

# THIẾT KẾ VÀ THI CÔNG MÔ HÌNH THÍ NGHIỆM NHÀ MÁY ĐIỆN

## DESIGN AND EXECUTION OF EXPERIMENTAL MODEL OF POWER PLANT OPERATION

**Trương Việt Anh,**  
ĐH Sư Phạm Kỹ Thuật TP.HCM

**Nguyễn Trung Thắng,**  
ĐH Tôn Đức Thắng

### TÓM TẮT

Bài báo trình bày thiết kế và thi công mô hình thí nghiệm vận hành nhà máy điện dựa trên cơ sở các mô hình đã có nhằm đem lại hiệu quả về kinh tế và đạt được thực tiễn. Mô hình thí nghiệm nhà máy điện đã được sản xuất và đưa vào thí nghiệm trong nhiều năm qua. Tuy nhiên, do giá thành cao của các mô hình hiện hữu đã làm hạn chế tính tích cực, sáng tạo của người sử dụng. Với mô hình đề xuất, các bài thí nghiệm khảo sát vận hành nhà máy điện thực tế được thực hiện chi tiết. Kết quả thí nghiệm được phân tích cho thấy mô hình đề xuất là một mô hình hiệu quả cho thí nghiệm vận hành nhà máy điện trong hệ thống điện.

### ABSTRACT

The paper presents a design and execution of experimental model of power plant operation based on current models in order to reduce cost of investment and achieve practical purpose. Experimental model of power plant operation has been manufactured and used in recent years. However, high cost of the model restricts active and creative qualities of operators. With the proposed model, some experimental lessons of power plant operation survey in practical were performed in detail. An analysis of experimental results showed that the proposed model is an effective model for performing experimentation of power plant operation in the power system.

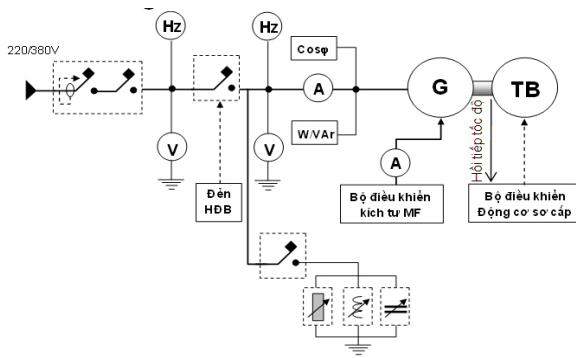
**Keywords: Experimental model, power plant operation.**

### I. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, đẩy mạnh chất lượng dạy và học trong các trường kỹ thuật đang là mục tiêu hàng đầu của nền giáo dục Việt Nam. Kết quả chất lượng đang được quan tâm đã và đang đưa ra những phương hướng nhằm xúc tiến sự phát triển. Các môn học lý thuyết đóng góp kiến thức nền tảng, tạo khả năng tư duy, suy luận, tạo cho sinh viên khả năng phân tích đánh giá vấn đề trong công việc sau này. Bên cạnh đó, môn học thực hành đóng vai trò thực tiễn, đem lại kiến thức thực tế, người học có thể kiểm

tra lý thuyết thông qua các thao tác thí nghiệm, hình thành những ý tưởng mới thực tế hơn và vận hành được công nghệ.

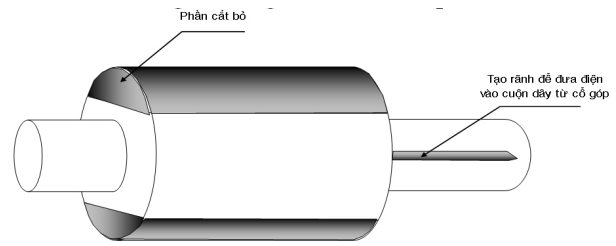
Từ đó, vấn đề đặt ra là phải xây dựng mô hình trong phòng thí nghiệm đầy đủ tính chất của một mô hình vật lý, là cơ sở lý giải cho lý thuyết đã học, tạo điều kiện hình thành những ý tưởng và phát minh. Trong môn học thực tập cung cấp điện, mô hình nhà máy điện thường có sơ đồ khối như hình 1.



