpha = 45^\circ$ .

## 6.2. Các bước thực hành

**Bài 6.1.** Mạch chỉnh lưu ba pha không điều khiển với tải là điện trở và cuộn cảm mắc nối tiếp, có các tham số như sau: Nguồn ba pha có giá trị hiệu dụng của điện áp dây 480 V và  $f = 60$  Hz,  $R = 25 \Omega$ ,  $L = 50$  mH.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.
4. Xác định giá trị trung bình và hiệu dụng của dòng điện đi qua diode.

5. Phân tích chuỗi Fourier của dòng điện tải và điện áp tải. Xác định biên độ của các sóng hài. Nhận xét về mối quan hệ giữa biên độ của sóng hài và bậc của nó.

**Bài 6.2.** Mạch chỉnh lưu ba pha có điều khiển tải gồm điện trở và cuộn cảm mắc nối tiếp với các tham số như sau: Điện áp đầu vào có giá trị hiệu dụng  $480\text{ V}$  và  $f = 60\text{ Hz}$ ,  $R = 10\Omega$ ,  $L = 50\text{ mH}$ , góc bật của SCR  $\alpha = 39,5^\circ$ .

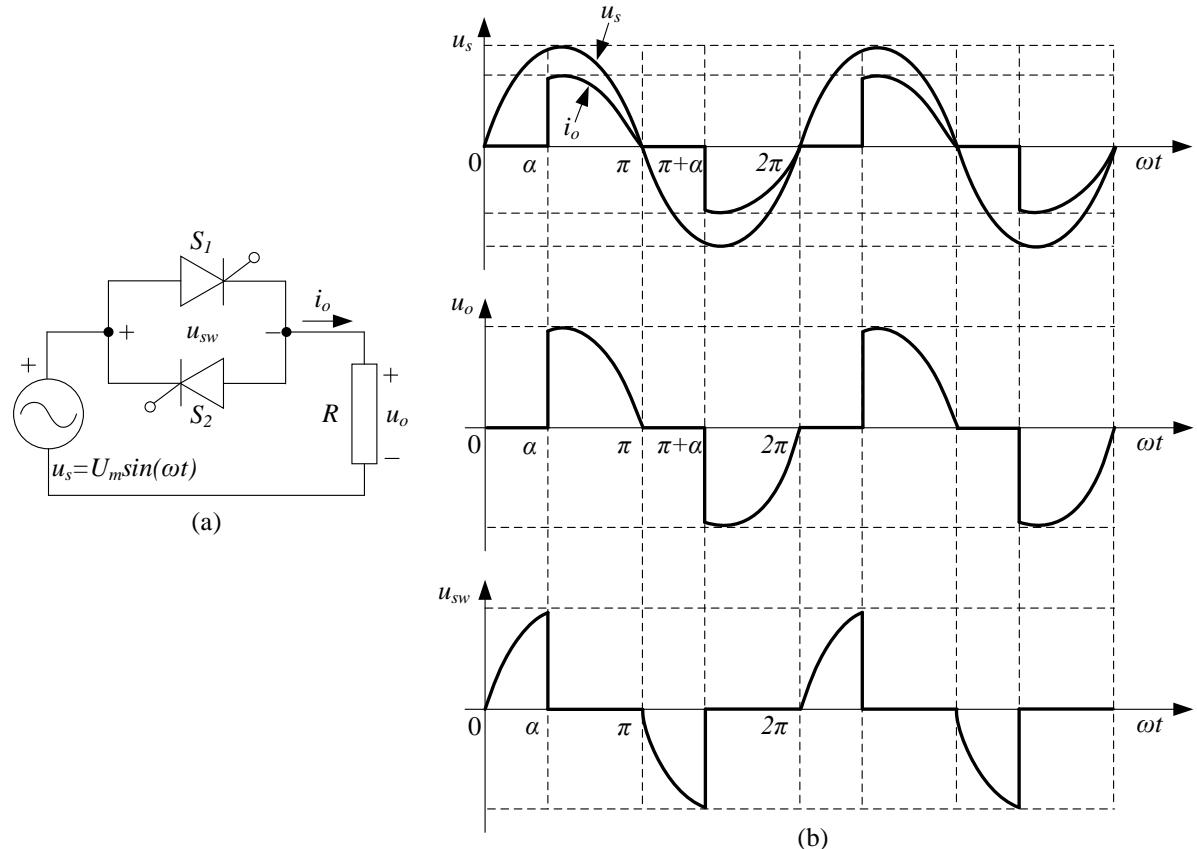
1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.
4. Xác định giá trị trung bình và hiệu dụng của dòng điện đi qua SCR.
5. Phân tích chuỗi Fourier của dòng điện tải và điện áp tải. Xác định biên độ của các sóng hài. Nhận xét về mối quan hệ giữa biên độ của sóng hài và bậc của nó.

### 6.3. Kết luận

## Bài 7: Bộ biến đổi điện áp xoay chiều một pha

### 7.1. Cơ sở lý thuyết

#### 7.1.1. Tải điện trở



**Hình 7.1.** (a) Bộ biến đổi điện áp xoay chiều một pha với tải là điện trở; (b) các dạng sóng.

#### 1. Điện áp tải

$$u_o(\omega t) = \begin{cases} U_m \sin \omega t & \text{nếu } \alpha \leq \omega t \leq \pi \text{ và } \alpha + \pi \leq \omega t \leq 2\pi \\ 0 & \text{trường hợp còn lại} \end{cases}. \quad (7.1)$$

$$U_{o,rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} [U_m \sin(\omega t)]^2 d(\omega t)} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi}}. \quad (7.2)$$

#### 2. Dòng điện tải

$$I_{o,rms} = \frac{U_{o,rms}}{R}. \quad (7.3)$$

#### 3. Dòng điện trong các SCR

$$I_{SCR} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \frac{U_m \sin(\omega t)}{R} d(\omega t) = \frac{U_m}{2\pi R} (1 + \cos \alpha). \quad (7.4)$$

$$I_{SCR,rms} = \frac{I_{o,rms}}{\sqrt{2}}. \quad (7.5)$$

#### 4. Công suất bị tiêu thụ trên tải

$P = I_{o,rms}^2 R = U_{o,rms}^2 / R$ , trong đó  $U_{o,rms}$ ,  $I_{o,rms}$  là giá trị hiệu dụng của điện áp và dòng điện tải.

#### 5. Hệ số công suất

$$\begin{aligned} pf &= \frac{P}{S} = \frac{P}{U_{s,rms} I_{s,rms}} = \frac{\frac{U_{o,rms}^2}{R}}{U_{s,rms} (U_{o,rms} / R)} \\ &= \frac{U_{o,rms}}{U_{s,rms}} = \frac{\frac{U_m}{\sqrt{2}} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi}}}{\frac{U_m}{\sqrt{2}}} \\ &\Rightarrow pf = \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi}}. \end{aligned} \quad (7.6)$$

#### 7.1.2. Tải điện trễ-cuộn cảm măc nối tiếp

##### 1. Dòng điện tải

$$i_o(\omega t) = \begin{cases} \frac{U_m}{Z} [\sin(\omega t - \theta) - \sin(\alpha - \theta) e^{\frac{\alpha-\omega t}{\omega\tau}}] & \text{nếu } \alpha \leq \omega t \leq \beta \\ 0 & \text{trường hợp còn lại} \end{cases}, \quad (7.7)$$

với  $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$ ,  $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\omega L}{R}\right)$ .

Góc tắt  $\beta$  được xác định:

$$i_o(\beta) = \frac{U_m}{Z} [\sin(\beta - \theta) - \sin(\alpha - \theta) e^{(\alpha-\beta)/\omega\tau}] = 0. \quad (7.8)$$

Góc dẫn  $\gamma$  được xác định:

$$\gamma = \beta - \alpha. \quad (7.9)$$

Góc  $\alpha$  phải thoả mãn điều kiện:

$$\alpha \geq \beta - \pi. \quad (7.10)$$

Khi  $\alpha = \beta - \pi$ , góc  $\alpha$  đang ở trạng thái giới hạn.

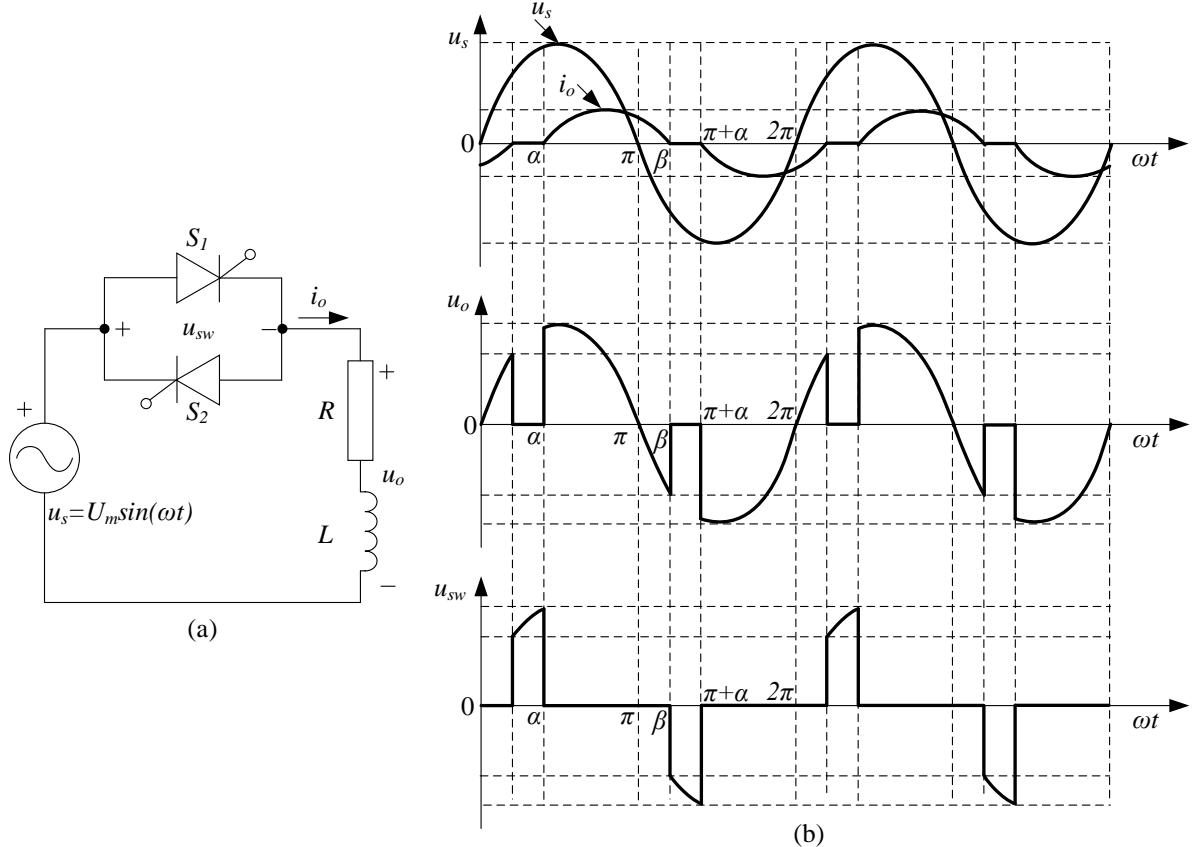
##### 2. Dòng điện trong mỗi van SCR

$$I_{SCR,rms} = \frac{I_{o,rms}}{\sqrt{2}}. \quad (7.11)$$

## 2. Công suất bị tiêu thụ bởi tải

Công suất bị tiêu thụ bởi tải được xác định:

