



NGHIÊN CỨU, CHẾ TẠO THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM CÁC MẠCH CHỈNH LƯU KHÔNG VÀ CÓ ĐIỀU KHIỂN VỚI MẠCH MỘT PHA VÀ BA PHA

Nguyễn Viết Ngự, Nguyễn Đình Hùng
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 12/10/2017

Ngày phân biên đánh giá và sửa chữa: 10/11/2017

Ngày bài báo được xét duyệt đăng: 19/11/2017

Tóm tắt:

Các ứng dụng của điện tử công suất được sử dụng phổ biến trong nhiều lĩnh vực như đào tạo, công nghiệp, viễn thông, ...vv. Hiện nay thiết bị đào tạo, nghiên cứu về lĩnh vực điện tử công suất của khoa Điện-Điện tử, trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên được trang bị chủ yếu là thiết bị của dự án có giá thành rất cao, số lượng thiết bị còn hạn chế không đáp ứng đủ mục tiêu đào tạo và nghiên cứu của Khoa. Sản phẩm nghiên cứu của bài báo có chất lượng tương đương như sản phẩm của dự án, nhưng lại có giá thành rẻ hơn rất nhiều, góp phần làm tăng số lượng thiết bị để phục vụ trong đào tạo và nghiên cứu khoa học của Khoa.

Từ khóa: Điện tử công suất, Một pha, Ba pha.

1. Mở đầu

Hiện nay trên thế giới với nền tảng khoa học công nghệ và giáo dục phát triển rất mạnh, nên đã có rất nhiều các công ty, tập đoàn như Lucas-nulle của Đức; Edipon của Tây Ban Nha... tham gia sản xuất các thiết bị giáo dục nói chung, thiết bị dạy nghề và nghiên cứu ứng dụng nói riêng. Trong đó phải kể đến lĩnh vực điện tử công suất, đây là một lĩnh vực được khai thác và sử dụng mạnh mẽ trong những thập niên gần đây. Đối với các quốc gia phát triển mạnh về thiết bị giáo dục nghề nghiệp như Đức, Anh, Hàn Quốc, Tây Ban Nha, Đài Loan thì các thiết bị đào tạo về điện tử công suất được chế tạo với rất nhiều loại hình khác nhau để đáp ứng nhu cầu học tập và nghiên cứu. Tuy nhiên giá thành còn cao và còn nhiều nội dung chưa phù hợp với điều kiện đào tạo trong nước ta.

Thiết bị giáo dục trong nước ta nói chung còn nhiều thử thách vì các công ty hay các trung tâm nghiên cứu về thiết bị giáo dục mới chỉ được quan tâm nhiều hơn trong khoảng 10 năm trở lại đây.

Nước ta hiện nay có một số công ty sản xuất thiết bị giáo dục như Cty CPTB Tân phát, Công ty CPTBGD dạy nghề Việt Nam, Công ty TNHH thiết bị đào tạo và phát triển công nghệ Ngọc Huy, Công ty TBGD Hồng Đức, Hải Hà... đã và đang đầu tư phát triển thiết bị thí nghiệm - thực hành về điện tử công suất. Với các thiết bị được chế tạo trong nước hiện nay đã đáp ứng được các tiêu chí về kinh tế, tuy nhiên về tính ứng dụng trong đào tạo mới chỉ đáp ứng được các yêu cầu cơ bản, tính khái quát chưa cao, còn hạn chế về các tiêu chuẩn an toàn. Hơn nữa các tài liệu hướng dẫn kèm theo còn sơ sài, thiếu đồng bộ và hạn chế về nội dung thí nghiệm.

Đứng trước tình hình trên nhóm nghiên cứu đã đưa ra đề xuất chế tạo thiết bị thí nghiệm điện tử công suất để đáp ứng nhu cầu đào tạo tại trường đồng thời cải tiến những hạn chế của các công ty trong và ngoài nước.

