

# THỰC HIỆN MÔ HÌNH ĐIỀU KHIỂN TỤ BÙ MIRKO 12 CẤP SỬ DỤNG TRONG GIẢNG DẠY THỰC HÀNH (TRƯỜNG HỢP NGÀNH CÔNG NGHỆ KỸ THUẬT ĐIỆN – ĐIỆN TỬ, TRƯỜNG ĐẠI HỌC TRÀ VINH)

Nguyễn Thanh Hiền<sup>1</sup>, Nguyễn Ngọc Tiên<sup>2</sup>

*IMPLEMENTING A 12-STEPS MIRKO CAPACITORS CONTROL MODEL FOR  
PRACTICAL TEACHING (A CASE STUDY OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC  
ENGINEERING TECHNOLOGY MAJOR AT TRA VINH UNIVERSITY)*

Nguyen Thanh Hien<sup>1</sup>, Nguyen Ngoc Tien<sup>2</sup>

**Tóm tắt** – Mục tiêu của nghiên cứu là thực hiện mô hình điều khiển tụ bù Mikro 12 cấp phục vụ giảng dạy, học tập và nghiên cứu cho sinh viên ngành Công nghệ Kỹ thuật Điện – Điện tử. Nghiên cứu xây dựng mô hình điều khiển tụ bù Mirko 12 cấp thông qua phương pháp phân tích dựa trên kinh nghiệm làm việc, tổng hợp lý thuyết và thực nghiệm khoa học, vận hành trên mô hình rơ le điều khiển tụ bù Mirko 6 cấp. Chúng tôi thiết kế bản vẽ trên phần mềm Autocad và Corel, gia công mô hình, vận hành, thí nghiệm và hiệu chỉnh các sai số đo lường. Thí nghiệm sai số đo lường giữa đồng hồ MFM384 và rơ le điều khiển tụ bù PFR-120 so với rơ le điều khiển tụ bù PFR-60. Điểm nổi bật của nghiên cứu này là so sánh sai số đo lường mô hình rơ le điều khiển tụ bù Mikro 6 cấp tại Bộ môn Điện – Điện tử, Khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Trà Vinh và mô hình rơ le điều khiển tụ bù Mikro 12 cấp của chúng tôi thực hiện. Kết quả là mô hình chúng tôi thiết kế có sai số ít hơn, hiệu quả hơn.

**Từ khóa:** bù công suất phản kháng, giảm sai số đo lường, ứng dụng rơ le điều khiển Mirko 12 cấp.

**Abstract** – This study is to implement a 12-steps Mikro capacitors control model which serves for the teaching, learning, researching and practicing of students majoring in Electrical and Electronic Engineering Technology. By methods of analysis based on working experience, methods of synthesizing theory and scientific experiments, operating on the 6-steps Mirko capacitors control model, the research has built a 12-steps Mirko capacitors control model which is an improvement compared to current model. The drawings of the model are designed, processed, operated, tested and corrected measurement errors by Autocad and Corel softwares. The study conducted an experiment on measurement error between the MFM384 meter and the PFR-120 capacitor control relay compared to the PFR-60 capacitor control relay. The highlight of this study is to compare the results of the measurement error between the 6-steps Mirko capacitors control model at the Department of Electrical and Electronics Engineering, School of Engineering and Technology, Tra Vinh University and our 12-steps Mirko capacitors control model. As a result, the designed model of 12-steps Mirko capacitors control works with fewer errors and more efficiency.

<sup>1,2</sup>Trường Đại học Trà Vinh

Ngày nhận bài: 08/5/2021; Ngày nhận kết quả bình duyệt: 24/5/2021; Ngày chấp nhận đăng: 20/6/2021

Email: [nthien@tvu.edu.vn](mailto:nthien@tvu.edu.vn)

<sup>1,2</sup>Tra Vinh University

Received date: 08<sup>th</sup> May 2021; Revised date: 24<sup>th</sup> May 2021; Accepted date: 20<sup>th</sup> June 2021

**Keywords:** Mirko 12 steps control relay application, reactive power compensation, reducing measurement error.

## I. GIỚI THIỆU

Mô hình điều khiển tự bù Mikro 6 cấp tại phòng thực hành của Bộ môn Điện – Điện tử, Khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Trà Vinh được bàn giao từ năm 2014 đến nay; đồng thời, mô hình không có tài liệu hướng dẫn thực hành và thiết kế còn hạn chế các sai số đo lường giữa thiết bị MFM384 so với rơ le điều khiển tự bù Mikro 6 cấp (PFR-60) là lớn. Vì lí do trên, chúng tôi nghiên cứu mô hình điều khiển tự bù Mikro 12 cấp (PFR-120) để cải thiện sai số đo lường trên mô hình và hoàn thiện tài liệu giảng dạy thông qua các bài thí nghiệm liên quan đến tính toán thông số tải, thông số tự bù, tính toán bù công suất phản kháng, chọn tự bù và sử dụng thành thạo các chức năng cài đặt, đấu nối các phần tử của bộ điều khiển tự bù Mirko 12 cấp [1].