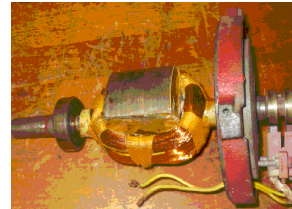
Hình 1: Sơ đồ khối của mô hình nhà máy điện

Động cơ sơ cấp thường là một máy điện DC và máy phát để minh họa một nhà máy điện hoạt động trong hệ thống. Máy điện DC đóng vai trò là động cơ sơ cấp có thể làm việc tốt nhưng tồn tại những khó khăn cho quá trình làm việc cũng như tuổi thọ cho động cơ. Do cấu tạo phức tạp, cổ góp phải chịu ma sát lớn và các bộ phận cơ khí rung mạnh khi cắt tải đột ngột trong quá trình làm tốc độ máy phát - động cơ DC rất lớn so với tốc độ định mức. Việc điều chỉnh tốc độ động cơ sơ cấp đóng vai trò quan trọng trong quá trình thí nghiệm nhằm làm rõ sự thay đổi về tần số khi công suất thay đổi. Điều này có thể thực hiện bởi bộ biến tần và động cơ không đồng bộ rotor lồng sóc. Với ưu điểm về điều chỉnh tốc độ của biến tần, giá thành rẻ của động cơ rotor lồng sóc trong khi vẫn đáp ứng được chức năng của bộ thí nghiệm làm cho mô hình đề xuất có ý nghĩa to lớn. Hơn nữa, trong hệ thống điện, việc điều chỉnh công suất tác dụng và phản kháng một cách độc lập đóng vai trò quan trọng trong việc ổn định và nâng cao khả năng liên tục cung cấp điện.

Trên thế giới, các hãng sản xuất đồ dùng dạy học nổi tiếng như Delozaro [1], Leboyd [2] hay Lap-Volt [3] đã sản xuất mô hình nhà máy điện - trạm biến áp nhưng chỉ ở mức độ đơn giản với các thí nghiệm hoà đồng bộ, phát công suất tác dụng, thu/phát công suất kháng trong quá trình chạy đơn lẻ hay với hệ thống. Trong khi đó, các kỹ năng cho việc vận hành kết nối nhiều tổ máy phát (có công suất nhỏ) đang là một nhu cầu lớn của các nhà máy xí nghiệp tại Việt Nam, hay vận hành song song các tổ máy điện có máy phát điều tần cũng không được đề cập.



Hình 2: Phay rotor lồng sóc để làm rotor máy phát điện



Hình 3: Mô tả rotor sau khi đã sấy tẩm hoàn tất



Hình 4: Dây cuộn stator hoàn tất

Hơn nữa, các thiết bị phục vụ cho bài thí nghiệm nhà máy điện khá đắt tiền, việc trang bị đầy đủ một nhà máy điện có 2 tổ máy là cực kỳ khó khăn, việc thí nghiệm hoà lưới và phân bố công suất giữa các tổ máy thường không được đề cập trong thí nghiệm. Mặt khác, giá thành cũng là rào cản cho quá trình thí nghiệm nắm bắt công nghệ của người thực hành.

Từ đó, bài báo đề xuất chế tạo một mô hình thí nghiệm với hợp bộ biến tần- động cơ không đồng bộ rotor lồng sóc-máy phát có giá thành rẻ và đồng thời đáp ứng được những yêu cầu thí nghiệm mà những bộ thí nghiệm hiện hữu không đáp ứng được. Các phần tử trong mô hình được trình bày, phân tích và kết nối thành mô hình thí nghiệm hoàn chỉnh. Sau cùng, kết quả thí nghiệm cho thấy mô hình đề xuất là hiệu quả.

## II. PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN

### 1. Xây dựng các tiêu chí .

Các yêu cầu đặt ra như sau cho mô hình phòng thí nghiệm:

- Trước tiên, tính thực nghiệm của một phòng thí nghiệm được đặt lên hàng đầu, nhằm thực hiện được mục tiêu của từng bài, kiểm chứng được mô hình thực tế từ bài thí nghiệm.

Tuy 0 được hoàn thành như hình 4 trong máy phát 3 pha công suất 600 W,  $\cos\phi$  0.8, 1 cặp cực

ổn định ngay cả khi chuyển đột ngột từ không tải sang đầy tải.

**b. Động cơ sơ cấp.**

Để đồng bộ hệ thống turbine-máy phát, động cơ không đồng bộ rotor lồng sóc có tốc độ quay đồng bộ là 3000 vòng/phút được chọn làm động cơ sơ cấp. Điều này nhằm đảm bảo máy phát sẽ phát ra dòng điện 50Hz.