2. Phân tích ý tưởng thiết kế thiết bị thí nghiệm

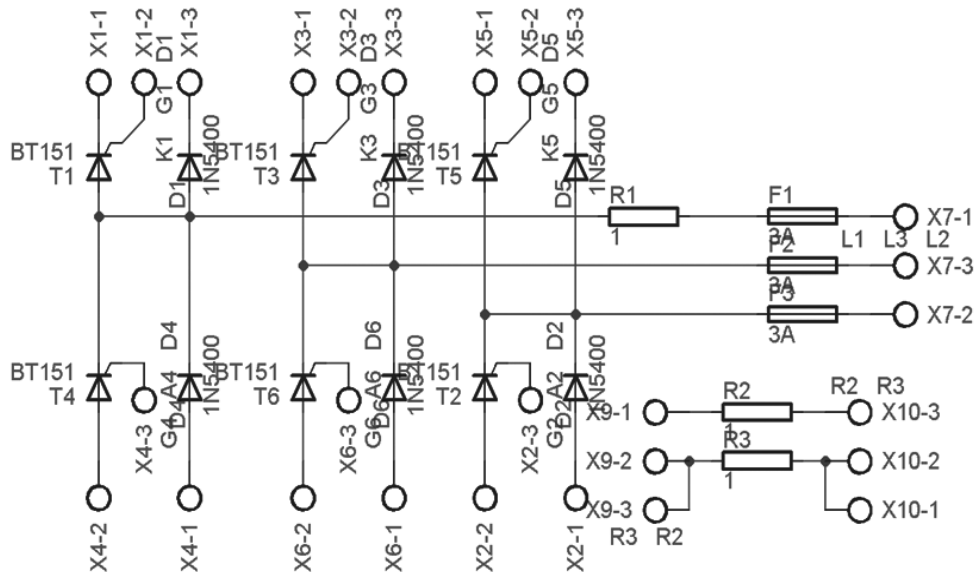
Sau khi phân tích và tìm hiểu một số thiết bị thí nghiệm trong và ngoài nước, nhóm nghiên cứu nhận thấy những đặc điểm chung và riêng của các mô hình thí nghiệm và từ đó đưa ra xu hướng chế tạo thiết bị thí nghiệm phù hợp với nội dung và yêu cầu theo chương trình đào tạo hiện hành của Trường ĐHSP Kỹ thuật Hưng Yên.

Theo các mô hình trên, nếu phát triển thiết bị thí nghiệm thì nhóm nghiên cứu đánh giá cao mô hình dưới dạng mô đun của hãng Lusca-Nulle vì khả năng linh hoạt, tích hợp và thuận lợi trong khi sử dụng và bảo quản. Tuy nhiên để người học tư duy nhiều hơn khi lắp ráp, nhóm nghiên cứu có định hướng phát triển thiết bị yêu cầu người học phải tự nối tín hiệu đồng bộ và tín hiệu điều khiển, đồng thời tạo hướng mở rộng khi kết nối thiết bị thí nghiệm với các thiết bị khác.

2.1. Thiết kế, tính toán và lựa chọn mạch công suất và các phần tử bảo vệ

2.1.1. Thiết kế sơ đồ nguyên lý mạch công suất

Mạch công suất được thiết kế đảm bảo thí nghiệm được các mạch chỉnh lưu một pha, ba pha không và có điều khiển đáp ứng được các yêu cầu cơ bản như có các điểm đo dòng, đo áp, được bảo vệ quá dòng bằng cầu chì. Từ các đặc điểm yêu cầu trên nhóm nghiên cứu đã thiết kế mạch công suất như Hình 1:



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý mạch công suất

2.1.2. Tính toán lựa chọn các phần tử công suất

Theo kết quả khảo sát tại phòng thí nghiệm điện tử công suất và các thiết bị thí nghiệm trong và ngoài nước, nhóm nghiên cứu nhận thấy các thiết bị thí nghiệm điện tử công suất thường được chế tạo làm việc với các giá trị dòng điện khoảng 1A đến 2A, còn điện áp thiết bị được làm việc với các giá trị 45ACV, 47ACV hay 220ACV [1-4]. Từ các phân tích trên nhóm nghiên cứu đã lựa chọn phương án thiết kế bo mạch công suất làm việc dài hạn đảm bảo với dòng điện trung bình qua tải lớn nhất $I_d = 1,5A$ và điện áp ba pha lớn nhất cấp vào mạch có giá trị hiệu dụng là $U_2 = 220V$.

Trong các bài thực tập van công suất phải chịu dòng điện lớn nhất ở mạch tia một pha nửa chu kỳ, khi đó dòng qua van bằng dòng qua tải. Như vậy ta chọn dòng điện làm việc của van theo trường hợp này. Với điều kiện làm mát tự nhiên chỉ sử dụng cánh tản nhiệt thì dòng làm việc của van công suất được tính chọn như sau: $I_{DAV} = I_{TAV} = 4 \times I_d = 4 \times 1,5 = 6(A)$. Điện áp van được chọn theo mạch chỉnh lưu ba pha khi đó van phải chịu điện áp lớn nhất là: $U_{Dngmax} = U_{Tngmax} = \sqrt{6} U_2 = \sqrt{6} \cdot 220 = 538 (V)$. Từ phần tính toán trên căn cứ thiết bị có sẵn trên thị trường nhóm nghiên cứu chọn van diode 6A10 và van thyristor BT151.