Nhằm giảm chi phí mua thiết bị dạy học và có thêm thiết bị để phục vụ nghiên cứu giảng dạy và học tập đáp ứng được các yêu cầu thực tế để sinh viên ra trường vận dụng vào thực tiễn, việc thiết kế mô hình có sai số thấp trong đo lường là cần thiết. Mô hình điều khiển bù công suất phản kháng được Nguyễn Anh Vũ nghiên cứu và thiết kế để đáp ứng được nhu cầu giảng dạy tại Bộ môn Cung cấp Điện, Trường Đại học Thủ Dầu Một [2]. Tuy nhiên, mô hình được thực hiện với các bài thực hành và thực hiện đóng ngắt bằng contactor thông dụng.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi thực hiện mô hình điều khiển tự bù Mikro 12 cấp sử dụng rơ le điều khiển của hãng Mikro, thực hiện được các bài thí nghiệm bù tĩnh và bù tự động. Nội dung chính của nghiên cứu này là so sánh các sai số đo lường giữa đồng hồ đo đa năng MFM384 và rơ le điều khiển tự bù PFR-120 trên mô hình tự bù Mikro 12 cấp so với thông số đo lường của đồng hồ đo đa năng MFM384 và rơ le điều khiển tự bù PFR-60 tại Bộ môn Điện – Điện tử, Khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Trà Vinh.

## II. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Hiện tại, mô hình tự bù Mikro 6 cấp của Bộ môn Điện – Điện tử, Khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Trà Vinh đang sử dụng có các hạn chế. Mô hình thiết kế khi thí nghiệm có các sai số lớn giữa thiết bị đo lường MFM384 so

với rơ le điều khiển Mirko 6 cấp (PFR-60). Sản phẩm không cung cấp tài liệu hướng dẫn chi tiết các bài thực hành trên mô hình thí nghiệm gây khó khăn trong quá trình hướng dẫn sinh viên thực tập trên mô hình. Bên cạnh đó, những năm gần đây có rất nhiều nghiên cứu về bù công suất phản kháng trong các thiết bị điện. Nghiên cứu bù công suất phản kháng đã nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng của các thiết bị điện [3], mục đích cải thiện dòng điện phụ tải, giảm tổn thất điện năng cho phụ tải công nghiệp. Yuriy Sayenk and Tatiana Baranenko [4] đã áp dụng bù công suất phản kháng trong hệ thống cung cấp điện của các xí nghiệp lớn, coi như một bài toán tối ưu hóa về mặt kinh tế, giảm chi phí cho việc tiêu thụ công suất phản kháng của phụ tải. Một nghiên cứu của Zhou Jianguo and Sun Qiuye [5] về việc ứng dụng bài toán bù tự động để tối ưu hoá lượng công suất cần bù, nâng cao hệ số công suất là cần thiết để nâng cao chất lượng điện trong sản xuất tại nhà máy. Từ những yêu cầu thực tiễn cho thấy, hầu hết các thiết bị tiêu thụ điện đều có ảnh hưởng đến hệ số công suất là nguyên nhân làm tổn thất điện năng, ảnh hưởng lớn đến chất lượng điện và chi phí vận hành hàng năm. Trong vận hành, hệ số công suất theo quy định của ngành điện từ 0,9 trở lên, nếu thấp hơn sẽ làm tổn thất công suất nên tăng giá thành sản xuất và làm tổn thất điện áp trên đường dây cung cấp cho các thiết bị tiêu thụ điện nên chất lượng điện sẽ giảm.

Để đáp ứng được mục tiêu giảng dạy, học tập và nghiên cứu cho sinh viên ngành Công nghệ Kỹ thuật Điện – Điện tử tại Trường Đại học Trà Vinh, chúng tôi thực hiện mô hình điều khiển tự bù Mikro 12 cấp với mục tiêu: thiết kế và thi công mô hình điều khiển tự bù sử dụng rơ le điều khiển Mikro 12 cấp. Chúng tôi lựa chọn thiết bị điều khiển, bảo vệ và đo lường để đồng bộ các thiết bị hiện có trên mô hình tại phòng thực hành, nhằm thuận tiện cho các thí nghiệm tiếp theo trên các mô hình khác tại phòng thực hành [6]. Kiểm tra sai số đo lường giữa mô hình điều khiển tự bù Mikro 12 cấp so với mô hình điều khiển tự bù Mikro 6 cấp. Thực hiện tài liệu hướng dẫn thí nghiệm trên mô hình bù tĩnh và bù ứng động.

### III. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

#### A. Xác định phạm vi nghiên cứu

Thực tế giảng dạy trên mô hình điều khiển tụ bù 6 cấp do công ti bán thiết bị cung cấp có những sai số đo lường khi thí nghiệm nên trong quá trình hướng dẫn sinh viên thực hành cho kết quả không chính xác. Vì thế, chúng tôi đã đưa ra ý tưởng triển khai mô hình mới có tính năng tương tự và nâng cấp. Phương pháp này là thực hiện khảo sát lại mô hình hiện có tại phòng thực hành. Tiến hành thiết kế và sử dụng phần mềm Corel và phần mềm Autocad vẽ các chi tiết trên bản vẽ lấy mẫu. Chỉnh sửa mẫu và in lấy mẫu phù hợp nhất. Lựa chọn thiết bị trên mô hình để đồng bộ với các mô hình hiện có nhằm mục đích thuận tiện cho các nội dung thí nghiệm trên các mô hình tiếp theo. Việc thi công mô hình, chạy thử mô hình, thực hiện các bài thí nghiệm liên quan, kiểm tra các thông số và chỉnh sửa để mô hình đạt sai số là nhỏ nhất, phù hợp thực tế. Thực hiện biên soạn tài liệu hướng dẫn thực hành trên mô hình [7].