$$P = I_{o,rms}^2 R. \quad (7.12)$$



**Hình 7.2.** (a) Bộ biến đổi điện áp xoay chiều một pha với tải  $R-L$ ; (b) các dạng sóng điện hình.

## 7.2. Các bước thực hành

**Bài 7.1.** Bộ biến đổi điện áp xoay chiều một pha tải  $R$  có các tham số như sau: Nguồn đầu vào có  $U_{s,rms} = 120$  V và  $f = 60$  Hz,  $R = 15 \Omega$ , góc bật của SCR  $\alpha = 88,1^\circ$ .

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

3. Xác định giá trị hiệu dụng của dòng điện nguồn.

4. Xác định giá trị trung bình và hiệu dụng của dòng điện đi qua SCR.

5. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.

6. Xác định công suất tiêu thụ trên tải.

7. Xác định hệ số công suất.

**Bài 7.2.** Bộ biến đổi điện áp xoay chiều một pha tải  $R - L$  có các tham số: Điện áp nguồn đầu vào có giá trị hiệu dụng là 120 V và  $f = 60 \text{ Hz}$ ,  $R = 20 \Omega$  và  $L = 50 \text{ mH}$ , góc bật của SCR  $\alpha = 90^\circ$ .

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

3. Xác định giá trị trung bình và hiệu dụng của dòng điện đi qua SCR.

4. Xác định giá trị trung bình và hiệu dụng của dòng điện tải.

5. Xác định công suất tiêu thụ trên tải.

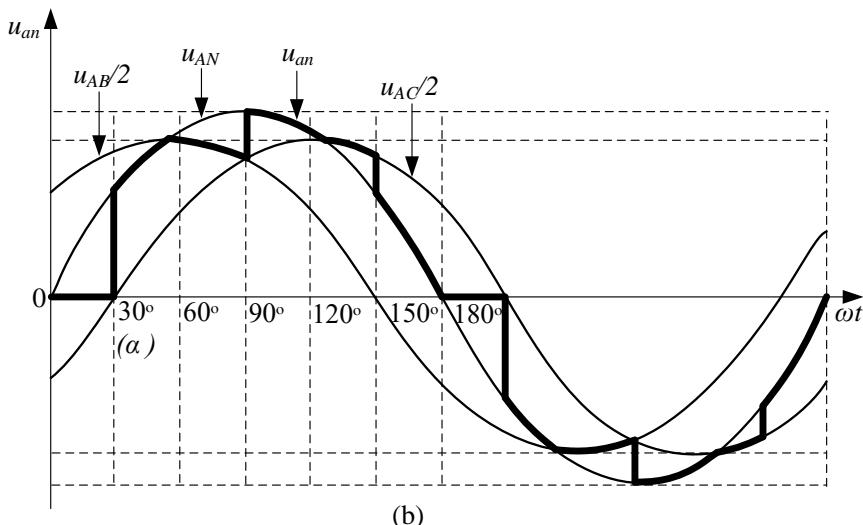
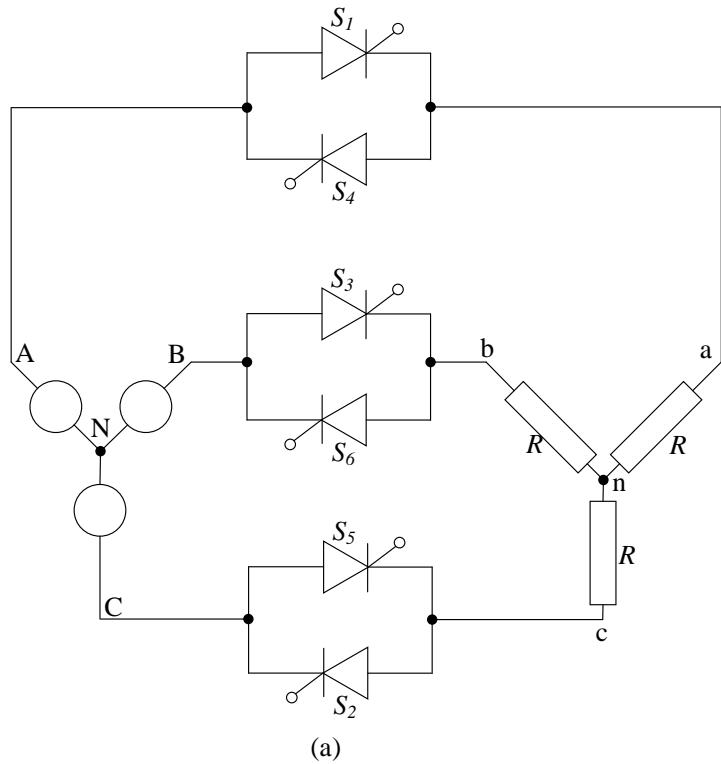
6. Xác định hệ số công suất.

### 7.3. Kết luận

## Bài 8: Bộ biến đổi điện áp xoay chiều ba pha

### 8.1. Cơ sở lý thuyết

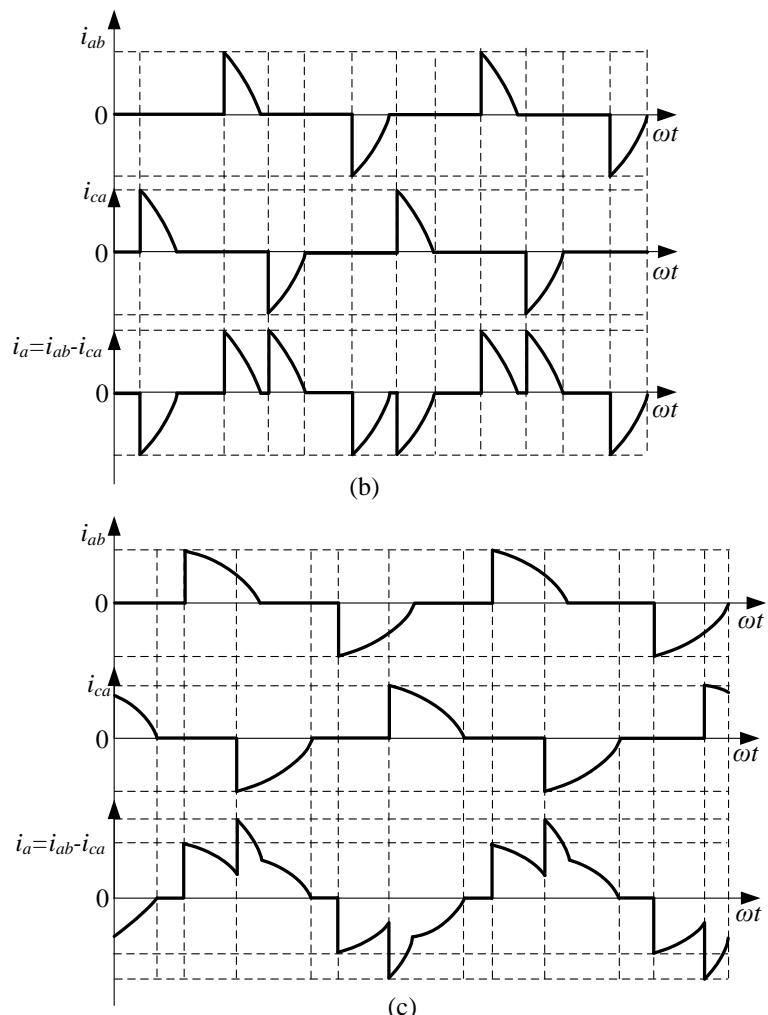
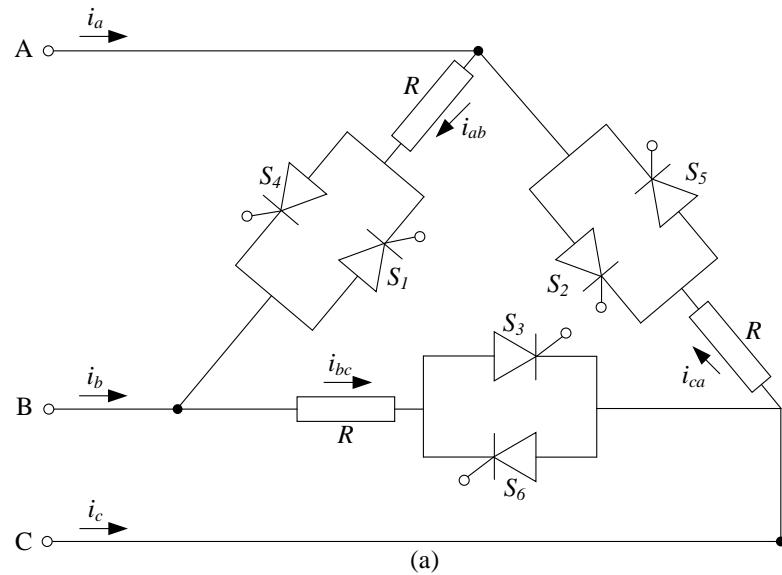
#### 8.1.1. Tải điện trở mắc theo sơ đồ hình sao



**Hình 8.1.** (a) Bộ biến đổi điện áp xoay chiều ba pha với tải điện trở mắc theo sơ đồ hình sao (Y); (b) dạng sóng điện áp tải  $u_{an}$  khi  $\alpha = 30^\circ$ .