2.1.3. Tính chọn bảo vệ quá dòng và bảo vệ nhiệt

a. Tính toán bảo vệ quá dòng cho van bán dẫn công suất

Thiết bị thí nghiệm làm việc với điện áp thấp và dòng nhỏ nên được thiết kế riêng biệt để khảo

sát đặc tính van công suất, không kết nối với các phần tử RC hay các bộ bảo vệ hạn chế dòng quá độ mà chỉ thiết kế bảo vệ quá dòng và tản nhiệt cho van công suất. Theo thiết kế phần bảo vệ quá dòng cho van công suất được đặt ở hai vị trí nguồn vào và đầu ra tải, tuy nhiên mạch công suất được thí nghiệm với các mạch khác nhau nên dòng cầu chì được chọn và bảo vệ phải đảm bảo:

$$I_F = (1,1 \div 1,3) \times I_d = (1,1 \div 1,3) \times 1,5 = (1,65 \div 1,95)A$$

$$U_F \geq U_2 = 220V$$

Như vậy ta có thể chọn loại cầu chì tác động nhanh có điện áp làm việc $U = 250V$ và dòng làm việc định mức 2A.

b. Tính toán tản nhiệt độ cho van bán dẫn công suất

Vì mạch hoạt động ở tần số thấp và điện áp rơi trên van chỉ giao động trong khoảng từ 1,4V đến 1,75V nên có thể bỏ qua tổn hao đóng cắt và tổn hao do điện trở vi phân gây lên, khi đó tổn hao trên van công suất được xác định.

$$\Delta P = \Delta U \cdot I_d = 1,4 \cdot 1,5 = 2,1W; S_m = \frac{\Delta P}{K_{tn} \cdot \tau}$$

Trong đó:

Tổn hao công suất: $\Delta P = 2,1 W$, Độ chênh lệch nhiệt độ so với môi trường: $\tau = T_j - T_{mt}$. Có $T_j = 175^\circ C$, chọn nhiệt độ môi trường: $T_{mt} = 25^\circ C \Rightarrow \tau = 175 - 25 = 150^\circ C$.

$K_{tn} = (6-10) \cdot 10^{-4} W/cm^2 \cdot ^\circ C$: Hệ số có xét tới điều kiện tỏa nhiệt. Chọn $K_{tn} = 8 \cdot 10^{-4} W/cm^2 \cdot ^\circ C$.

$S_m = 2,1 / (8 \cdot 10^{-4} \cdot 150) = 17 cm^2$. Như vậy ta chọn cánh tản nhiệt bằng nhôm có tổng diện tích bề mặt là $17 cm^2$.

2.1.4. Thiết kế, tính toán và lựa chọn mạch điều khiển

2.1.4.1. Thiết kế sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển như Hình 2

Thể hiện ở phần Phụ lục.

2.1.4.2. Phân tích tính chọn các phần tử trong mạch điều khiển

a. Phân tích lựa chọn khối phát xung chủ đạo

Mạch phát xung chủ đạo có thể sử dụng nhiều phương pháp khác nhau như mạch tạo dao động dùng UJT, mạch dùng IC khuếch đại thuật toán hay mạch dùng IC tích hợp... Qua tìm hiểu và nghiên cứu nhóm tác giả đã lựa chọn sử dụng điều khiển dùng IC tích hợp TCA785 do hãng Siemens chế tạo được sử dụng để điều khiển các thiết bị chỉnh lưu, thiết bị điều chỉnh dòng xoay chiều.

b. Tính toán các phần tử tạo giao động và các thông số cơ bản của IC TCA785

Tụ tạo xung răng cưa: $C_{10} = 500\text{pF}$ (min), $1\mu\text{F}$ (max)

Thời điểm phát xung đầu ra chân ở 14; 15 (Hình 2):

$$t_{\text{Tr}} = \frac{V_{11} \cdot R_9 \cdot C_{10}}{V_{\text{ref}} \cdot K} \quad (1)$$

$$\text{Dòng nạp tụ: } I_{10} = \frac{V_{\text{ref}} \cdot K}{R_9} \quad (2)$$

$$\text{Điện áp trên tụ } C_{10}: V_{10} = \frac{V_{\text{ref}} \cdot K \cdot t}{R_9 \cdot C_{10}} \quad (3)$$

Điện áp nguồn nuôi: $U_S = 15\text{V}$.