#### B. Mẫu thí nghiệm

Các mẫu thí nghiệm trong nghiên cứu này là độ chính xác giữa tính toán lí thuyết so với giá trị ghi nhận đo lường tại đồng hồ MFM384, tại rơ le điều khiển tụ bù PFR-120 và so sánh kết quả đo lường tại rơ le điều khiển tụ bù PFR-60. Điện áp ba pha 410 V, tần số làm việc 50 Hz.

Thí nghiệm tải thuần trở ba pha đấu sao cho có các giá trị điện trở:  $R_1=R_4=R_7= 720 \Omega$ ;  $R_2=R_5=R_8= 360 \Omega$ ;  $R_3=R_6=R_9= 180 \Omega$ . Thí nghiệm tải thuần kháng ba pha đấu sao có các giá trị:

$$R_1=R_4=R_7= 2,3 (H); X_1=X_4= X_7= 722 \Omega;$$

$$R_2=R_5=R_8 = 1,15 (H); X_2=X_5= X_8= 361 \Omega;$$

$$R_3=R_6=R_9 = 0,58 (H); X_3=X_6= X_9= 182 \Omega.$$

Thí nghiệm tải thuần trở ba pha đấu sao cho:  $R_1=R_4=R_7= 720 \Omega$ ; khi bù tĩnh có điện dung tụ điện ba pha  $C_{3pha}= 2\mu F$ .

Thí nghiệm pha tải thuần kháng ba pha đấu sao cho:  $L_3=L_6=L_9= 0,58 H$ . Điện kháng  $X_3=X_6=X_9= 182 \Omega$ ; khi bù tĩnh có điện dung tụ điện ba pha  $C_{3pha}= 4\mu F$ .

Thí nghiệm bài toán bù ứng động, ghi nhận giá trị khi bù.

#### C. Quy trình thí nghiệm

Chúng tôi thực hiện tính toán lí thuyết, lập bảng thống kê số liệu và tiến hành đấu nối các phần tử trên mô hình điều khiển tụ bù PFR-120 và trên mô hình điều khiển tụ bù PFR-60. Vận hành mô hình và ghi nhận thông số hiển thị trên các thiết bị đo. So sánh kết quả, chúng tôi rút ra các nhận xét.

### IV. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### A. Thiết kế mô hình điều khiển tụ bù Mikro 12 cấp

Mô hình điều khiển tụ bù Mikro 12 cấp được thiết kế với kích thước tổng thể là: 800 mm x 980 mm x 200 mm (HxWxD). Hình ảnh mô hình điều khiển tụ bù Mikro 12 cấp hoàn chỉnh được mô tả Hình 1.

#### B. Thí nghiệm tải thuần trở, ghi nhận giá trị đo lường tại MFM384, PFR-120 và so sánh với PFR-60

Tính toán công suất tác dụng ba pha:

$$P = \sqrt{3}.U_d I. \cos\varphi (W)$$

Tính toán công suất biểu kiến ba pha:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} (VA); Q = 0Var$$

Tính dòng điện dây và hệ số công suất:

$$I = \frac{U_d}{\sqrt{3}.R} (A); \cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

Thí nghiệm tải thuần trở trên mô hình đấu sao có:  $R_1= R_4= R_7=720 \Omega$ .

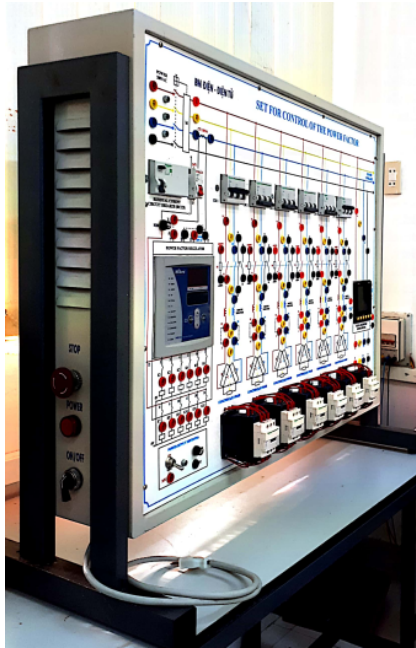
Thí nghiệm tải thuần trở trên mô hình đấu sao cho:  $R_2= R_5= R_8= 360 \Omega$ .

Thí nghiệm tải thuần trở trên mô hình đấu sao cho:  $R_3= R_6= R_9=180 \Omega$ .

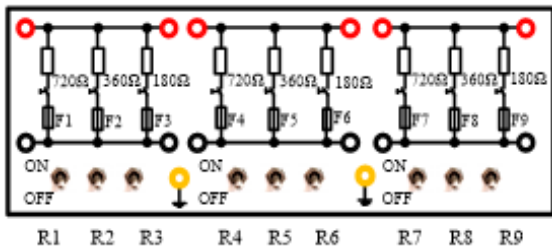
Nhận xét kết quả tính toán và đo lường:

Từ kết quả được ghi nhận Bảng 1, Bảng 2 và Bảng 3, tính toán lí thuyết so với đo lường tại đồng hồ đo MFM384 và tại rơ le điều khiển PFR-120 cho kết quả sai số rất thấp. Trong trường hợp việc thực hiện đo lường tại đồng hồ MFM384 và tại rơ le điều khiển PFR-60 cho kết quả sai số lớn hơn, các thí nghiệm được thực hiện chú trọng đo lường dòng điện và đo hệ số công suất tại đồng hồ MFM384 và tại rơ le điều khiển PFR-60.