**d. Hệ thống kích từ 0-100V, 600mA.**

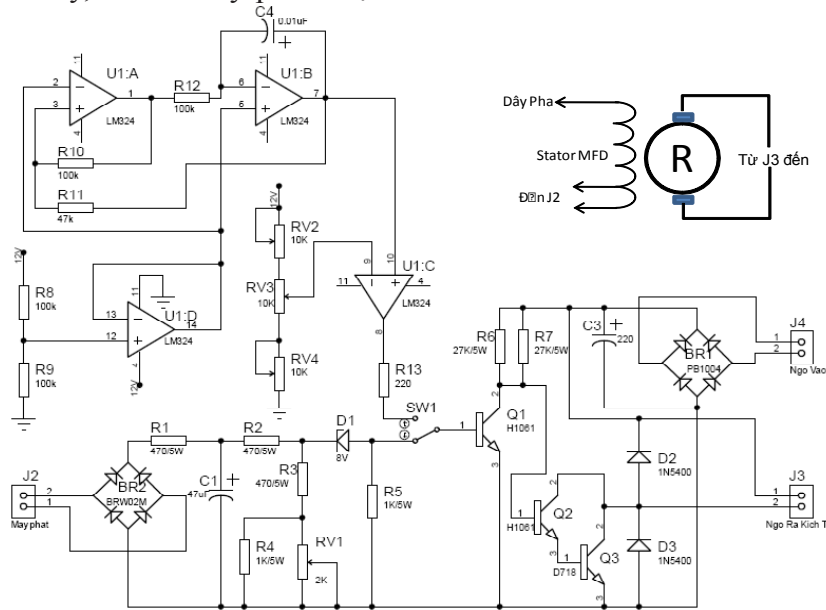
Bộ kích từ được thiết kế có hai chế độ làm việc chính:

- Tự động ổn định điện áp máy phát phục vụ chế độ làm việc độc lập
- Điều khiển dòng kích từ bằng tay phục vụ chế độ liên kết lưới

**c. Biến tần – bộ điều khiển động cơ sơ cấp**

Chọn biến tần công suất 0.75kW-1.5kW 3pha 380V của LS 5iG4 sản xuất từ Hàn Quốc vì giá thành rẻ và dễ cài đặt thông số, liên kết với máy tính thông qua cổng truyền thông 485[5]. Ngoài ra, bộ biến tần còn được tích hợp sẵn bộ điều khiển PID thông qua đường tiếp tín hiệu điện áp dạng analog, tốc độ được điều chỉnh theo mong muốn. Nhờ đặc tính này, tần số máy phát được

Hai chế độ này của bộ điều khiển dòng kích từ đều có khả năng liên kết với các module đặt công suất phản kháng lên lưới. Hình 5 mô tả sơ đồ nguyên lý của module điều khiển kích từ máy phát của mô hình nhà máy điện.



Hình 5: Sơ đồ nguyên lý của module điều khiển kích từ máy phát

**e. Máy phát tốc**

Máy phát tốc được thiết kế rời [1] làm cho việc chế tạo gặp nhiều khó khăn, tốn kém chi phí, và được gắn chặt vào máy phát điện [2], [3] lại không thuận lợi cho các bài tập khảo sát các chế độ làm việc của động cơ. Trong nghiên cứu này, máy phát tốc được gắn chặt vào động cơ điện sơ cấp để có thể sử dụng cho mô hình nhà máy điện cũng như các bài tập liên quan đến

động cơ khác.

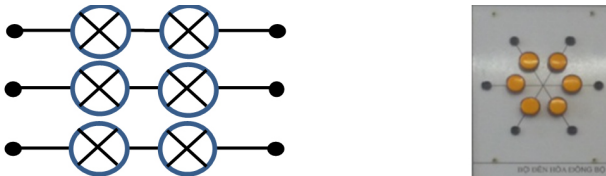
tín hiệu tốc độ quay của rotor động cơ sơ cấp thông qua máy phát tốc DC TS252N30E4, có thông số tại [6]. Các chỉ số  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  của bộ điều khiển PID được xác định theo phương pháp Zeigler-Nichols [4]

**g. Mô hình tải.**

Mô hình tải gồm có: 1 tải thuần trở, 1 tải thuần cảm và 1 tải thuần dung có khả năng thay đổi thông số dễ dàng như hình 7.

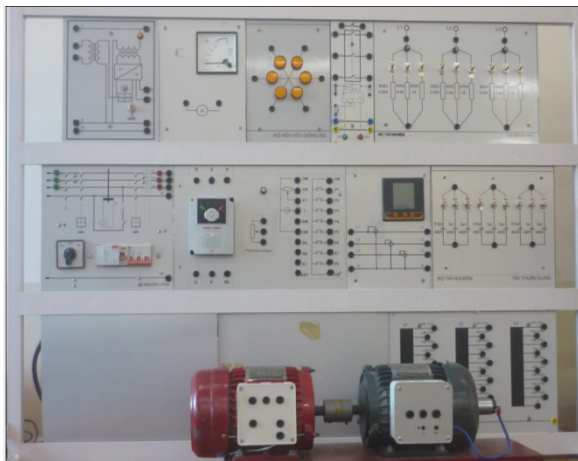
### h. Đèn hoả đồng bộ

Đèn hoả đồng bộ được thiết kế theo sơ đồ hình 6, có thể dùng các đèn tín hiệu loại 220V rẻ tiền và có thể thực hiện cả 2 phương pháp hoà 3 bóng tối hay phương pháp 2 bóng sáng và 1 bóng tối