1. Khi  $0 < \alpha < 60^\circ$ : Sẽ có hai hoặc ba SCR cùng hoạt động.
2. Khi  $60^\circ < \alpha < 90^\circ$ : Chỉ có hai van SCR cùng bật.
3. Khi  $90^\circ < \alpha < 150^\circ$ : Chỉ có hai van SCR có thể cùng bật.
4. Khi  $\alpha > 150^\circ$ : Không có SCR nào bật (điện áp tải bằng không).

### 8.1.2. Tải điện trở mắc theo sơ đồ hình tam giác



**Hình 8.2.** (a) Bộ biến đổi điện áp xoay chiều ba pha với tải điện trở mắc theo sơ đồ hình tam giác; (b) dạng sóng các dòng điện với  $\alpha = 130^\circ$ ; (c) dạng sóng các dòng điện với  $\alpha = 90^\circ$ .

Đối với  $\alpha$  có giá trị lớn, các dòng điện tam giác không trùng nhau, giá trị hiệu dụng của dòng điện dây được xác định:

$$I_{L,rms} = \sqrt{2}I_{\Delta,rms}. \quad (8.1)$$

Đối với  $\alpha$  có giá trị nhỏ, các dòng điện tam giác chồng lên nhau, giá trị hiệu dụng của dòng điện dây được xác định:

$$I_{L,rms} = \sqrt{3}I_{\Delta,rms}. \quad (8.2)$$

Phạm vi của giá trị hiệu dụng dòng điện dây phụ thuộc vào  $\alpha$ :

$$\sqrt{2}I_{\Delta,rms} \leq I_{L,rms} \leq \sqrt{3}I_{\Delta,rms}. \quad (8.3)$$

## 8.2. Các bước thực hành

**Bài 8.1.** Bộ biến đổi điện áp xoay chiều ba pha mắc theo sơ đồ hình sao, tải  $R-L$ , có các tham số: Điện áp nguồn ba pha đầu vào có giá trị hiệu dụng là 480 V và  $f = 60$  Hz,  $R = 10 \Omega$  và  $L = 30$  mH, góc bật của SCR  $\alpha = 75^\circ$ .

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

3. Xác định giá trị hiệu dụng của dòng điện dây.

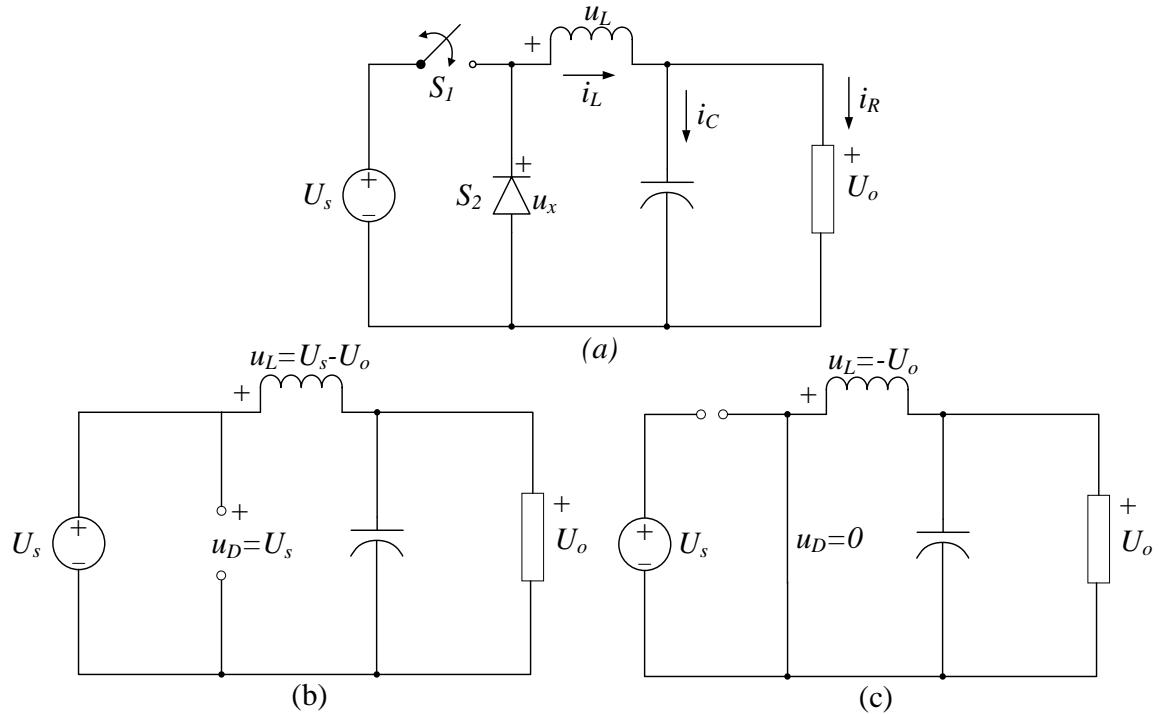
4. Xác định công suất tiêu thụ trên tải.

5. Xác định tổng biến dạng sóng hài ( $THD$ ) của dòng điện nguồn.

## 8.3. Kết luận

## Bài 9: Bộ biến đổi điện áp một chiều loại giảm áp

### 9.1. Cơ sở lý thuyết



**Hình 9.1.** (a) Bộ biến đổi giảm áp; (b) sơ đồ tương đương khi van bán dẫn bật; (c) sơ đồ tương đương khi van bán dẫn tắt.

1. Điện áp đầu ra  $U_o$

$$U_o = U_s D. \quad (9.1)$$

2. Dòng điện trong cuộn cảm  $I_L$

$$I_R = I_L = \frac{U_o}{R}. \quad (9.2)$$

$$I_{L,max} = U_o \left( \frac{1}{R} + \frac{1-D}{2Lf} \right). \quad (9.3)$$

$$I_{L,min} = U_o \left( \frac{1}{R} - \frac{1-D}{2Lf} \right). \quad (9.4)$$

3. Giá trị của cuộn cảm  $L$  để dòng điện  $i_L$  liên tục

$$L > L_{min} = \frac{(1-D)R}{2f} \quad (9.5).$$

4. Công suất tiêu thụ của tải

$$\begin{aligned}
P_s &= P_o \\
U_s I_s &= U_o I_o \\
\Rightarrow \frac{U_o}{U_s} &= \frac{I_s}{I_o}.
\end{aligned} \tag{9.6}$$

5. Độ biến thiên đỉnh-đỉnh của điện áp đầu ra

$$\Delta U_o = \frac{TU_o}{8CL}(1-D)T = \frac{U_o(1-D)}{8LCf^2}. \tag{9.7}$$

$$\frac{\Delta U_o}{U_o} = \frac{1-D}{8LCf^2}. \tag{9.8}$$

$$C = \frac{1-D}{8L(\Delta U_o/U_o)f^2}. \tag{9.9}$$

## 9.2. Các bước thực hành

**Bài 9.1.** Bộ biến đổi giảm áp như có các tham số sau:  $U_s = 50$  V;  $D = 0,4$ ;  $L = 400$   $\mu$ H;  $C = 100$   $\mu$ F;  $f = 20$  kHz;  $R = 20$   $\Omega$  (giả thiết các thành phần trong mạch là lý tưởng).

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện trên cuộn cảm  $L$ ; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị trung bình của điện áp tải.
4. Xác định giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của dòng điện trong cuộn cảm.
5. Xác định độ biến thiên đỉnh-đỉnh của điện áp đầu ra.

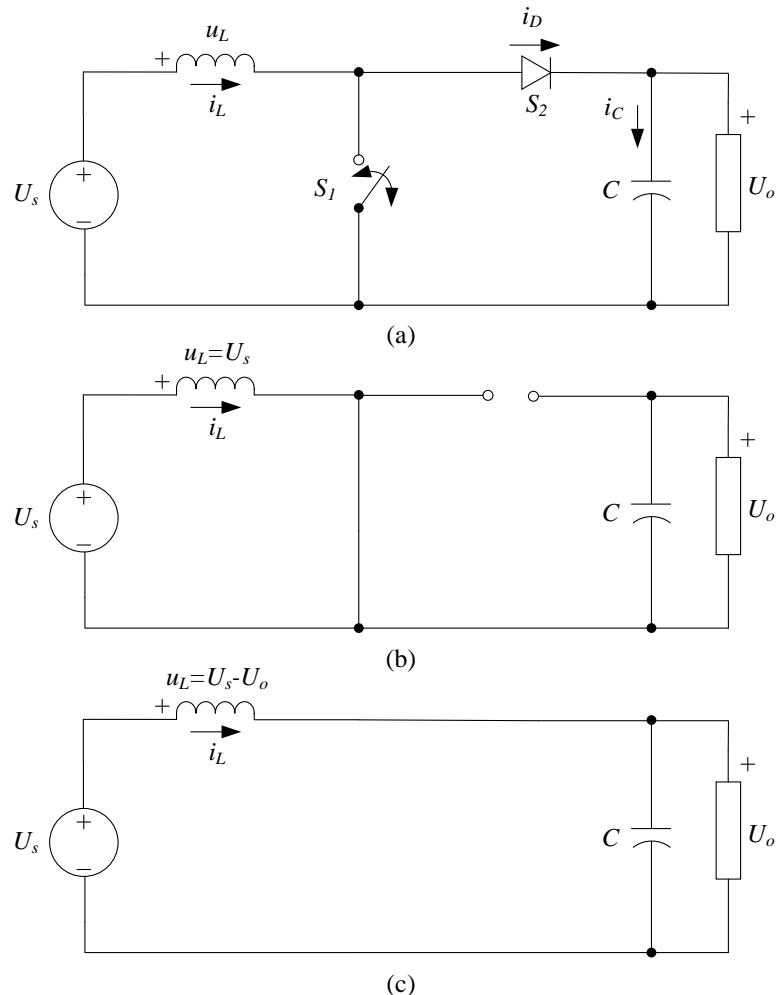
**Bài 9.2.** Thiết kế bộ biến đổi giảm áp với các yêu cầu: Nguồn đầu vào một chiều 48 V, dòng điện trên cuộn cảm là liên tục, tạo ra điện áp đầu ra 18 V trên một tải điện trở  $10 \Omega$ , độ biến thiên đỉnh-đỉnh chuẩn hoá của điện áp đầu ra không được vượt quá 0,5 % (giả thiết các thành phần trong mạch là lý tưởng).