Thí nghiệm tải thuần kháng, ghi nhận đo lường tại MFM384, PFR-120 và so sánh kết quả với PFR-60.



Hình 1: Mô hình bộ điều khiển tự bù Mikro 12 cấp



Hình 2: Mô hình tải thuần trở

Bảng 1. Tính toán lí thuyết và đo lường tại MFM384, PFR-120 so sánh với PFR-60; có  $R_1 = R_4 = R_7 = 720 \Omega$

Thông số tính toán lí thuyết						
P(W)	Q(Var)	S(VA)	I(A)	-	cosφ	-
233,5	0	233,5	0,33	-	1	-
Thông số đo lường lại MFM384 và PFR-120						
P(W)	Q(Var)	S(VA)	I(A) MFM383	I(A) PFR-120	cosφ MFM384	cosφ PFR-120
233	0	233	0,325	0,33	1	1
Thông số đo lường lại MFM384 và PFR-60						
P(W)	Q(Var)	S(VA)	I(A) MFM383	I(A) PFR-60	cosφ MFM384	cosφ PFR-60
220	0	220	0,22	0,17	-0,996	0,51

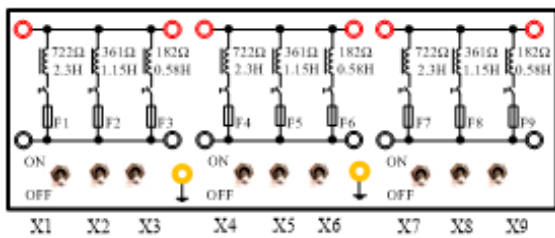
Bảng 2. Tính toán lí thuyết và đo lường tại MFM384, PFR-120 so sánh với PFR-60; có  $R_2 = R_5 = R_8 = 360 \Omega$ .

Thông số tính toán lí thuyết						
P(W)	Q(Var)	S(VA)	I(A)	-	cosφ	-
467	0	467	0,66	-	1	-
Thông số đo lường lại MFM384 và PFR-120						
P(W)	Q(Var)	S(VA)	I(A) MFM383	I(A) PFR-120	cosφ MFM384	cosφ PFR-120
465	0	465	0,65	0,65	1	1
Thông số đo lường lại MFM384 và PFR-60						
P(W)	Q(Var)	S(VA)	I(A) MFM383	I(A) PFR-60	cosφ MFM384	cosφ PFR-60
439	0	440	0,62	0,33	-0,99	0,5

Tính toán công suất phản kháng ba pha:  $P = \sqrt{3} \cdot U_d \cdot I \cdot \sin\varphi$  (Var) Tính toán công suất biểu kiến ba pha:  $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$  (VA);  $P = 0W$  Tính dòng điện dây và hệ số công suất:  $I = \frac{U_d}{\sqrt{3} \cdot R}$  (A);  $\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$ . Thí nghiệm đầu nối tải thuần kháng trên mô hình đấu sao có  $L_1 = L_4 = L_7 = 2,3$  (H); điện kháng tải  $X_1 = X_4 = X_7 = 722 \Omega$ , kiểm tra thông số đo lường.

Bảng 3. Tính toán lí thuyết và đo lường tại MFM384, PFR-120 so sánh với PFR-60; có  $R_3 = R_6 = R_9 = 180 \Omega$ .

Thông số tính toán lí thuyết						
P(W)	Q(Var)	S(VA)	I(A)	-	cosφ	-
934	0	934	1,3	-	1	-
Thông số đo lường lại MFM384 và PFR-120						
P(W)	Q(Var)	S(VA)	I(A) MFM383	I(A) PFR-120	cosφ MFM384	cosφ PFR-120
918	0	918	1,29	1,28	1	1
Thông số đo lường lại MFM384 và PFR-60						
P(W)	Q(Var)	S(VA)	I(A) MFM383	I(A) PFR-60	cosφ MFM384	cosφ PFR-60
900	0	900	1,27	0,67	-0,99	0,5



Hình 3: Mô hình tải thuần kháng

Thí nghiệm đầu nối tải thuần kháng trên mô hình đầu sao cho có:  $L_2 = L_5 = L_8 = 1,15 (H)$ , tính điện kháng tải  $X_2 = X_5 = X_8 = 361 \Omega$ , kiểm tra thông số đo lường.

Thí nghiệm đầu nối tải thuần kháng trên mô hình đầu sao cho có:  $L_3 = L_6 = L_9 = 0,58 (H)$ ; tính điện kháng tải:  $X_3 = X_6 = X_9 = 182 \Omega$ , kiểm tra thông số đo lường như Bảng 6.