Hình 6: Sơ đồ đèn hoả đồng bộ

Mô hình nhà máy điện hoàn chỉnh được trình bày tại hình 7



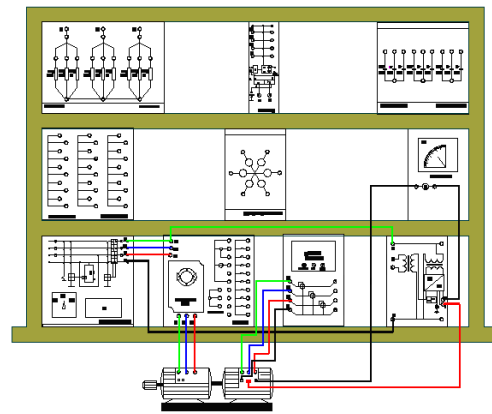
Hình 7. Mô hình nhà máy điện hoàn chỉnh

## III. THÍ NGHIỆM TRÊN MÔ HÌNH.

Tiến hành làm các thí nghiệm để xác định tính đáp ứng của mô hình nhà máy phát điện. Các bài thí nghiệm được tiến hành lần lượt như sau:

### 1. Thí nghiệm không tải máy phát điện.

Tiến hành thí nghiệm không tải kết nối như hình 8.

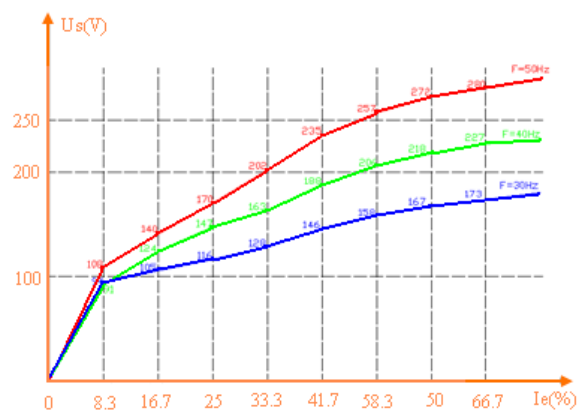


Hình 8: Kiểm tra không tải MFD

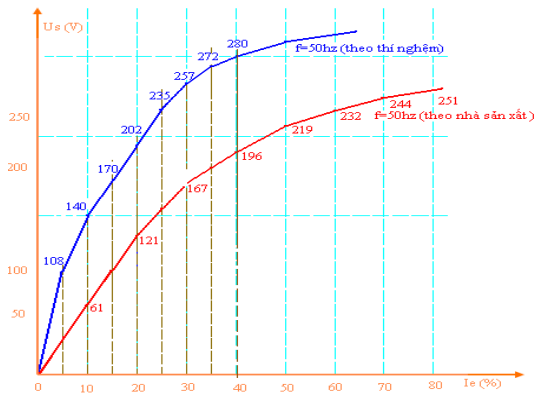
Kết quả thí nghiệm được trình bày ở hình 9, với các trường hợp tần số 30hz, 40hz và 50 Hz. Với 3 đường đặc tuyến điện áp không tải theo dòng kích từ máy phát cho thấy:

- Khi tăng dòng kích từ thì điện áp đầu ra của máy phát cũng tăng theo và bắt đầu bão hòa khi dòng kích từ đạt 50% giá trị định mức.
- Điện áp không tải của máy phát ngoài việc phụ thuộc vào dòng kích từ còn bị tác động mạnh của tần số làm việc.

Hình 10 so sánh đặc tuyến không tải của máy phát điện tự chế tạo với máy phát điện của hãng Lebold [1], kết quả cho thấy hình dạng của đặc tuyến có kết quả tương đồng.