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện trên cuộn cảm  $L$ ; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

## 9.3. Kết luận

## Bài 10: Bộ biến đổi điện áp một chiều loại tăng áp

### 10.1. Cơ sở lý thuyết



**Hình 10.1.** Bộ biến đổi tăng áp: (a) Sơ đồ mạch điện ; (b) mạch tương đương cho van  $S_1$  bật;  
 (c) mạch tương đương cho van  $S_1$  tắt.

1. Điện áp đầu ra  $U_o$

$$U_o = \frac{U_s}{1 - D}. \quad (10.1)$$

2. Dòng điện trong cuộn cảm  $I_L$

$$I_L = \frac{U_s}{(1 - D)^2 R} = \frac{U_o^2}{U_s R} = \frac{U_o I_o}{U_s}. \quad (10.2)$$

$$I_{L,max} = \frac{U_s}{(1 - D)^2 R} + \frac{U_s D T}{2L}. \quad (10.3)$$

$$I_{L,min} = \frac{U_s}{(1 - D)^2 R} - \frac{U_s D T}{2L}. \quad (10.4)$$

3. Giá trị của cuộn cảm  $L$  để dòng điện  $i_L$  liên tục

$$L > L_{min} = \frac{D(1-D)^2 R}{2f} \quad (10.5).$$

4. Độ biến thiên đỉnh-đỉnh của điện áp đầu ra

$$\Delta U_o = \frac{U_o D T}{R C} = \frac{U_o D}{R C f} \quad (10.6)$$

$$\frac{\Delta U_o}{U_o} = \frac{D}{R C f}. \quad (10.7)$$

$$C = \frac{D}{R(\Delta U_o / U_o) f}. \quad (10.8)$$

## 10.2. Các bước thực hành

**Bài 10.1.** Bộ biến đổi tăng áp như có các tham số sau:  $U_s = 12$  V;  $D = 0,6$ ;  $L = 120$   $\mu$ H;  $C = 100$   $\mu$ F;  $f = 25$  kHz;  $R = 50$   $\Omega$  (giả thiết các thành phần trong mạch là lý tưởng).

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện trên cuộn cảm  $L$ ; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị trung bình của điện áp tải.
4. Xác định giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của dòng điện trong cuộn cảm.
5. Xác định độ biến thiên đỉnh-đỉnh của điện áp đầu ra.

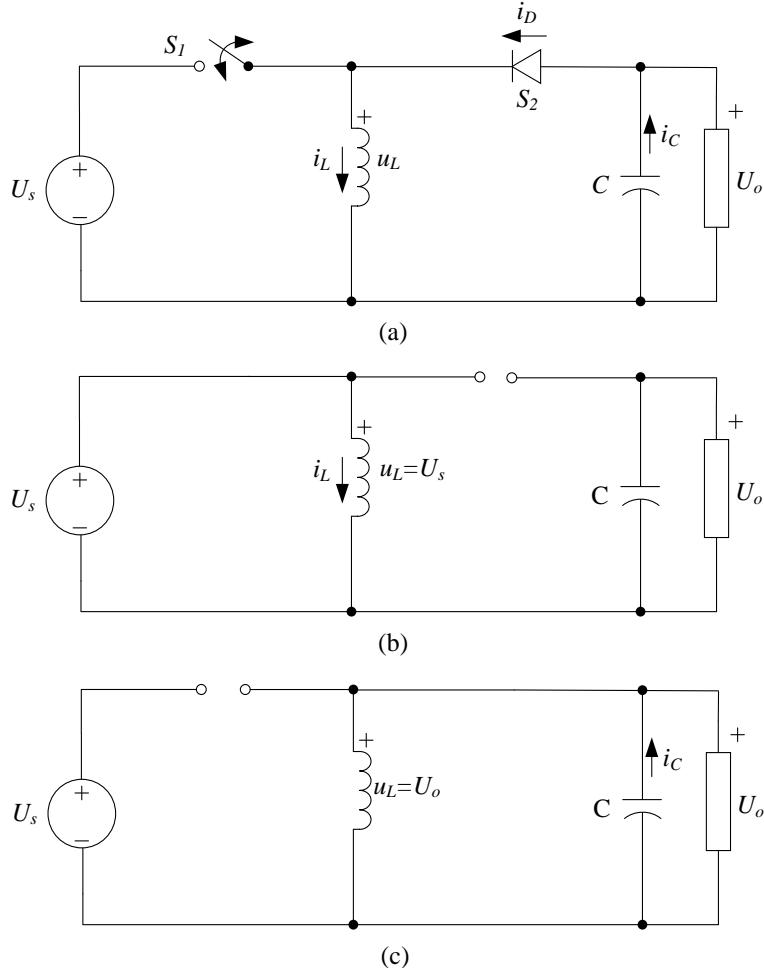
**Bài 10.2.** Thiết kế bộ biến đổi tăng áp có giá trị trung bình của điện áp đầu ra là 100 V từ nguồn một chiều 30 V. Tải là điện trở  $50$   $\Omega$  (giả sử các thành phần lý tưởng cho thiết kế này). Hãy thiết kế sao cho dòng điện trong cuộn cảm là liên tục và độ gợn sóng đỉnh-đỉnh chuẩn hoá của điện áp đầu ra nhỏ hơn 1 %.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện trên cuộn cảm  $L$ ; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

## 10.3. Kết luận

## Bài 11: Bộ biến đổi điện áp một chiều loại tăng-giảm áp

### 11.1. Cơ sở lý thuyết



**Hình 11.1.** Bộ biến đổi tăng-giảm áp: (a) Sơ đồ mạch điện; (b) mạch tương đương khi van  $S_1$  bật; (c) mạch tương đương khi van  $S_1$  tắt.

1. Điện áp đầu ra  $U_o$

$$U_o = -U_s \frac{D}{(1-D)}. \quad (11.1)$$

2. Dòng điện trong cuộn cảm  $I_L$

$$I_L = \frac{U_o^2}{U_s RD} = \frac{P_o}{U_s D} = \frac{U_s D}{R(1-D)^2}. \quad (11.2)$$

$$I_{L,max} = \frac{U_s D}{R(1-D)^2} + \frac{U_s D T}{2L}. \quad (11.3)$$

$$I_{L,min} = \frac{U_s D}{R(1-D)^2} - \frac{U_s D T}{2L}. \quad (11.4)$$

3. Giá trị của cuộn cảm  $L$  để dòng điện  $i_L$  liên tục

$$L > L_{min} = \frac{(1 - D)^2 R}{2f}. \quad (11.5)$$

4. Độ biến thiên đỉnh-đỉnh của điện áp đầu ra

$$\Delta U_o = \frac{U_o D T}{R C} = \frac{U_o D}{R C f}$$

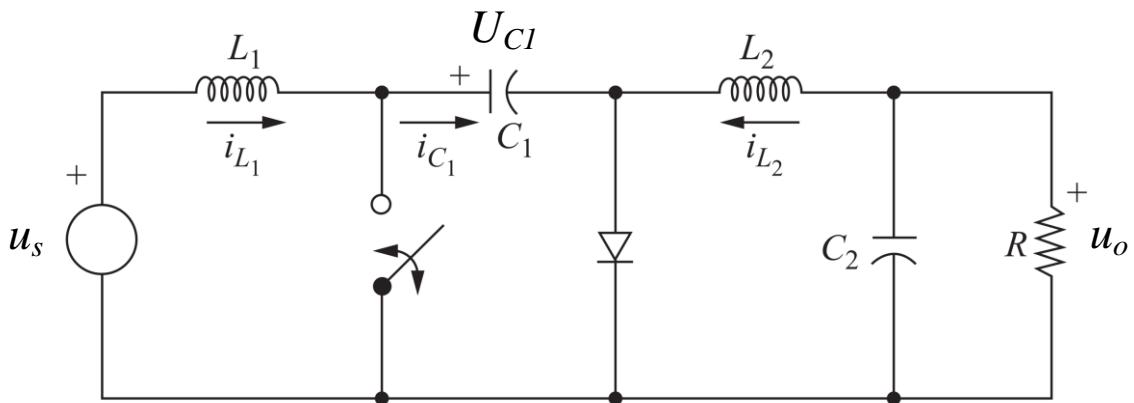
$$\frac{\Delta U_o}{U_o} = \frac{D}{R C f}. \quad (11.6)$$

## 11.2. Các bước thực hành

**Bài 11.1.** Cho sơ đồ mạch bộ biến đổi tăng-giảm áp với các tham số của mạch như sau:  $U_s = 24$  V;  $D = 0,4$ ;  $R = 5 \Omega$ ;  $L = 20 \mu\text{H}$ ;  $C = 80 \mu\text{F}$ ;  $f = 100$  kHz (giả thiết các thành phần trong mạch là lý tưởng).

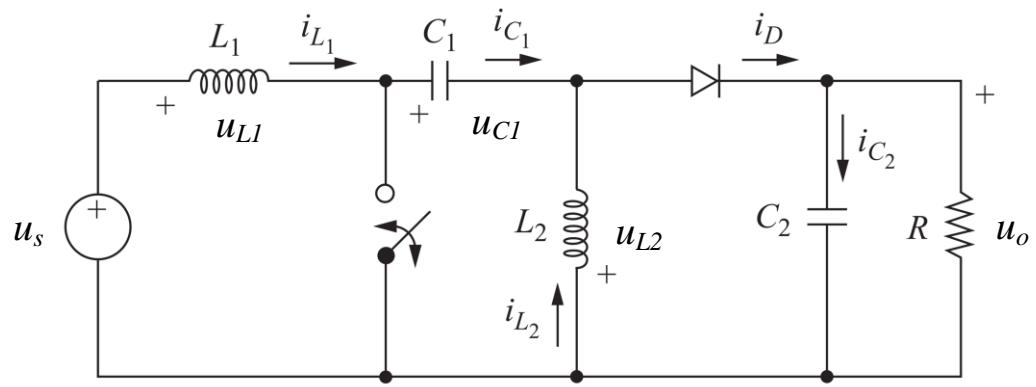
1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện trên cuộn cảm  $L$ ; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị trung bình của điện áp tải.
4. Xác định giá trị trung bình, giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của dòng điện trong cuộn cảm.
5. Xác định độ biến thiên đỉnh-đỉnh của điện áp đầu ra.

**Bài 11.2.** Thiết kế bộ biến đổi điện áp một chiều Cuk theo sơ đồ sau:



1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Xác định giá trị trung bình của điện áp đầu ra. Cho biết mối quan hệ giữa giá trị này với giá trị điện áp đầu vào?