Nhận xét kết quả tính toán và đo lường:

Từ kết quả được ghi nhận ở Bảng 4, Bảng 5 và Bảng 6, tính toán lí thuyết so với đo lường tại đồng hồ MFM384 và tại rơ le điều khiển PFR-120 cho kết quả sai số rất thấp. Tải thuần kháng trên thực tế luôn tồn tại phần trở nên khi đo lường ta có giá trị công suất tác dụng P(W). Khi thực hiện đo lường tại đồng hồ MFM384 và tại rơ le điều khiển PFR-60, kết quả sai số lớn. Chú trọng đo lường dòng điện và đo hệ số công suất tại đồng hồ MFM384 với tại rơ le PFR-60 có sai số lớn về dòng và hệ số công suất không đúng.

Bảng 4. Tính toán lí thuyết và đo lường tại MFM384, PFR-120 so sánh với PFR-60; ta có  $X_1 = X_4 = X_7 = 722 \Omega$

Thông số tính toán lí thuyết						
P(W)	Q(Var)	S(VA)	I(A)	-	cosφ	-
0	233	233	0,33	-	0	-
Thông số đo lường lại MFM384 và PFR-120						
P(W)	Q(Var)	S(VA)	I(A) MFM383	I(A) PFR-120	cosφ MFM384	cosφ PFR-120
40	234	238	0,33	0,29	0,17	0,21
Thông số đo lường lại MFM384 và PFR-60						
P(W)	Q(Var)	S(VA)	I(A) MFM383	I(A) PFR-60	cosφ MFM384	cosφ PFR-60
46	214	219	0,2	0,16	0,21	-0,79

Bảng 5. Tính toán lí thuyết và đo lường tại MFM384, PFR-120 so sánh với PFR-60; ta có:  $X_2 = X_5 = X_8 = 361 \Omega$ .

Thông số tính toán lí thuyết						
P(W)	Q(Var)	S(VA)	I(A)	-	cosφ	-
0	465	465	0,65	-	0	-
Thông số đo lường lại MFM384 và PFR-120						
P(W)	Q(Var)	S(VA)	I(A) MFM383	I(A) PFR-120	cosφ MFM384	cosφ PFR-120
61	445	449	0,63	0,59	0,14	0,14
Thông số đo lường lại MFM384 và PFR-60						
P(W)	Q(Var)	S(VA)	I(A) MFM383	I(A) PFR-60	cosφ MFM384	cosφ PFR-60
73	421	428	0,6	0,31	0,17	-0,81

Bảng 6. Tính toán lí thuyết và đo lường tại MFM384, PFR-120 so với PFR-60; ta có:  $X_3 = X_6 = X_9 = 182 \Omega$

Thông số tính toán lí thuyết						
P(W)	Q(Var)	S(VA)	I(A)	-	cosφ	-
0	924	924	1,3	-	0	-
Thông số đo lường lại MFM384 và PFR-120						
P(W)	Q(Var)	S(VA)	I(A) MFM383	I(A) PFR-120	cosφ MFM384	cosφ PFR-120
84	922	926	1,3	1,25	0,092	0,1
Thông số đo lường lại MFM384 và PFR-60						
P(W)	Q(Var)	S(VA)	I(A) MFM383	I(A) PFR-60	cosφ MFM384	cosφ PFR-60
109	895	304	1,27	0,66	0,124	-0,84

**C. Thí nghiệm tải thuần trở khi bù tĩnh, ghi nhận giá trị đo lường tại MFM384, PFR-120, so sánh kết quả với PFR-60**

Lắp mạch tụ bù ba pha đầu tam giác trên mô hình có điện dung ba pha  $C_{3pha} = 2\mu F$ . Thí nghiệm trên tải trở ba pha đầu nối sao cho có điện trở tải:  $R_1 = R_4 = R_7 = 720 \Omega$ .

Tính toán công suất tụ điện ba pha (tính dung):  $Q_{C-3pha} = 3.U_f^2 \cdot 2\pi \cdot f_n \cdot C_f(Var)$

**Bảng 7. Tính toán lí thuyết và đo lường tại MFM384, PFR-120 so với PFR-60**

Thông số tính toán lí thuyết						
P <sub>1</sub> (W)	Q <sub>C1</sub> (Var)	S <sub>1-bù</sub> (VA)	I(A)	-	cosφ	-
233,5	-317,4	394	0,55	-	-0,59	-
Thông số đo lường lại MFM384 và PFR-120						
P <sub>1</sub> (W)	Q <sub>C1</sub> (Var)	S <sub>1-bù</sub> (VA)	I(A) MFM383	I(A) PFR-120	cosφ MFM384	cosφ PFR-120
232	-319	398	0,56	0,55	-0,58	-0,58
Thông số đo lường lại MFM384 và PFR-60						
P <sub>1</sub> (W)	Q <sub>C1</sub> (Var)	S <sub>1-bù</sub> (VA)	I(A) MFM383	I(A) PFR-60	cosφ MFM384	cosφ PFR-60
217	-222	302	1,42	0,23	-0,67	0,97

Nhận xét kết quả tính toán và đo lường:

Từ kết quả được ghi nhận Bảng 7, tính toán lí thuyết so với đo lường tại đồng hồ MFM384 và tại rơ le điều khiển PFR-120 cho kết quả sai số rất thấp. Hệ số công suất bộ tụ đo có dấu âm “-” do bù dư và khi bù dư làm dòng điện tăng thêm. Khi thực hiện đo lường tại đồng hồ MFM384 và tại rơ le điều khiển PFR-60 cho kết quả sai số lớn hơn. Chú trọng đo lường dòng điện và đo hệ số công suất tại đồng hồ MFM384 và tại rơ le điều khiển PFR-60 có sai số lớn và hệ số công suất tại rơ le PFR-60 không đúng.