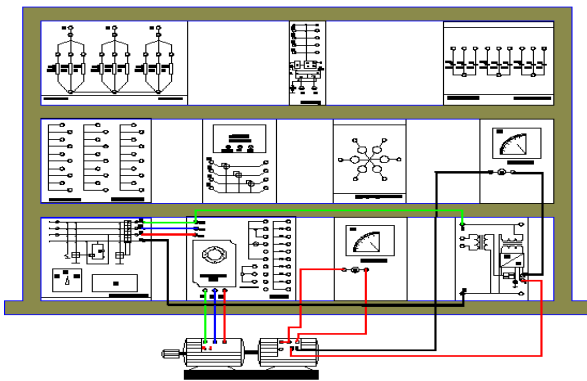
Hình 9: Đồ thị điện áp không tải máy phát điện ở tần số 30, 40, 50Hz



Hình 10: So sánh đặc tuyến không tải với [1]

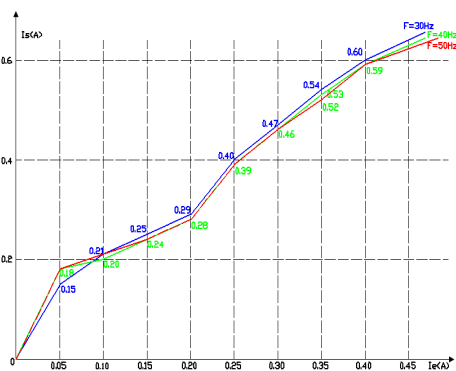
## 2. Thí nghiệm ngắn mạch máy phát điện.

Tiến hành thí nghiệm ngắn mạch kết nối như hình 11



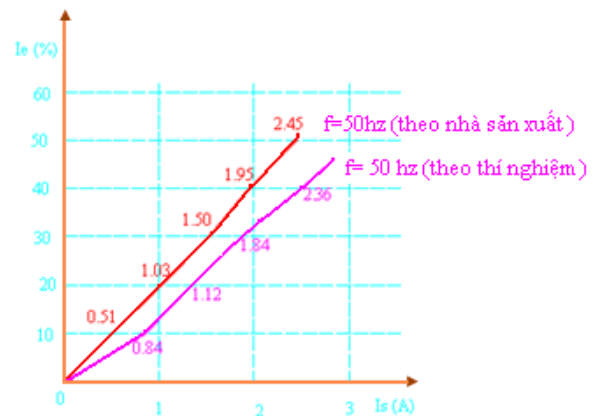
Hình 11: Kiểm tra ngắn mạch MFD

Các thí nghiệm ngắn mạch cũng được thực hiện tương tự với các trường hợp tần số 30, 40 và 50Hz. Kết quả thí nghiệm được trình bày tại hình 12. Đường đặc tuyến ngắn mạch thu được cho thấy quan hệ giữa dòng stator máy phát và dòng kích từ có tính tuyến tính.



Hình 12: Đồ thị dòng điện stator khi ngắn mạch máy phát điện ở tần số 30, 40, 50Hz

Hình 13 so sánh đặc tuyến ngắn của máy phát điện tự chế với máy phát điện của hãng Lebold [1] cũng cho thấy tính đồng dạng về mặt tuyến tính.



Hình 13: Đồ thị ngắn mạch theo lý thuyết

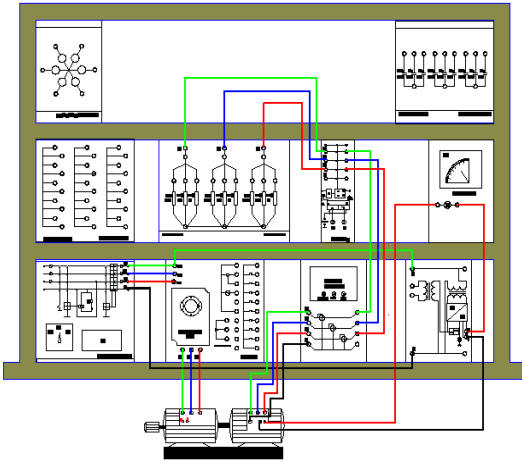
Nhận xét: Với hai thí nghiệm không tải và ngắn mạch cho thấy máy phát điện tự chế có tính tương đồng về mặt vật lý như các máy phát điện của các hãng sản xuất đồ dùng dạy học nổi tiếng.

## 3. Thí nghiệm tải R, L, C.

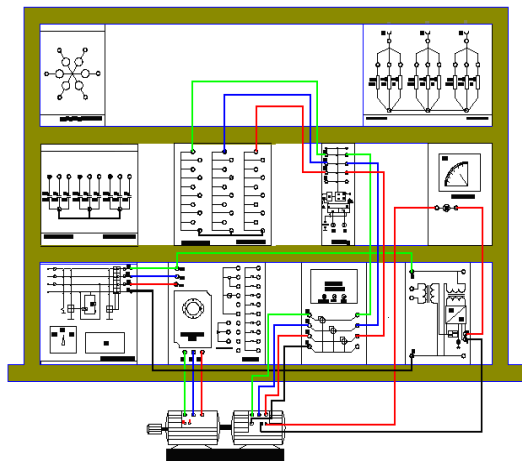
Tiến hành thí nghiệm mô hình máy phát điện chạy với tải thuần trở (hình 14) với tải thuần cảm (hình 15) và tải thuần dung (hình 16). Các thí nghiệm được thực hiện với nhiều giá trị tải để xây dựng lần lượt các đặc tuyến điện áp đầu cực máy phát với dòng kích từ.