Dòng điện tiêu thụ: $I_S = 10\text{mA}$.

Dòng điện ra: $I = 50\text{mA}$.

Biên độ điện áp lớn nhất xung răng cưa: $U_{\text{RCmax}} = (U_S - 2)V$. Điện trở trong mạch tạo điện áp răng cưa: $R_9 = (20 \div 500) \text{ k}\Omega$. Điện áp điều khiển: $U_{11} = -0,5 \div (U_S - 2)V$.

Dòng điện đồng bộ: $I_S = 200 (\mu\text{A})$, Tụ điện: $C_{10} = 0,5 - 1 (\mu\text{F})$, Tần số xung ra: $f = (10 \div 500) \text{ Hz}$.

2.1.4.3. Tính toán, lựa chọn khối phát xung chùm

Để đảm bảo tính đối xứng và độ làm việc ổn định của các mạch khi tải có tính cảm lớn ta thường chọn xung điều khiển có dạng xung chùm. Đặc điểm xung chùm thường có tần số cao hơn so với tín hiệu đồng bộ thường có tần số khoảng từ 1,8 đến 5KHZ. Để phát xung chùm ta có thể dùng nhiều phương pháp khác nhau như dùng mạch đa hài, mạch dùng KĐTT hay dùng IC tích hợp, để đảm bảo nhóm nghiên cứu thiết kế mạch phát xung dùng NE555.

Tính toán mạch dao động tạo xung chùm

Tần số xung được chọn là $f = 4\text{KHZ}$ khi đó các thông số trong mạch tạo xung dao động được xác định: Chu kỳ xung chùm:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{4000} = 0,25\text{ms}$$

Xung chùm thường có dạng đối xứng nên khi đó $T_{\text{on}} = T_{\text{off}} = 0,125\text{ms}$.

$$T_{\text{on}} = 0,69 \cdot R_{10} \cdot C_5 = 0,125 \cdot 10^{-3}$$

$$\Rightarrow R_{10} \cdot C_5 = \frac{0,25 \cdot 10^{-3}}{0,69} = 7,2 \cdot 10^{-4}$$

Chọn $C = 0,1\mu\text{F}$ suy ra

$$\Rightarrow R_{10} = \frac{7,2 \cdot 10^{-4}}{0,1 \cdot 10^{-6}} = 72 (\text{K}\Omega)$$

Tương tự như vậy ta xác định được R_3 và T_{off}

$$T_{\text{off}} = 0,69 \cdot R_{10} \cdot C_3 = 0,125 \cdot 10^{-3}$$

$$\Rightarrow R_3 \cdot C_5 = \frac{0,125 \cdot 10^{-3}}{0,69} = 7,2 \cdot 10^{-4}$$

Mà $C = 0,1\mu\text{F}$ suy ra:

$$R_3 = \frac{7,2 \cdot 10^{-4}}{0,1 \cdot 10^{-6}} = 72 (\text{K}\Omega)$$

Để đảm bảo độ chính xác và không bị ảnh hưởng sai số của linh kiện tra thay điện trở R_{10} và R_3 thành các biến trở tinh chỉnh có giá trị 100K .

2.1.4.4. Tính chọn khối trộn xung

Để đảm bảo xung điều khiển làm việc đồng bộ với điện áp nguồn công suất ta phải trộn xung chùm tần số cao với xung điều khiển đồng bộ. Khi đó nhóm nghiên cứu đã phân tích và thiết kế lựa chọn cổng AND (IC74LS08N) làm phần tử trộn xung.

2.1.4.5. Tính chọn khối mạch khuếch đại

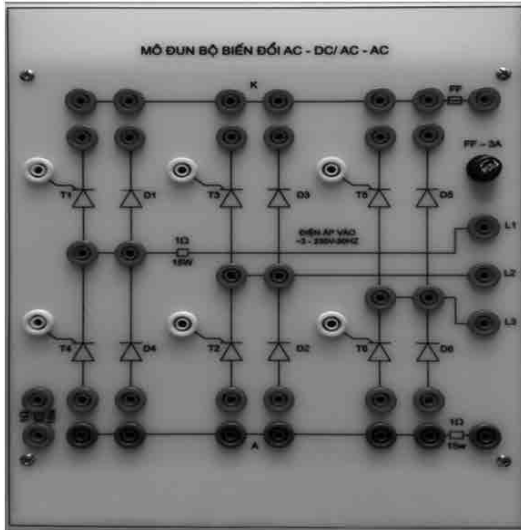
Khối khuếch đại có nhiệm vụ cách ly phần điều khiển với mạch lực đồng thời khuếch đại tín hiệu dòng điều khiển. Mạch khuếch đại thường sử dụng hai phương pháp cơ bản là biến áp xung hay phần tử quang. Trong phạm vi nghiên cứu thí nghiệm với công suất nhỏ và để đảm bảo xung phát có độ chính xác cao nên nhóm nghiên cứu đã chọn phần tử quang làm thiết bị khuếch đại.