**D. Thí nghiệm tải thuần kháng bù tĩnh, ghi nhận giá trị đo lường tại MFM384, PFR-120 và so sánh kết quả với PFR-60**

Lắp mạch tụ bù ba pha trên mô hình có điện dung ba pha  $C_{3pha} = 4\mu F$ , tải thuần kháng ba pha đầu sao có  $L_3 = L_6 = L_9 = 0,58 H$ . Điện kháng  $X_3 = X_6 = X_9 = 182 \Omega$ . Điện áp dây 410 V, tần số lưới 50 Hz.

Nhận xét kết quả tính toán và đo lường:

Từ kết quả được ghi nhận Bảng 8, tính toán lí thuyết so với đo lường tại đồng hồ MFM384 và tại rơ le điều khiển PFR-120 cho kết quả sai số

**Bảng 8. Tính toán lí thuyết và đo lường tại MFM384, PFR-120 so với PFR-60**

Thông số tính toán lí thuyết								
P (W)	Q (Var)	Q <sub>c</sub> (Var)	Q <sub>bù</sub> = Q-Q <sub>c</sub> (Var)	S <sub>bù</sub> (VA)	I(A)	-	cosφ	-
0	933,9	634,8	299	299	0,42	-	0	-
Thông số đo lường lại MFM384 và PFR-120								
P (W)	Q (Var)	Q <sub>c</sub> (Var)	Q <sub>bù</sub> = Q-Q <sub>c</sub> (Var)	S <sub>bù</sub> (VA)	I(A) MFM383	I(A) PFR-120	cosφ MFM384	cosφ PFR-120
83	-	-	285	297	0,42	0,4	0,27	0,27
Thông số đo lường lại MFM384 và PFR-60								
P (W)	Q (Var)	Q <sub>c</sub> (Var)	Q <sub>bù</sub> = Q-Q <sub>c</sub> (Var)	S <sub>bù</sub> (VA)	I(A) MFM383	I(A) PFR-60	cosφ MFM384	cosφ PFR-60
91	-	-	305	318	0,45	0,23	0,29	-0,07

rất thấp. Dựa trên thông số đo lường tải thuần kháng tồn tại giá trị điện trở có công suất 83 W (thực tế không thuần kháng như phần tính toán lí thuyết) nên hệ số công suất đo được là 0,27:

$$(cos\phi = P/S = 83/\sqrt{83^2 + 285^2} = 0,27)$$

Khi thực hiện đo lường tại đồng hồ MFM384 và tại rơ le điều khiển PFR-60 cho kết quả đo lường sai lệch lớn. Chú trọng đo dòng điện và đo hệ số công suất tại đồng hồ MFM384 với rơ le điều khiển PFR-60 có sai lệch lớn về dòng và hệ số công suất không đúng.

**E. Thí nghiệm tải trở và tải kháng khi bù tĩnh, ghi nhận giá trị đo lường tại MFM384, PFR-120 và so sánh kết quả với PFR-60**

Lắp mạch điện khi bù điện dung ba pha  $C_{3pha} = 2\mu F$  trên tải ba pha đầu sao cho có điện trở:  $R_3 = R_6 = R_9 = 180 \Omega$  và điện kháng:  $X_2 = X_5 = X_8 = 361 \Omega$ .

Nhận xét kết quả tính toán và đo lường:

Từ kết quả được ghi nhận ở Bảng 9, tính toán lí thuyết so với đo lường tại đồng hồ MFM384 và tại rơ le điều khiển PFR-120 cho kết quả sai số chấp nhận. Khi thực hiện đo lường tại đồng hồ MFM384 và tại rơ le điều khiển PFR-60 cho kết quả sai số lớn hơn. Chú trọng đo lường dòng điện và đo hệ số công suất tại đồng hồ MFM384 so với rơ le điều khiển PFR-60 có sai số lớn về dòng và hệ số công suất không đúng.

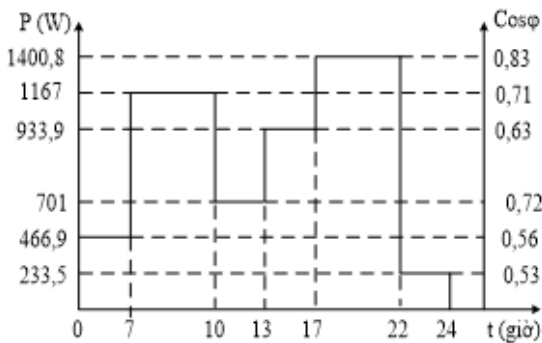
**F. Thí nghiệm đo lường trên thiết bị đo MFM384 so với rơ le điều khiển Mikro 12 cấp khi bù tự động**

Tính toán bù ứng động phụ tải ba pha có đồ thị phụ tải như Hình 6 để nâng hệ số công suất