**Bài 11.3.** Thiết kế bộ biến đổi điện áp một chiều sơ cấp đơn theo sơ đồ sau:



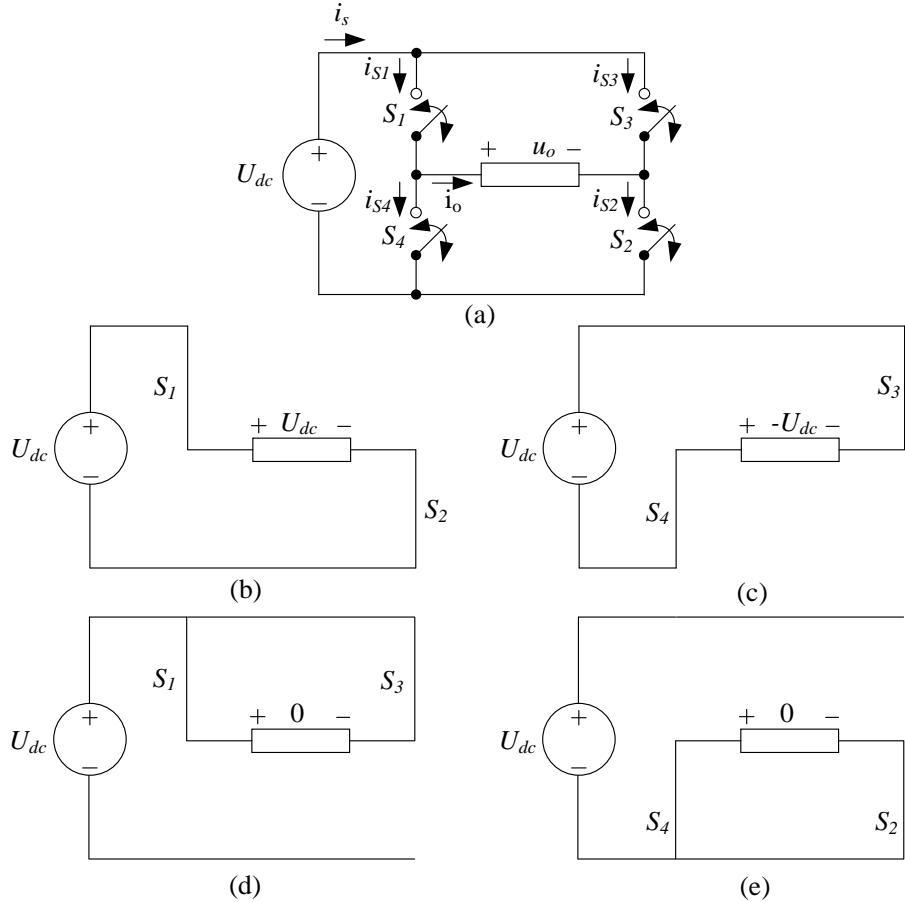
1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Xác định giá trị trung bình của điện áp đầu ra. Cho biết mối quan hệ giữa giá trị này với giá trị điện áp đầu vào?

### 11.3. Kết luận

## Bài 12: Bộ biến tần

### 12.1. Cơ sở lý thuyết

#### 12.1.1. Bộ biến tần dạng cầu tạo điện áp xung vuông



**Hình 12.1.** (a) Bộ biến tần dạng cầu; (b)  $S_1$  và  $S_2$  bật; (c)  $S_3$  và  $S_4$  bật; (d)  $S_1$  và  $S_3$  bật; (e)  $S_2$  và  $S_4$  bật.

#### 1. Điện áp tải

$$u_o(t) = \begin{cases} U_{dc} & \text{nếu } 0 \leq t \leq \frac{T}{2} \\ -U_{dc} & \text{nếu } \frac{T}{2} \leq t \leq T \end{cases}$$

#### 2. Dòng điện tải

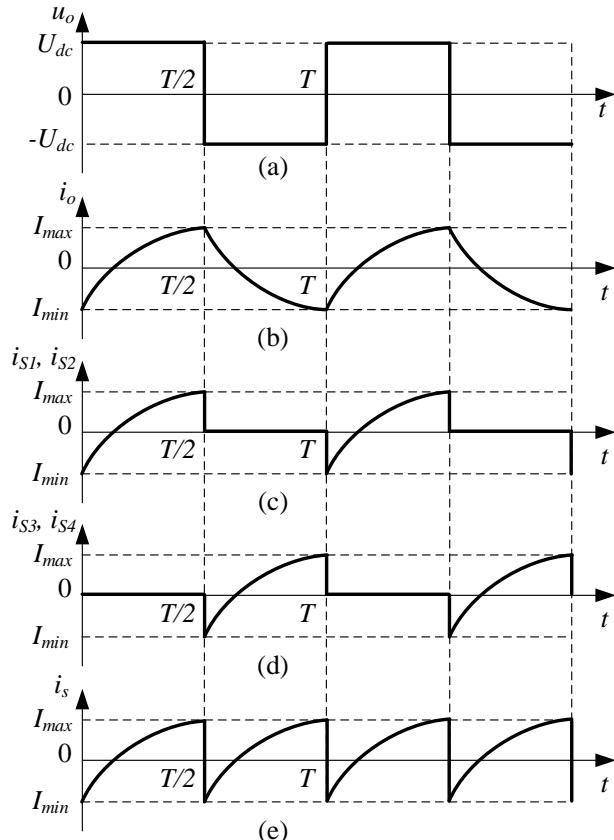
$$i_o(t) = \begin{cases} \frac{U_{dc}}{R} + \left( I_{min} - \frac{U_{dc}}{R} \right) e^{-t/\tau} & \text{nếu } 0 \leq t \leq \frac{T}{2} \\ \frac{-U_{dc}}{R} + \left( I_{max} + \frac{U_{dc}}{R} \right) e^{-(t-T/2)/\tau} & \text{nếu } \frac{T}{2} \leq t \leq T \end{cases} \quad (12.1)$$

$$I_{max} = -I_{min} = \frac{U_{dc}}{R} \left( \frac{1 - e^{-T/2\tau}}{1 + e^{-T/2\tau}} \right). \quad (12.2)$$

### 3. Công suất bị tiêu thụ trên tải

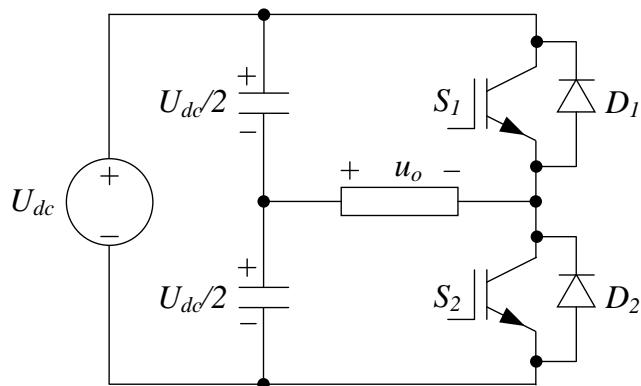
$$P = I_{o,rms}^2 R \text{ với:}$$

$$I_{o,rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i_o^2(t) dt} = \sqrt{\frac{2}{T} \int_0^{T/2} \left[ \frac{U_{dc}}{R} + \left( I_{min} - \frac{U_{dc}}{R} \right) e^{-t/\tau} \right]^2 dt}. \quad (12.3)$$



**Hình 12.2.** Dạng sóng của điện áp đầu ra và dạng sóng của các dòng điện ở trạng thái ổn định đối với tải  $R-L$ .

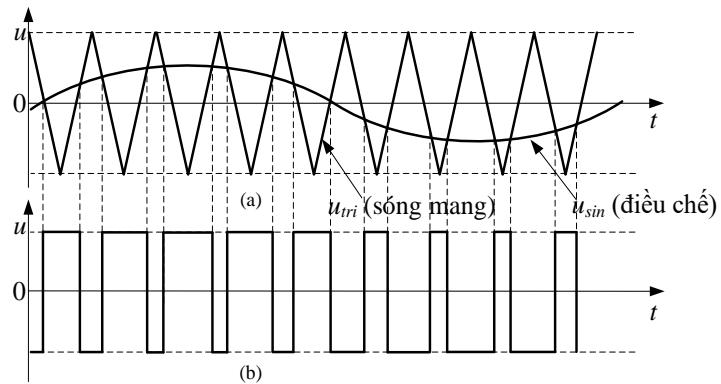
#### 12.1.2. BỘ BIẾN TẦN DẠNG BÁN CẦU



**Hình 12.3.** Bộ biến tần dạng bán cầu.

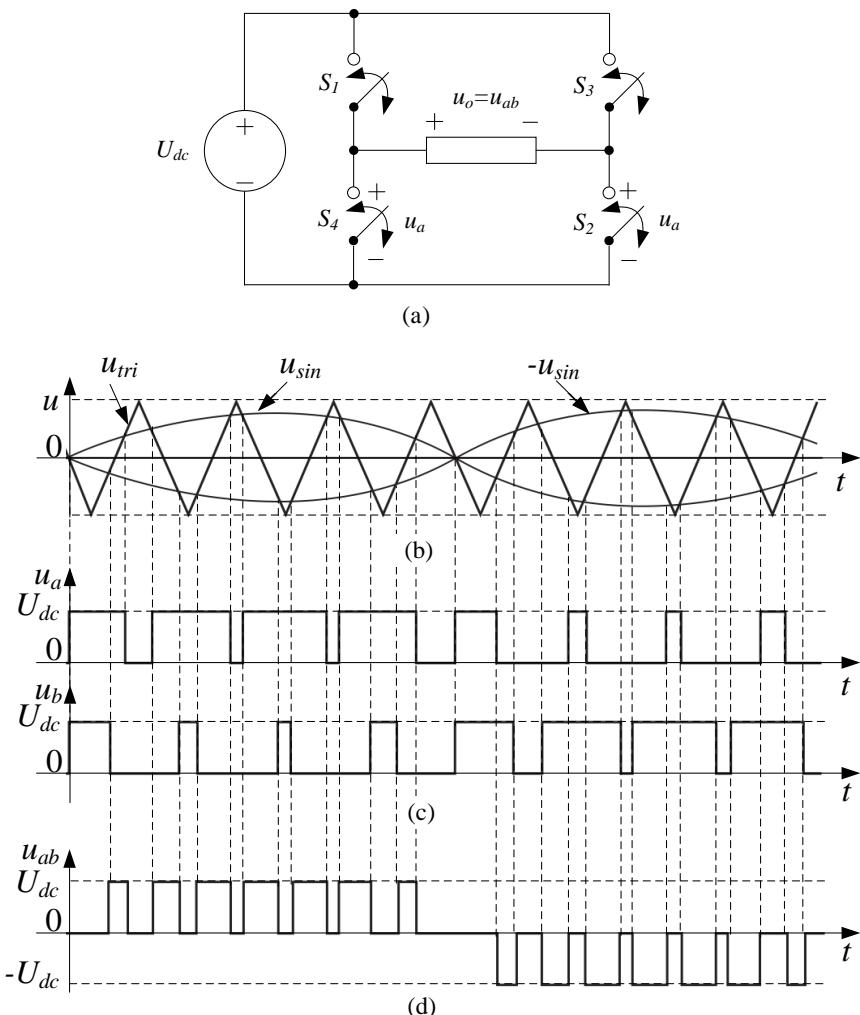
### 12.1.3. Phương pháp điều chế độ rộng xung