2.1.4.6. Tính chọn các phần tử mạch nguồn điều khiển

Mạch điều khiển được cấp nguồn cho TCA785, IC 74LS08N, NE555, role các mạch phân áp và khuếch đại với dòng tiêu thụ rất nhỏ chỉ vài trăm mA. Nên ta thiết kế sơ đồ mạch cấp nguồn với cầu diode 1A, mạch ổn áp dùng IC7812T với dòng làm việc lớn nhất là 1A.

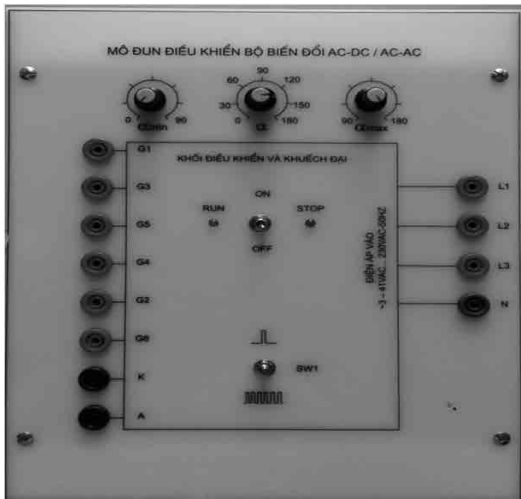
2.2. Lắp ráp hoàn thiện sản phẩm

2.2.1. Mô đun công suất sau khi hoàn thiện



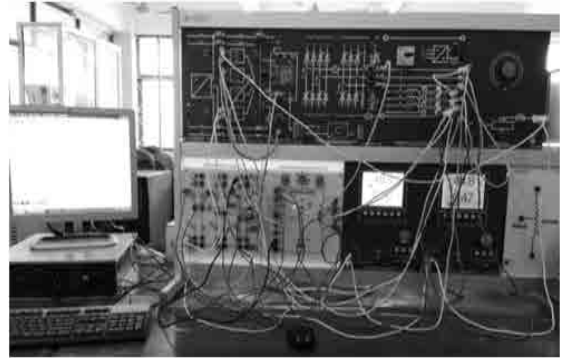
Hình 3. Hình ảnh sản phẩm mô đun công suất

2.2.2. Mô đun điều khiển mạch chỉnh lưu sau khi hoàn thiện



Hình 4. Hình ảnh sản phẩm mô đun điều khiển

2.3. Khảo sát tín hiệu trên mạch điều khiển



Hình 5. Hình ảnh khảo sát và kiểm tra thiết bị tại phòng thí nghiệm ĐTCS khoa Đ-ĐT

2.3.1. Khảo sát đánh giá mạch chỉnh lưu hình tia ba pha không điều khiển tải R

2.3.1.1. Sơ đồ mạch điện [5]

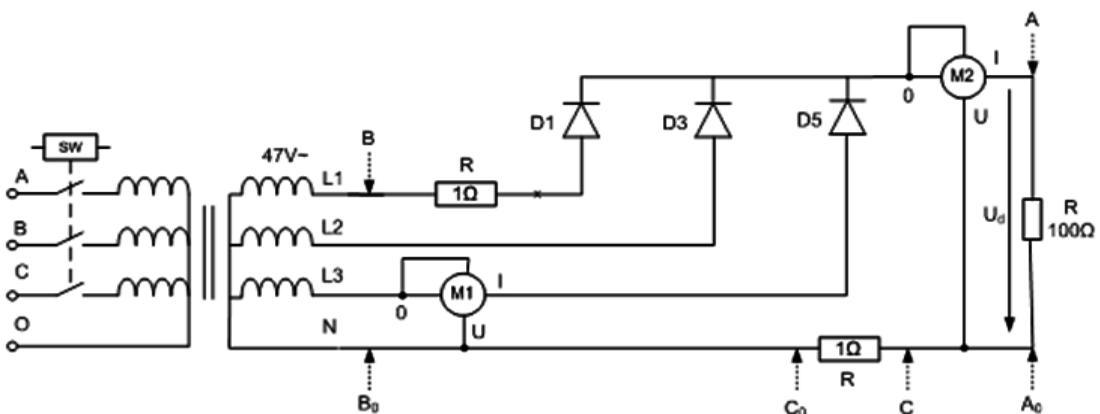
Thể hiện như Hình 6.