**Bảng 9. Tính toán lí thuyết và đo lường tại MFM384, PFR-120 so với PFR-60, khi thực hiện bù tĩnh**

Thông số tính toán lí thuyết									
P (W)	Q (Var)	Qc (Var)	Q <sub>bù</sub> = Q-Qc (Var)	S <sub>bù</sub> (VA)	I(A)	-	cosφ	-	-
934	467	317,5	148,5	945,7	1,33	-	0,99	-	-
Thông số đo lường lại MFM384 và PFR-120									
P (W)	Q (Var)	Qc (Var)	Q <sub>bù</sub> = Q-Qc (Var)	S <sub>bù</sub> (VA)	I(A) MFM384	I(A) PFR-120	cosφ MFM384	cosφ PFR-120	-
985	427	311	116	992	1,39	1,36	0,99	1	-
Thông số đo lường lại MFM384 và PFR-60									
P (W)	Q (Var)	Qc (Var)	Q <sub>bù</sub> = Q-Qc (Var)	S <sub>bù</sub> (VA)	I(A) MFM384	I(A) PFR-60	cosφ MFM384	cosφ PFR-60	-
91	616	311	305	318	1,4	0,71	0,98	0,3	-

“cosφ” lên 0,95. Biết điện áp nguồn 410 V, tần số lưới điện 50 Hz.



Hình 4: Biểu đồ phụ tải theo công suất

Tính toán công suất cần bù để nâng hệ số công suất:  $Q_c = P.(tg\phi - tg\phi_c)$

Tính dòng điện sau khi bù:  $I_{bù} = \frac{\sqrt{P^2+(Q-Q_c)^2}}{\sqrt{3}.U_d}$

Tính hệ số công suất sau khi bù:  $cos\phi_{bù} = \frac{P}{\sqrt{P^2+(Q-Q_c)^2}}$

Qua tính toán, ta chọn dung lượng tụ bù ba pha thực tế cho ba khóa của bộ điều khiển tụ bù Mikro như sau:

$K_1 : C_{1-3pha} = 2\mu F; Q_{c1} = 317Var$

$K_2 : C_{5-3pha} = 3\mu F; Q_{c5} = 476Var$

$K_3 : C_{6-3pha} = 4\mu F; Q_{c6} = 634Var$

Bộ điều khiển làm việc dựa trên nguyên tắc: đóng các tụ điện có công suất nhỏ đến công suất

**Bảng 10. Tính toán và chọn công suất bù cho các khoá của rơ le điều khiển PFR-120**

Thời gian (giờ)	0÷7	7÷10	10÷13	13÷17	17÷22	22÷24
Công suất tụ tính toán Qc (Var)	538	774	455	844	481	288
Khoá điều khiển	K3	K1;K2	K2	K3;K1	K2	K1
Công suất bù chọn thực tế Qc (Var)	634	317; 476	476	634; 317	476	317

lớn, tụ điện nào đóng trước thì ngắt trước theo vòng khép kín.

**Bảng 11. Tính toán lí thuyết và đo lường tại MFM384, PFR-120 khi bù tự động**

Thời gian t (giờ)	0÷7	7÷10	10÷13	13÷17	17÷22	22÷24
P (W)	466,9	1167	701	933,9	1400,8	233,5
Q (Var)	690	1156	690	1156	924	376
Hệ số công suất cosφ	0,56	0,71	0,72	0,63	0,83	0,53
R (Ω)	R <sub>2</sub>	R <sub>1</sub> //R <sub>3</sub>	R <sub>1</sub> //R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> //R <sub>3</sub>	R <sub>1</sub>
X (Ω)	X <sub>1</sub> //X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> //X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> //X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> //X <sub>3</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub>
Dòng tải I (A)	1,17	2,3	1,39	2,09	2,36	0,62
Công suất tụ bù tính toán Qc (Var)	537,5	773,9	445,3	884,3	408,9	228
Khoá K của PFR-120	K <sub>3</sub>	K <sub>1</sub> ; K <sub>2</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub> , K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>1</sub>
Chọn công suất tụ bù Qc (Var)	Q <sub>c6</sub>	Q <sub>c1</sub> ; Q <sub>c5</sub>	Q <sub>c5</sub>	Q <sub>c6</sub> ; Q <sub>c1</sub>	Q <sub>c5</sub>	Q <sub>c1</sub>
Tính toán dòng sau khi bù I <sub>bù</sub> (A)	0,66	1,72	1,03	1,35	2,1	0,34
I <sub>bù</sub> (A) MFM384	0,7	1,8	1,1	1,4	2,1	0,34
I <sub>bù</sub> (A) PFR-120	0,7	1,8	1,1	1,4	2,1	0,34
cosφ <sub>bù</sub> MFM384	0,99	0,97	0,97	0,98	0,95	0,96
cosφ <sub>bù</sub> PFR-120	1	0,98	0,98	0,99	0,96	0,97

Nhận xét kết quả đo lường bù tự động:

Qua kết quả đo lường, ta thấy hệ số công suất đạt yêu cầu từ 0,95 trở lên. Dòng điện phụ tải giảm khi bù.

Các kết quả thí nghiệm thực hiện lặp lại nhiều lần trên mô hình điều khiển tụ bù Mikro 12 cấp được trình bày chi tiết ở các Bảng 12, Bảng 13, Bảng 14, Bảng 15 và Bảng 16. Các số liệu chứng minh được sự chính xác cao và đạt thấp nhất khoảng 92,0% và cao nhất 99,23%. Trường hợp đo hệ số công suất khi thí nghiệm tải thuần trở đạt 100%. Vì vậy, mô hình chúng tôi thiết kế đạt hiệu quả hơn.