Kết quả thí nghiệm được trình bày trong hình 17. Để đảm bảo an toàn cho máy phát điện không bị đánh thủng cách điện, trong các thí nghiệm, điện áp đầu cực máy phát được đặt ở điện áp là 170V, dòng kích từ là 0.01A. Giá trị này được đặt là giá trị khởi đầu cho các thí nghiệm thay đổi tải. Kết quả cho thấy, khi làm việc với cùng dòng kích từ, điện áp đầu cực máy phát điện luôn thỏa mãn điện áp tải thuần dung cao hơn điện áp tải thuần trở, điện áp với tải thuần cảm là nhỏ nhất. Với tải thuần dung, điện áp máy phát có thể bị vượt cao hơn điện áp đánh thủng cách điện. Điều này cho thấy tính hợp lý về mặt định tính của máy phát điện tự chế khi tham khảo với đặc tuyến điện áp với các tải thuần trở, thuần dung và thuần cảm với máy phát điện của hãng Lebold –

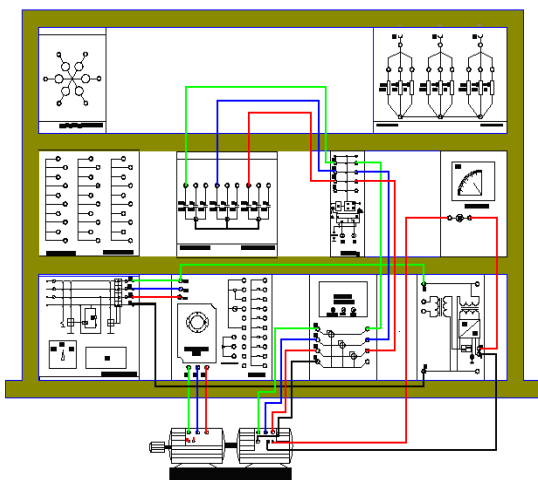
hình 18



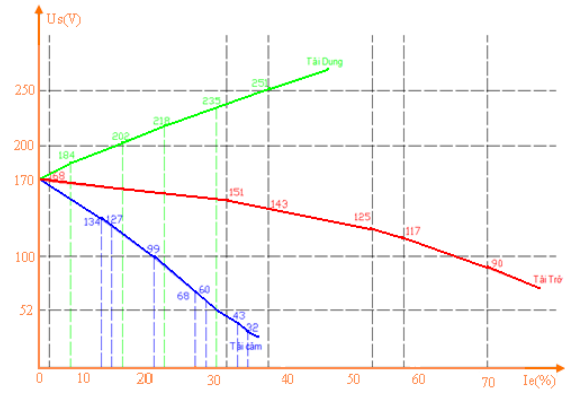
Hình 14: Sơ đồ đấu nối mô hình máy phát điện – tải thuần trở



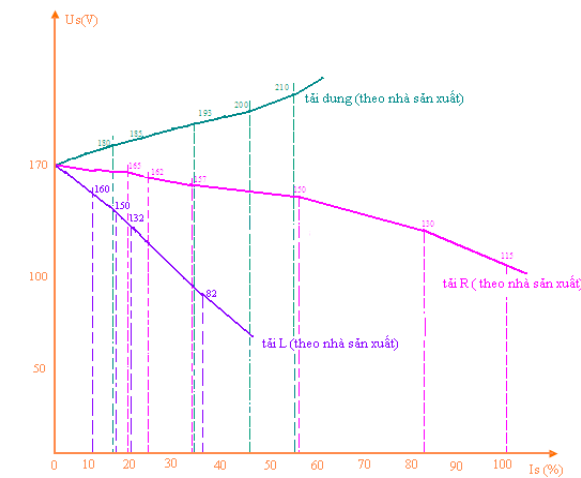
Hình 15: Sơ đồ đấu nối mô hình máy phát điện – tải thuần cảm