#### 1. Điều chế độ rộng xung lưỡng cực

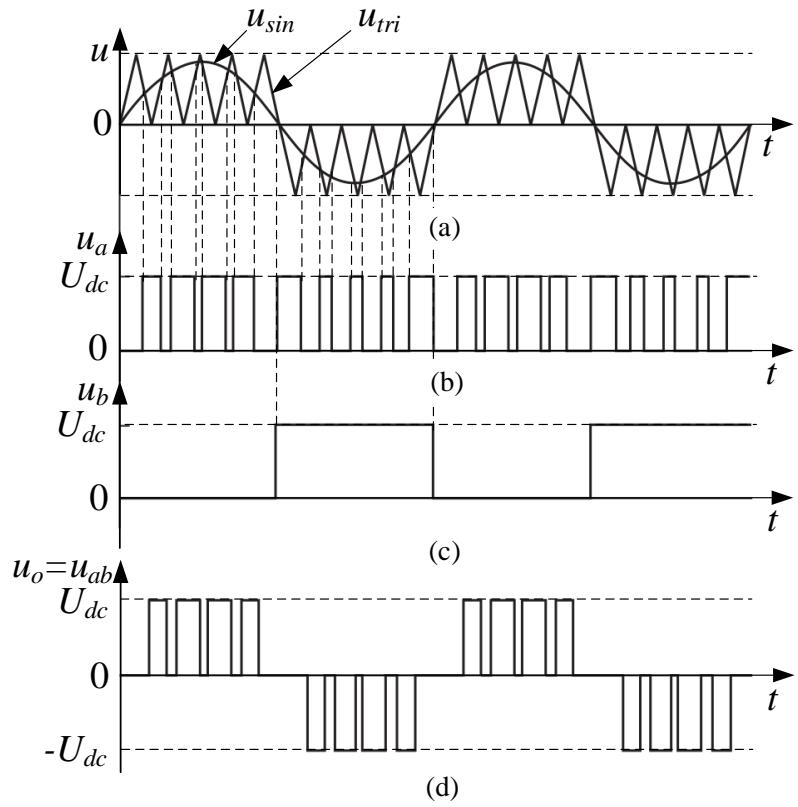


**Hình 12.4.** Điều chế độ rộng xung lưỡng cực: (a) tín hiệu sóng mang và tín hiệu điều chế ; (b) đầu ra là  $U_{dc}$  khi  $u_{sin} > u_{tri}$  và  $-U_{dc}$  khi  $u_{sin} < u_{tri}$ .

#### 2. Điều chế độ rộng xung đơn cực

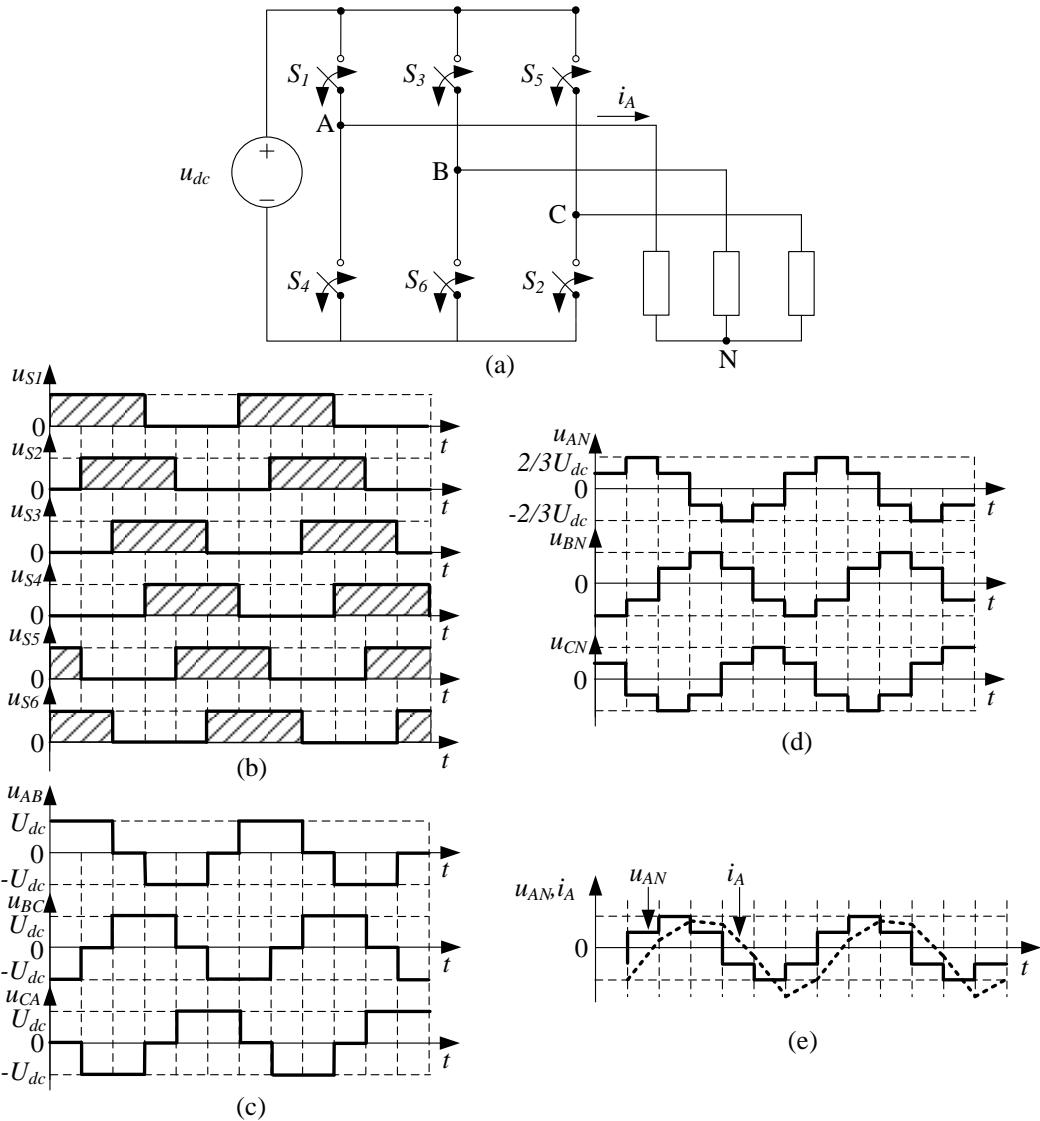


**Hình 12.5.** (a) Bộ biến tần dạng cầu sử dụng điều chế độ rộng xung đơn cực; (b) tín hiệu điều chế và tín hiệu sóng mang; (c) điện áp  $u_a$  và  $u_b$  ; (d) điện áp đầu ra.



**Hình 12.6.** Điều chế độ rộng xung đơn cực với các van tần số cao và tần số thấp: (a) Các tín hiệu sóng mang và điều chế; (b)  $u_a$ ; (c)  $u_b$ ; (d) đầu ra  $u_a - u_b$ .

#### 12.1.4. Bộ biến tần ba pha sáu mức



**Hình 12.7.** (a) Bộ biến tần ba pha; (b) chuyển mạch cho 6 bước đầu ra; (c) điện áp dây đầu ra; (d) điện áp pha đầu ra cho sơ đồ đầu tải hình sao; (e) dòng điện pha A cho tải  $R-L$ .

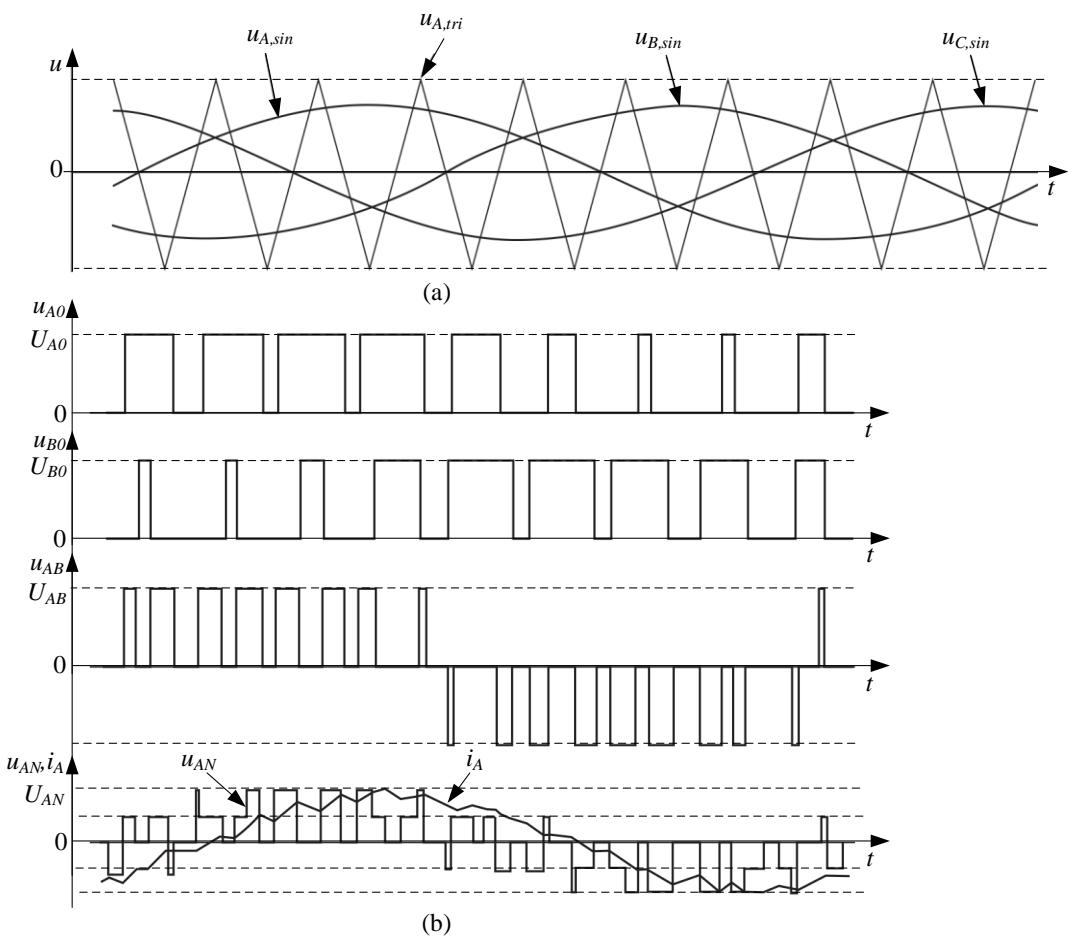
Điện áp đầu ra của tải được mắc theo sơ đồ hình sao không có dây trung tính thì có hệ số Fourier như sau:

$$U_{n,\text{dây}} = \left| \frac{4U_{dc}}{n\pi} \cos\left(n\frac{\pi}{6}\right) \right|,$$

$$U_{n,\text{pha}} = \left| \frac{2U_{dc}}{3n\pi} \left[ 2 + \cos\left(n\frac{\pi}{3}\right) - \cos\left(n\frac{2\pi}{3}\right) \right] \right|, n = 1, 3, 5, 7, 11, 13, \dots, \quad (12.1)$$