2.3.1.2. Kết quả khảo sát mối quan hệ dòng điện và điện áp trong mạch, sử dụng phần mềm PSIM [6-7]

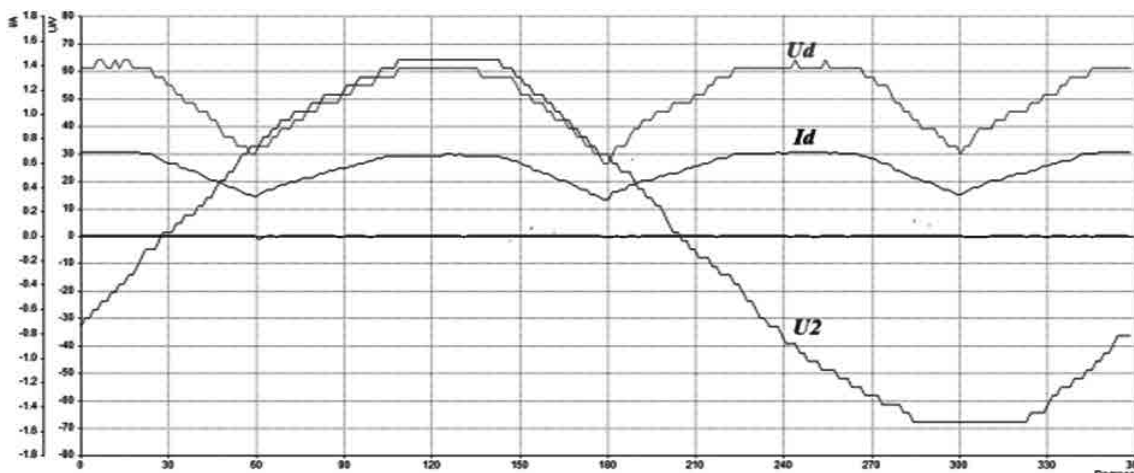
Bảng 1. So sánh kết quả khảo sát giữa sản phẩm nghiên cứu (SPNC) với sản phẩm của hãng Lucas-nulle (LN)

TT	U_2 (V)	U_d (V)	I_2 (A)	I_d (A)	I_{FAV} (A)	I_{FRMS} (A)
SPNC	48,5	53	0,32	0,55	0,2	0,32
Hãng LN	48	53	0,32	0,55	0,2	0,32

Kết quả khảo sát quan hệ dạng sóng U_2 ; U_d ; I_d thể hiện như Hình 7.