Bảng 12. Độ chính xác tải thuần trở khi đo lường trên mô hình tụ bù Mikro 12 cấp

Thiết bị đo lường	I(A)	I(A)	I(A)	cosφ
MFM 384	0,33	0,66	1,3	1
PFR-120	0,325	0,65	1,29	1
Độ chính xác	98,48%	98,48%	99,23%	100%

Bảng 13. Độ chính xác tải thuần trở khi đo lường trên mô hình tụ bù Mikro 6 cấp

Thiết bị đo lường	I(A)	I(A)	I(A)	cosφ
MFM 384	0,22	0,62	1,27	-0,996
PFR-60	0,17	0,33	0,67	0,51
Độ chính xác	77,27%	53,23%	52,76%	51,20%
Đo đạt không đúng hệ số công suất				FALSE

Bảng 14. Độ chính xác tải thuần kháng khi đo lường trên mô hình tụ bù Mikro 12 cấp

Thiết bị đo lường	I(A)	I(A)	cosφ	cosφ
MFM 384	0,62	1,3	0,14	0,092
PFR-120	0,59	1,25	0,14	0,1
Độ chính xác	95,16%	96,15%	100%	92%

Bảng 15. Độ chính xác tải thuần kháng khi đo lường trên mô hình tụ bù Mikro 6 cấp

Thiết bị đo lường	I(A)	I(A)	cosφ	cosφ
MFM 384	0,6	1,27	0,17	0,124
PFR-60	0,31	0,66	-0,81	-0,84
Độ chính xác	51,67%	51,97%	20,99%	14,76%
Đo đạt không đúng hệ số công suất			FALSE	FALSE

Bảng 16. Độ chính xác đo lường khi tải trở và tải kháng bù tĩnh trên hai mô hình

Thiết bị đo	I(A)	cosφ	Thiết bị đo	I(A)	cosφ	Đo đạt không đúng
MFM 384	0,56	-0,58	MFM 384	1,42	-0,67	
PFR-120	0,55	-0,58	PFR-60	0,23	0,97	FALSE
Độ chính xác	98,2%	100%	Độ chính xác	16,2%	69,1%	FALSE

## V. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày những nội dung liên quan đến thiết kế mô hình dạy học, thí nghiệm sai số đo lường trên các thông số tải, thông số tụ bù giữa mô hình điều khiển tụ bù Mikro 12 cấp so với mô hình điều khiển tụ bù Mikro 6 cấp. Thí nghiệm bài toán bù tĩnh trên mô hình tải thuần trở, tải thuần kháng và tải thuần trở kết hợp tải thuần kháng. Thí nghiệm bài toán bù ứng động. Điểm nổi bật của phương pháp nghiên cứu này là so sánh sai số đo lường giữa đồng hồ đo lường MFM384 và rơ le điều khiển tụ bù PFR-120 trên mô hình tụ bù Mikro 12 cấp so với rơ le điều khiển tụ bù PFR-60 trên mô hình tụ bù Mikro 6 cấp tại Bộ môn. Các bài thí nghiệm về sai số đo lường được thực hiện trên cả hai mô hình cho thấy mô hình chúng tôi thiết kế đạt hiệu quả hơn, độ chính xác cao hơn.

## LỜI CẢM ƠN

Chân thành cảm ơn Trường Đại học Trà Vinh đã hỗ trợ kinh phí để chúng tôi thực hiện đề tài nghiên cứu khoa học này.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lê Hoàng Qui, Thạch Bình Qui. *Thực hiện mô hình tụ bù Mikro 12 cấp* [Khoa luận tốt nghiệp], Trường Đại học Trà Vinh; 2019.
- [2] Nguyễn Anh Vũ. *Thiết kế mô hình điều khiển bù công suất phản kháng*. [Đề tài nghiên cứu khoa học cấp trường], Khoa Điện – Điện tử, Trường Đại học Thủ Dầu Một; 2015.
- [3] Aleksandr N. Skamyin. Energy efficiency improving of reactive power compensation devices. In *IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus)*. 2018.
- [4] Yuriy Sayenko, Tatiana Baranenko. Compensation of reactive power in electrical supply systems of large industrial enterprises. In *Przeglad elektrotechniczny*. 2015.



- [5] Zhou Jianguo, Sun Qiuye. Load balancing and reactive power compensation based on capacitor banks shunt compensation in low voltage distribution networks. In *Proceedings of the 31st Chinese Control Conference*. 2012.
- [6] Vinh Tung. *Lựa chọn môi cho điều khiển và bảo vệ các thiết bị động lực*. Schneider Electric Vietnam; 2009.
- [7] Hồ Văn Hiến. *Hệ thống điện truyền tải và phân phối*. TP. Hồ Chí Minh: Nhà Xuất bản Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh; 2013.
- [8] Nguyễn Thanh Hiền. *Tài liệu hướng dẫn sử dụng mô hình tụ bù Mikro 12 cấp và thực hiện các bài thí nghiệm bù công suất phản kháng*. Bộ môn Điện – Điện tử, Khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Trà Vinh; 2021.