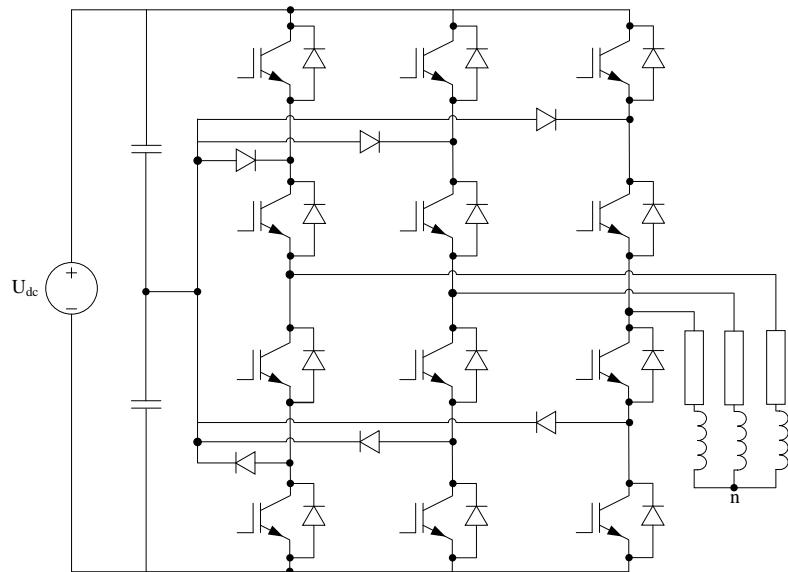
trong đó  $U_{n,\text{dây}}$  là điện áp dây,  $U_{n,\text{pha}}$  là điện áp pha.

### 12.1.5. Bộ biến tần ba pha điều chế độ rộng xung



**Hình 12.8.** (a) Tín hiệu điều chế và sóng mang cho điều chế độ rộng xung với  $m_f = 9$  và  $m_a = 0,7$  đối với bộ biến tần ba pha ở Hình 7.19a; (b) các dạng sóng đầu ra với tải  $R-L$ .

#### 12.1.6. Bộ biến tần ba pha nhiều mức



**Hình 12.9.** Bộ biến tần ba pha nhiều mức sử dụng diode.

## 12.2. Các bước thực hành

**Bài 12.1.** Bộ biến tần dạng cầu tạo điện áp xung vuông với tải  $R-L$  nối tiếp. Tần số chuyển mạch là 60 Hz,  $U_{dc} = 100$  V,  $R = 10 \Omega$ ,  $L = 25$  mH.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.
4. Xác định giá trị trung bình của dòng điện nguồn.
5. Xác định công suất bị tiêu thụ bởi tải.
6. Xác định biên độ của các số hạng của chuỗi Fourier đối với điện áp tải và dòng điện tải, sau đó điền vào bảng sau và tính toán kết quả:

$n$	$f_n$ (Hz)	$U_{o,n}$ (V)	$Z_n$ ( $\Omega$ )	$I_{o,n}$ (A)	$P_n$ (W)

Tính toán công suất tiêu thụ trên tải bằng công thức:  $P = \sum P_n$ . So sánh với kết quả ở bước 5. Nhận xét.

7. Xác định tổng biến dạng sóng hài của dòng điện tải và điện áp tải.
- Bài 12.2.** Bộ biến tần dạng bán cầu với tải  $R-L$  nối tiếp. Tần số chuyển mạch là 60 Hz,  $U_{dc} = 100$  V,  $R = 10 \Omega$ ,  $L = 25$  mH,  $C_1 = C_2 = 10000 \mu\text{F}$ .

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy? So sánh dạng sóng dòng điện tải và điện áp tải so với bộ biến tần dạng cầu.
3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.
4. Xác định giá trị trung bình của dòng điện nguồn.
5. Xác định công suất bị tiêu thụ bởi tải.

**Bài 12.3.** Bộ biến tần dạng cầu được sử dụng để tạo ra điện áp xoay chiều trên tải  $R-L$  bằng phương pháp điều chế độ rộng xung lưỡng cực. Các tham số như sau: Tải  $R-L$  với  $R = 10 \Omega$ ,  $L = 20 \text{ mH}$ ; điện áp nguồn một chiều đầu vào  $100 \text{ V}$ ; điện áp xoay chiều ở đầu ra có tần số  $60 \text{ Hz}$ ; tỷ số điều chế biên độ  $m_a = 0,8$ ; tỷ số điều chế tần số  $m_f = 21$ .

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của tín hiệu điều chế, tín hiệu sóng mang, tín hiệu điều khiển. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
4. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.
5. Xác định giá trị trung bình của dòng điện nguồn.
6. Xác định công suất bị tiêu thụ bởi tải.
6. Xác định biên độ của các số hạng của chuỗi Fourier đối với điện áp tải và dòng điện tải, sau đó điền vào bảng sau và tính toán kết quả:

$n$	$f_n (\text{Hz})$	$U_{o,n} (\text{V})$	$Z_n (\Omega)$	$I_{o,n} (\text{A})$	$P_n (\text{W})$

Tính toán công suất tiêu thụ trên tải bằng công thức:  $P = \sum P_n$ . So sánh với kết quả ở bước 6. Nhận xét.

7. Xác định tổng biến dạng sóng hài của dòng điện tải và điện áp tải.
- Bài 12.4.** Bộ biến tần dạng cầu được sử dụng để tạo ra điện áp xoay chiều trên tải  $R-L$  bằng phương pháp điều chế độ rộng xung đơn cực. Các tham số như sau: Tải  $R-L$  với  $R = 1 \Omega$ ,  $L = 2,65 \text{ mH}$ ; điện áp nguồn một chiều là  $100 \text{ V}$ ; biên độ của điện áp có tần số  $60 \text{ Hz}$  là  $90 \text{ V}$ , tỷ số điều chế biên độ  $m_a = 0,9$ ; tỷ số điều chế tần số  $m_f = 10$ . Thực hiện các bước thực hành như Bài 12.3.

**Bài 12.5.** Bộ biến tần ba pha sáu mức với các tham số: Điện áp một chiều đầu vào là  $100 \text{ V}$ , tần số cơ bản đầu ra là  $60 \text{ Hz}$ , tải được mắc hình sao không có dây trung tính với mỗi pha có tải  $R-L$ ,  $R = 10 \Omega$  và  $L = 20 \text{ mH}$ .

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.
4. Xác định tổng biến dạng sóng hài của dòng điện tải và điện áp tải.

### **12.3. Kết luận**

# **HƯỚNG DẪN BÁO CÁO VÀ ĐÁNH GIÁ THỰC HÀNH**

Sau khi hoàn thành phần thực hành, mỗi sinh viên nộp 01 quyển báo cáo thực hành và báo cáo trực tiếp trước giảng viên hướng dẫn thông qua quyển báo cáo đó. Tùy thuộc vào mức độ hoàn thành, kết quả của phần thực hành sẽ được quyết định bởi giảng viên hướng dẫn.

## **1.1. Hướng dẫn cho phần báo cáo thực hành**

### **1.1.1. Cấu trúc của bản in quyển báo cáo thực hành**

- Trang bìa (*theo quy định và mẫu ở Mục 1.1.3*);
- Mục lục (*1 trang*);
- Mở đầu (*1 trang*);
- Nội dung các bài thực hành (*theo quy định và mẫu ở Mục 1.1.2*)
- Kết luận (*1 trang*)
- Tài liệu tham khảo (*xem quy định và mẫu ở Mục 1.1.4*);
- Phụ lục (*Nếu có*).

### **1.1.2. Thể thực trình bày nội dung quyển báo cáo thực hành**

#### **BÀI THỰC HÀNH SỐ 1.**

#### **BỘ CHỈNH LƯU MỘT PHA KHÔNG ĐIỀU KHIỂN**

##### **1.1. Mục tiêu**

##### **1.2. Nội dung thực hành**

##### **1.3. Các bước thực hành**

###### **1.3.1. Cài đặt và kết nối**

a).

b)

...

##### **1.4. Câu hỏi ôn tập**

##### **Kết luận bài thực hành số 1**

...

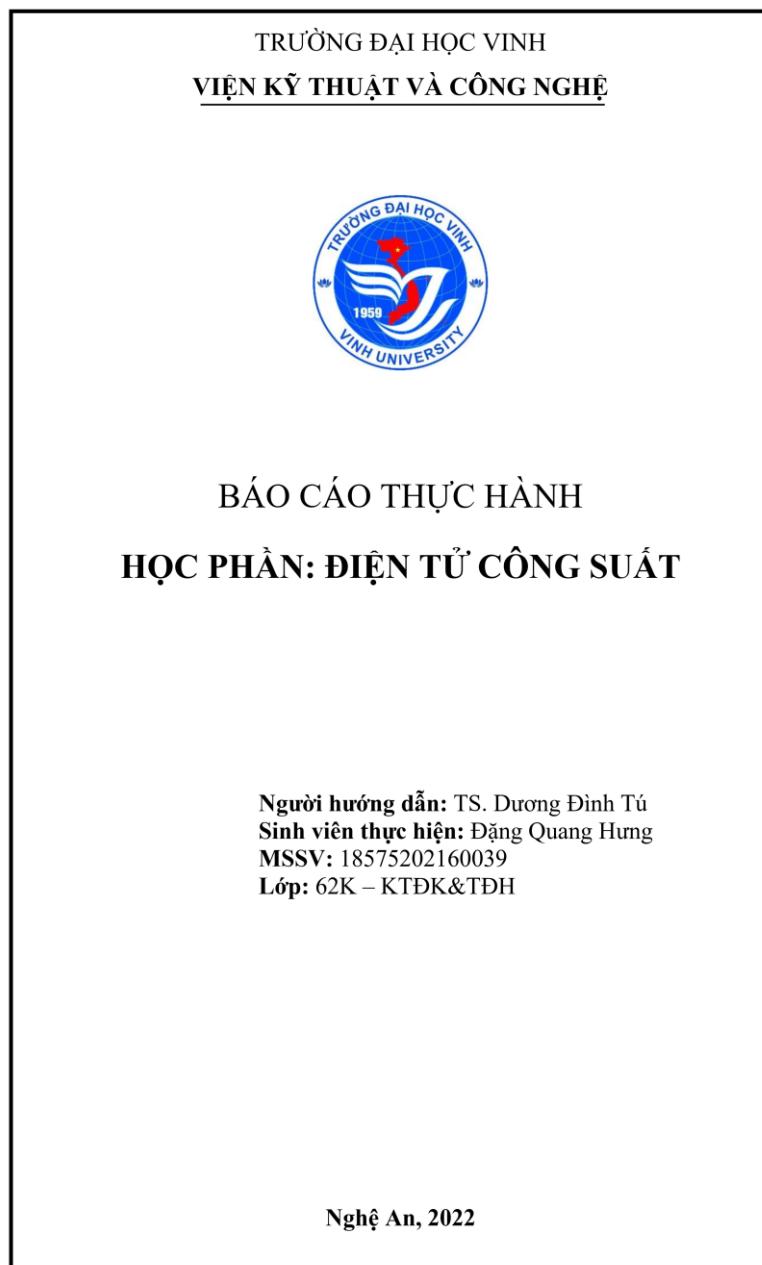
##### **KẾT LUẬN**

##### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

##### **PHỤ LỤC**

- Báo cáo thực hành được in và đóng quyển bằng bìa thường, màu xanh lam;
- Khổ giấy A4, đứng, có thể để chế độ khổ giấy ngang cho bảng, biểu, đồ thị ... nếu cần;
  - Số trang từ 30 - 40 trang (*chỉ tính từ phần mở đầu tới phần kết luận*);
  - Số trang đánh bên dưới, ở giữa trang, không để Header và Footer;
  - Căn lề: Trên và dưới 20 (mm); trái 30 (mm); phải 20 (mm);
  - Font chữ Unicode, kiểu chữ Times New Roman, cỡ chữ 14, giãn dòng 1.5;
  - Bảng, đồ thị, hình vẽ đánh số thứ tự theo chương. Ví dụ: *Hình 5.1 là hình số 1 của chương 5*;
  - Cách đánh số bài, mục trong báo cáo thực hành theo mẫu ở trên.

### **1.1.3. Quy định trình bày trang bìa**



**Hình 1.1.** Mẫu trang bìa quyển báo cáo thực hành.

- Font chữ Unicode, kiểu chữ Times New Roman, cỡ chữ tuỳ tiêu đề;

TRƯỜNG ĐẠI HỌC VINH (*cỡ chữ 14, in hoa*)

VIỆN KỸ THUẬT VÀ CÔNG NGHỆ (*Cỡ chữ 14, in hoa, đậm*)

BÁO CÁO THỰC HÀNH (*cỡ chữ 20, in hoa*)

HỌC PHẦN: ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT (*cỡ chữ 20, in hoa, đậm*)

**Giảng viên hướng dẫn:** (Ghi học vị, chức danh khoa học trước tên. Ví dụ: GS.TS. Nguyễn Văn A) (*cỡ chữ 14, in thường*)

**Sinh viên thực hiện:** Lê Thế B (*Cỡ chữ 14, in thường*)

MSSV: (*Cỡ chữ 14, theo mẫu MSSV của Nhà trường*)

Lớp: 62K-KTĐK&TĐH (*Cỡ chữ 14, in hoa*)

NGHỆ AN, 2022 (*cỡ chữ 14, in hoa*)

Mẫu trang bìa được trình bày ở Hình 1.1.

#### 1.1.4. Hướng dẫn về xếp danh mục tài liệu tham khảo

- Sắp xếp theo loại ngôn ngữ (theo thứ tự Việt, Anh, Nga ...). Tên tài liệu tham khảo tiếng nước ngoài ghi nguyên văn theo tiếng đó.

- Sắp xếp theo họ, tên tác giả: Xếp thứ tự A,B,C theo tên (không đảo tên trước họ) đối với tác giả Việt Nam; hoặc xếp thứ tự A,B,C theo họ đối với tác giả nước ngoài.

- Trình tự ghi thông tin tài liệu tham khảo:

+ Nếu tài liệu tham khảo là sách, luận án, báo cáo: Ghi đầy đủ: Tên các tác giả hoặc cơ quan ban hành, Tên sách, luận án, báo cáo (in nghiêng), Nhà xuất bản, Nơi xuất bản, Năm xuất bản. Ví dụ:

1. Vũ Quang Hồi, *Trang bị điện - điện tử các máy công nghiệp dùng chung*, NXB khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 2011.

+ Nếu tài liệu tham khảo là bài báo trong tạp chí, bài trong một cuốn sách ... cần ghi các thông tin: Tên các tác giả, Tên bài báo (“đặt trong ngoặc kép không in nghiêng”), Tên tạp chí hoặc tên sách (in nghiêng), Tập (không có dấu ngăn cách), số, năm xuất bản, các số trang. Ví dụ:

2. Lê Bá Dũng, “Thiết kế bộ điều khiển tự chỉnh PID”, *Tuyển tập Hội nghị toàn quốc lần thứ II về tự động hóa (VICA 2)*, Hà Nội, tr. 98-106.

+ Nếu tài liệu tham khảo là các trang trên Internet: cần ghi đúng tên tác giả, địa chỉ Website, thời gian truy cập địa chỉ đó. Ví dụ:

3. John Weley, *Power Electronics*, <http://embeddedsystem.com>, truy cập ngày 10/01/2021.

## 1.2. Rubric đánh giá bài báo cáo thực hành

Tiêu chí đánh giá	Mức độ đánh giá					Trọng số
	A (8.5-10)	B (7.0-8.4)	C (5.5-6.9)	D (4.0-5.4)	F (0-3.9)	
	Hoàn thành đầy đủ các yêu cầu của bài thực hành, chất lượng tốt, hình thức trình bày tốt, giải quyết các câu hỏi rõ ràng, có tính sáng tạo.	Hoàn thành đầy đủ các yêu cầu của bài thực hành, chất lượng tốt, hình thức trình bày tốt.	Hoàn thành đầy đủ các yêu cầu đề ra, chất lượng tốt.	Hoàn thành đầy đủ các yêu cầu đề ra.	Không hoàn thành nội dung thực hành.	
<b>Nội dung báo cáo</b>						50%
<b>Trình bày báo cáo thực hành</b>	Trình bày đầy đủ, mạch lạc nội dung thực hiện, phân công nhiệm vụ trình bày cho các thành viên.	Trình bày đầy đủ, mạch lạc nội dung thực hiện.	Trình bày đầy đủ nội dung thực hiện.	Trình bày không đầy đủ nội dung thực hiện.	Không trình bày được kết quả thực hiện.	30%
<b>Trả lời câu hỏi của giảng viên</b>	Trả lời đầy đủ, chính xác các câu hỏi.	Trả lời chính xác 3/4 các câu hỏi.	Trả lời chính xác 1/2 các câu hỏi.	Trả lời chính xác 1/4 các câu hỏi.	Không trả lời được các câu hỏi.	20%

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Võ Minh Chính (Chủ biên), Phạm Quốc Hải, Trần Trọng Minh, *Điện tử công suất*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2004.
2. Lê Văn Doanh, Nguyễn Thé Công, Trần Văn Thịnh, *Điện tử công suất: Lý thuyết – Thiết kế - Ứng dụng, Tập 1*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2006.
3. Trần Xuân Minh, Đỗ Trung Hải, *Điện tử công suất*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2016.
4. Daniel W. Hart, *Power Electronics*, Tata McGraw-Hill, 2011.
5. Muhammad H. Rashid, *Power Electronics Handbook*, Elsevier, Inc, 2018.
6. Muhammad H. Rashid, Narendra Kumar, Ashish R. Kulkarni, *Power Electronics: Devices, circuits, and applications*, Fourth Edition, Pearson, 2014.
7. Issa Batarseh, Ahmad Harb, *Power Electronics: Circuit Analysis and Design, Second Edition*, Springer International Publishing AG, 2018.
8. Robert W. Erickson, Dragan Maksimovic, *Fundamentals of Power Electronics, Third Edition*, Springer Nature Switzerland AG, 2020.
9. Yuriy Rozanov, Sergey Ryvkin, Evgeny Chaplygin, Pavel Voronin, *Power Electronics Basics: Operating Principles, Design, Formulas, and Applications*, Taylor and Francis Group, LLC, 2016.
10. Stefanos N. Manias, *Power Electronics and Motor Drive Systems*, Elsevier, Inc, 2017.
11. Fang Lin Luo, Hong Ye, *Power Electronics: Advanced Conversion Technologies, Second Edition*, Taylor & Francis Group, LLC, 2018.
12. Festo Didactic, *Power Electronics Training System, LabVolt Series*, Festo Didactic Ltée/Ltd, Quebec, Canada 2011.
13. Festo Didactic, *Single-Phase AC Power Electronics, Student Manual*, Festo Didactic Ltée/Ltd, Quebec, Canada 2011.
14. Festo Didactic, *Three-Phase AC Power Electronicss, Student Manual*, Festo Didactic Ltée/Ltd, Quebec, Canada 2011.
15. Festo Didactic, *Thyristor Power Electronics, Student Manual*, Festo Didactic Ltée/Ltd, Quebec, Canada 2011.
16. Festo Didactic, *DC Power Electronics, Student Manual*, Festo Didactic Ltée/Ltd, Quebec, Canada 2011.