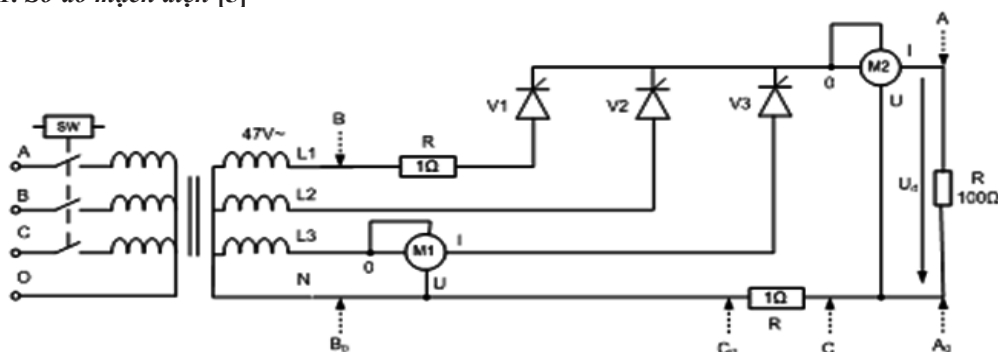
Hình 6. Sơ đồ mạch điện



Hình 7. Kết quả khảo sát quan hệ dạng sóng U_2 ; U_d ; I_d

2.3.2. Khảo sát đánh giá mạch chỉnh lưu hình tia ba pha có điều khiển tải R

2.3.2.1. Sơ đồ mạch điện [5]

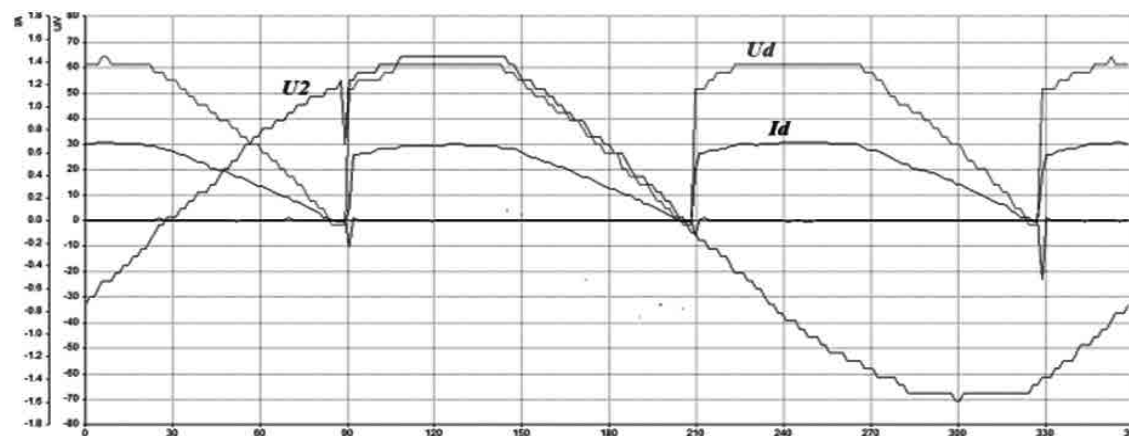


Hình 8. Sơ đồ mạch điện

Bảng 2. So sánh kết quả khảo sát giữa sản phẩm nghiên cứu (SPNC) với sản phẩm của hãng Lucas-nulle (LN)

α (Rad)	0	$\pi/6$	$\pi/3$	$\pi/2$	$2\pi/3$	$5\pi/3$
U_d (V) SPNC	52,8	44,7	31,6	15,7	3,43	0
U_d (V) Hãng LN	53	45	32	16	3,45	0

Từ kết quả khảo sát ở Bảng 1 và Bảng 2 cho thấy, các thông số đo được trên thiết bị của sản phẩm nghiên cứu so với các thông số đo được trên thiết bị của hãng LN là tương đương nhau. Qua đó chứng tỏ rằng chất lượng thiết bị của nhóm nghiên cứu tương đương với chất lượng thiết bị của hãng LN, nhưng sẽ có giá thành rẻ hơn rất nhiều.



Hình 9. Kết quả khảo sát quan hệ dạng sóng U_2 ; U_d ; I_d khi $\alpha = \pi/6$

4. Kết luận

Nhóm tác giả đã tìm hiểu, phân tích và so sánh đặc điểm một số thiết bị thí nghiệm điện tử công suất của các hãng trong và ngoài nước, nhận thấy giá thành thiết bị của các hãng sản xuất đều có giá thành cao. Từ đó nhóm tác giả đã tiến hành nghiên cứu và chế tạo thành công mô đun điều khiển và mô đun công suất bộ biến đổi AC-DC. Kết

quả thí nghiệm so sánh với thiết bị của hãng Lucas-nulle là tương đương nhau, nhưng sản phẩm của nhóm nghiên cứu có giá thành thấp hơn rất nhiều. Sản phẩm của đề tài đã được ứng dụng trong việc giảng dạy cho học phần thí nghiệm điện tử công suất và học phần thí nghiệm truyền động điện tại khoa Điện - Điện tử, trường Đại học Sư Phạm Kỹ thuật Hưng Yên.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Nguyễn Bình, *Điện tử công suất*, NXB Khoa học kỹ thuật, năm 2000.
- [2]. Võ Minh Chính, *Điện tử công suất*, NXB Khoa học kỹ thuật, năm 2007.
- [3]. Nguyễn Trọng Linh, *Điện tử công suất*, Tài liệu dịch tác giả Ashfaq Ahmed, năm 2004.
- [4]. Trần Văn Thịnh, *Thiết bị điện tử công suất*, Lưu hành NB - ĐHBKHN, năm 2000.
- [5]. Tài liệu hướng dẫn thí nghiệm điện tử công suất hãng Lucas- nulle- EPE10.
- [6]. Richmond, *User Manual PSIM Version 4.0*, January 1999.
- [7]. Richmond, *User Manual PSIM Version 9.0*, March 2010.