Hình 16: Sơ đồ đấu nối mô hình máy phát điện – tải thuần dung



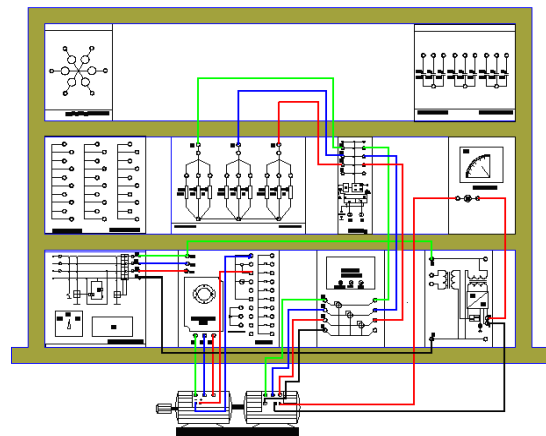
Hình 17: Giá trị điện áp ở 3 thí nghiệm lần lượt với tải R, L, C của máy phát tự chế



Hình 18: Giá trị điện áp của máy phát Lebold khi làm việc với tải thuần R, L, C

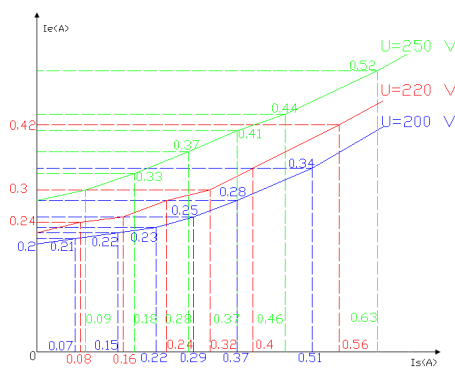
#### 4. Thí nghiệm chạy ổn định điện áp và ổn định tần số máy phát điện.

Thực hiện sơ đồ như hình 19, tiến hành thí nghiệm trên mô hình bằng cách thay đổi các giá trị tải thuần trở



Hình 19: Sơ đồ nối dây thí nghiệm ổn định điện áp và tần số khi tải thay đổi

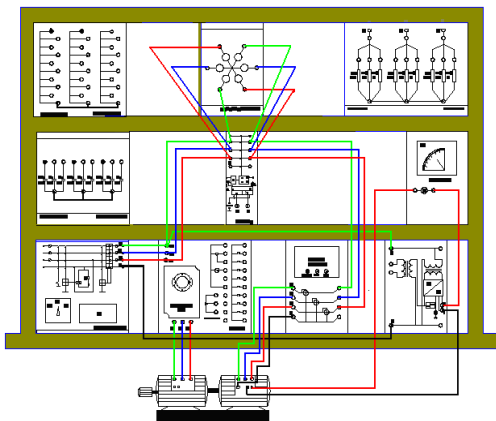
Kết quả thí nghiệm như hình 20. Theo đồ thị, giá trị  $I_e$  (dòng kích từ) thay đổi theo  $I_s$  (dòng stator máy phát). Cụ thể là khi tăng tải tiêu thụ, dòng tải  $I_s$  tăng, để giữ được điện áp đầu cực máy phát không đổi thì dòng kích từ  $I_e$  được tự động điều chỉnh tăng theo. Thí nghiệm được thực hiện ở 3 giá trị điện áp đặt lần lượt là: 200V, 220V, 250V. Khi cùng một giá trị dòng  $I_s$ , dòng  $I_e$  của đặc tuyến điện áp thấp sẽ luôn có giá trị bé hơn. Điều này được giải thích: Với công suất tiêu thụ không đổi (tải thuần trở, điện áp tải không đổi) nhưng khác tần số thì với tần số cao hơn, dòng kích từ sẽ có giá trị bé hơn. Điều này hoàn toàn hợp lý với các máy phát điện thông dụng.



Hình 20: Giá trị dòng  $I_e$  theo  $I_s$  ở các mức điện áp khác nhau

## 5. Thí nghiệm hoà đồng bộ và phát P, Q lên lưới hay phát P và thu Q của lưới.

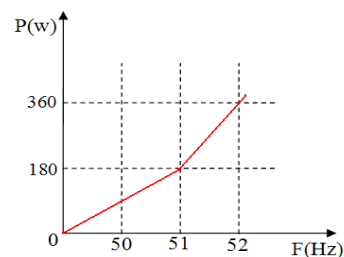
Thực hiện sơ đồ như hình 21, tiến hành thí nghiệm trên mô hình với các trường hợp: Hoà lưới quốc gia, phát công suất tác dụng, phát và thu công suất phản kháng lên lưới điện quốc gia.



Hình 21: Thí nghiệm hòa lưới, phát P, phát và thu Q của máy phát điện tự chế

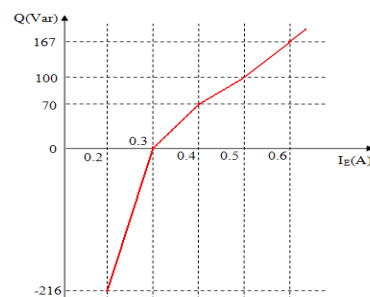
Kết quả được trình bày tại đồ thị hình 22 và 23. Trong thí nghiệm, thực hiện hoà đồng bộ cả 2 phương án 3 đèn sáng/tối cùng lúc và 2 đèn sáng 1 đèn tối. Kết quả hòa lưới tốt, hệ thống động cơ sơ cấp và máy phát bị rung lắc khi đóng máy cắt hòa lưới không đáng kể.

Kết quả phát P và Q lên lưới phù hợp với yêu cầu thực tế của một máy phát điện. Khi tăng biến tần kéo động cơ sơ cấp, công suất phát của máy phát điện cũng tăng theo như hình 22. Điều này là hợp lý vì: khi tăng tần số của bộ biến tần điều khiển động cơ sơ cấp, đặc tuyến moment làm việc của động cơ sơ cấp cũng thay đổi. Tuy nhiên, tốc độ quay của hệ động cơ sơ cấp - máy phát điện không thay đổi vì bị khống chế bởi tần số 50Hz của lưới điện. Vì vậy moment trên trục của hệ động cơ sơ cấp - máy phát điện tăng lên theo tần số của bộ điều khiển động cơ sơ cấp và công suất truyền vào lưới cũng tăng.



Hình 22: Công suất phát phụ thuộc vào tần số của biến tần

Kết quả thí nghiệm cho trường hợp thu-phát Q của máy phát khi tăng hay giảm dòng kích từ được trình bày trong hình 23. Công suất phản kháng thu-phát thay đổi theo giá trị dòng kích từ  $I_e$ , khi  $I_e=0.3A$ ,  $Q = 0$ . Khi  $I_e$  lớn hơn 0,3A, máy phát công suất Q lên lưới như một tụ điện. Ngược lại, dưới giá trị kích từ 0,3A, máy phát trở thành cuộn kháng, hút Q từ lưới điện.



Hình 23: Đồ thị thu và phát Q vào lưới theo dòng kích từ  $I_e$

#### IV. KẾT LUẬN.

Từ các kết quả thí nghiệm và phân tích ở mục trên. Có thể nhận thấy mô hình nhà máy điện còn nhiều khuyết điểm sau: Dải thí nghiệm không được rộng, kết quả số không đúng hoàn toàn như tính toán lý thuyết mà mô hình thí nghiệm của các hãng chế tạo đang có mặt trên thị trường có thể làm được. Kích từ máy phát chưa đủ lớn để phát  $\cos\phi$  ở giá trị thấp khi công suất  $P = 600W$ .

Tuy nhiên, mô hình nhà máy điện đã thực hiện được tất cả các thí nghiệm mà mục tiêu đề tài đặt ra. Các kết quả thí nghiệm có kết quả định tính phù hợp với lý thuyết của các máy phát điện, đảm bảo thể hiện được định tính trong thí nghiệm máy phát điện trong nhiều chế độ của máy phát. Với chất lượng này, máy phát điện chế tạo theo phương án đề xuất đủ tiêu chuẩn để đáp ứng các thí nghiệm/thực hành không tải, có tải, ngắn mạch, chạy độc lập và hoà lưới trong các bài thực tập mô hình nhà máy điện tại các trường đào tạo trình độ từ trung cấp đến đại học.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Tài liệu hướng dẫn sử dụng thiết bị của hãng Lebold – Phòng Thí nghiệm / thực tập Cung Cấp Điện – Giai đoạn 1 (2003) – ĐH.SPKT Tp.HCM
- [2]. Tài liệu hướng dẫn sử dụng thiết bị của hãng Derezenro – Phòng Thí nghiệm / thực tập Cung Cấp Điện – Giai đoạn 2 (2005) – ĐH.SPKT Tp.HCM
- [3]. Tài liệu hướng dẫn sử dụng thiết bị của hãng LabVolt – Phòng Thí nghiệm / thực tập Máy Điện – ĐH.SPKT Tp.HCM
- [4]. Quy phạm trang bị điện – Phần I: Quy định chung (11 TCN – 18 – 2006 ) Nhà xuất bản Lao Động Xã Hội 2006
- [5]. Quy phạm trang bị điện – Phần III: Trang bị phân phối và trạm biến áp (11 TCN – 20 – 2006 ) Nhà xuất bản Lao Động Xã Hội 2006
- [6]. Lý thuyết điều khiển tự động – Nguyễn Thị Phương Hà, Huỳnh Thái Hoàng - NXB ĐHQG.TPHCM