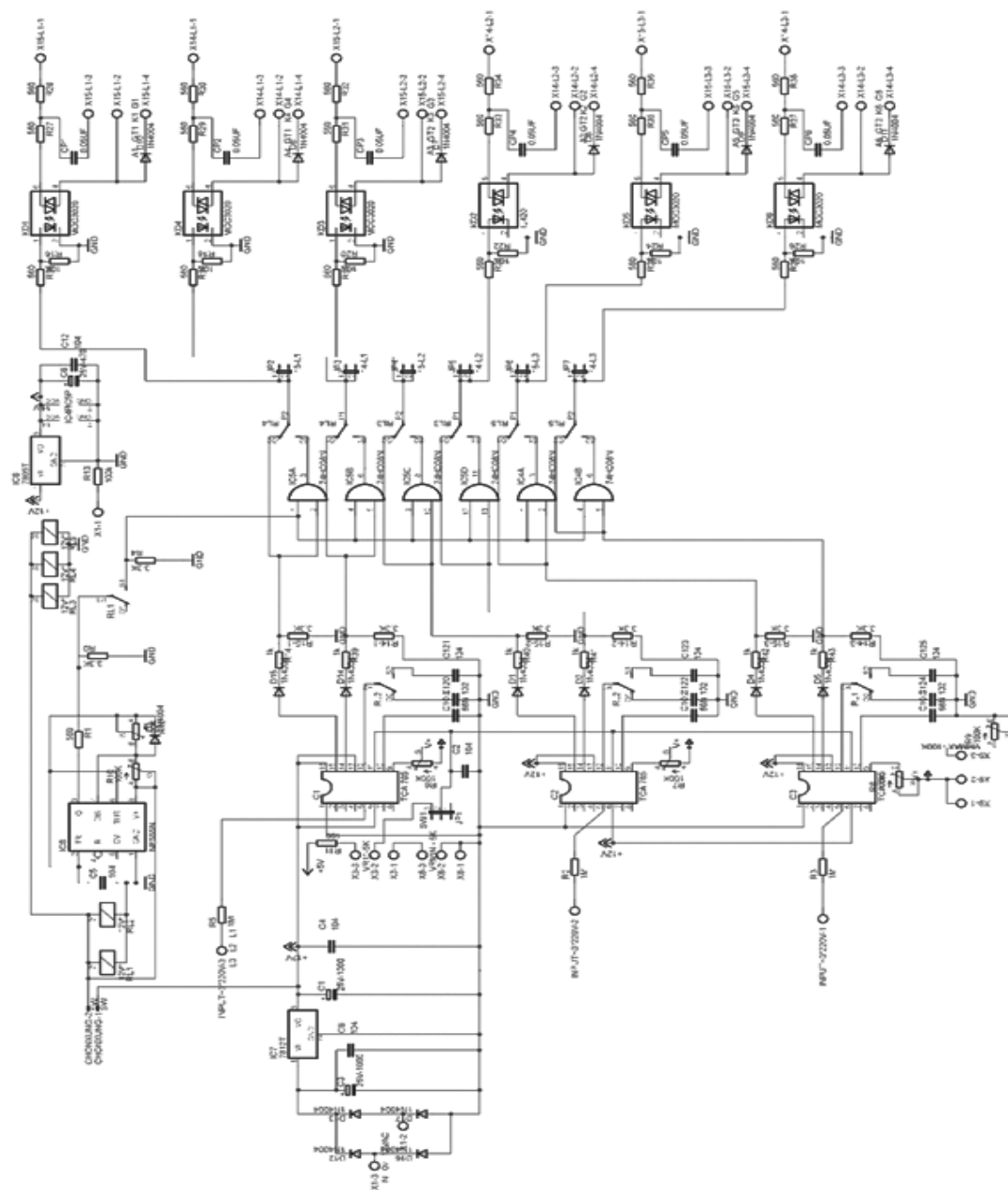
STUY AND IMPLEMENTATION OF EXPERIMENTAL EQUIPMENT CONTROLLED AND UNCONTROLLED RECTIFY CIRCUIT FOR SINGLE AND THREE PHASES

Abstract:

Power electronic is widely used in many applications such as education, industry, telecommunication... Today, in Faculty of Electronic and Electrical Engineering - Hung Yen university of Technology and Education, training and research equipments including power electronics are primasily supported by projects, but so expensive and shortage of tranning and research puspose. However, the experimental equipments of papers are as quality as the supposed devices by porject. More over, these devices are so cheap and distributed for tranning and research in electronic and electrical engineering.

Keywords: *Electronic Power, Single Phase, Three Phase.*

PHỤ LỤC



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển