

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG BỘ ĐIỀU TỐC VÀ BỘ AVR SỐ CHO MÁY PHÁT ĐIỆN XOAY CHIỀU

DESIGN DIGITAL SPEED REGULATOR AND AVR FOR AC GENERATOR

TS. TRẦN ANH DŨNG
Khoa Điện – ĐTTB, Trường ĐHHH

Tóm tắt

Bài báo này đề cập đến vấn đề xây dựng hệ thống điều khiển tốc độ và điện áp cho trạm phát điện trên phần mềm Matlab-Simulink kết hợp với Card PCI – 1711 của hãng Advantech, trong đó các thông số của trạm phát điện De Lorenzo trang bị tại phòng thí nghiệm của Khoa Điện – ĐTTB được chỉnh định trong miền thời gian thực. Các bộ điều khiển tổng hợp được đã đáp ứng tốt các chỉ tiêu chất lượng và đã khắc phục được ảnh hưởng của các yếu tố phi tuyến mà bộ điều khiển PID truyền thống chưa đáp ứng được.

Abstract

This paper presents the design of speed and voltage control system for an AC generator on Matlab-Simulink software with Advantech's PCI Card - 1711, the parameters of De Lorenzo power station of Marine Electrical – Electronic Engineering Department laboratory is adjusted in the real time. The good performance of the synthesis controller meets the requirement of quality criteria and it has overcome the influence of nonlinear characteristic that traditional PID controller has not met.

1. Đặt vấn đề

Vào cuối thế kỉ 19, điện năng đã được ứng dụng rộng rãi trên tàu thủy. Trước tiên là ứng dụng điện vào chiếu sáng, quạt gió năm 1886, đến truyền động lái điện năm 1902, tời quán dây và cơ cấu cần trục năm 1897 đến 1903...Cứ như vậy việc ứng dụng năng lượng điện phát triển với tốc độ ngày càng nhanh trên đội tàu thế giới. Đến đầu thế kỉ 20, thuật ngữ trạm phát điện tàu thủy mới xuất hiện khi năng lượng điện đã được sử dụng một cách rộng rãi vào việc phục vụ khai thác các con tàu và phục vụ sinh hoạt cho thủy thủ, thuyền viên làm việc trên những con tàu đó [1].

Ngày nay, sự phát triển của khoa học công nghệ, sự bùng nổ của công nghệ thông tin, đặc biệt về tin học đã làm thay đổi hẳn diện mạo của hệ thống trạm phát điện tàu thủy. Trạm phát điện tàu thủy được ví như trái tim của con tàu, vì mọi hoạt động của con tàu đều cần có năng lượng điện, đặc biệt là các hệ thống quan trọng như lái tự động, máy chính, hệ thống máy móc dẫn đường, máy móc hàng hải...là những thiết bị, hệ thống không thể thiếu để vận hành, khai thác an toàn con tàu. Cũng chính tầm quan trọng lớn lao đó nên ở những con tàu hiện đại ngày nay, việc thiết kế hệ thống trạm phát điện phải đảm bảo một số yêu cầu kỹ thuật nhất định, có hệ số an toàn cao, có độ tin cậy vững chắc. Ngoài ra, việc nâng cao chất lượng của hệ thống trong chế độ đóng và phân phối tải, vấn đề ổn định hệ thống...cũng là một trong những nội dung cần nghiên cứu.

Việc nghiên cứu về trạm phát điện tàu thủy nói chung rất phong phú và đa dạng. Tuy nhiên khi nghiên cứu trên hệ thống thật thì gặp rất nhiều khó khăn về tài chính, về kỹ thuật và công nghệ. Do đó, việc mô phỏng bằng các phần mềm và xây dựng mô hình thu nhỏ của trạm phát điện tàu thủy sử dụng các phương pháp mới để tổng hợp hệ thống, từ đó tiến hành thực nghiệm trên mô hình sẽ khắc phục được nhược điểm trên. Từ các kết quả thu được trong hệ thống điều khiển tốc độ và điện áp của mô hình vật lý thu nhỏ, có thể đưa ra các phương án thiết kế chế tạo và thử nghiệm trạm phát điện làm việc trên tàu thủy.

2. Mô hình vật lý trạm phát điện trong phòng thí nghiệm

Trạm phát điện xoay chiều 3 pha trong phòng thí nghiệm bao gồm các thiết bị sau:

- Máy phát điện đồng bộ 3 pha mã hiệu là DL1026A, có các thông số chính như sau:

$S_{dm} = 1.1\text{kVA}$, $U_{dm} = 220/380\text{V}$, $I_{dm} = 2.9/1.7\text{A}$, $\cos\varphi = 1.0$, $n_{dm} = 3000\text{v/ph}$, $f_{dm} = 50\text{Hz}$, $U_{kt} = 160\text{V}$, $I_{kt} = 0.49\text{A}$.

- Động cơ lai là động cơ không đồng bộ rô to lồng sóc mã hiệu DL102, có các thông số chính như sau:

$P_{dm} = 1.1\text{kW}$, $U_{dm} = 220/380\text{V}$, $I_{dm} = 4.7/2.7\text{A}$, $\cos\varphi = 0.8$, $n_{dm} = 2820\text{v/ph}$, $f_{dm} = 50\text{Hz}$.

- Bộ biến tần mã hiệu DL2309A lấy nguồn điện xoay chiều 1 pha 220V và biến đổi thành điện áp xoay chiều 3 pha với tần số và điện áp thay đổi cấp cho động cơ không đồng bộ.



Hình 1. Máy phát điện cùng động cơ lai.



Hình 2. Bộ biến tần.

- Bộ đo điện mã hiệu DL10065 nhận tín hiệu dòng và áp và hiển thị các giá trị đo được trên màn hình số, đồng thời xuất tín hiệu ra dưới dạng điện áp trong dải 0-10V tỉ lệ thuận với giá trị đo. Bộ đo cơ mã hiệu DL10055 nhận tín hiệu từ cảm biến tốc độ hoặc cảm biến mô men, hiển thị các giá trị đo được trên màn hình số, đồng thời xuất tín hiệu ra dưới dạng điện áp trong dải 0-10V tỉ lệ thuận với giá trị đo.

3. Xây dựng hệ thống điều khiển tốc độ và điện áp cho trạm phát điện

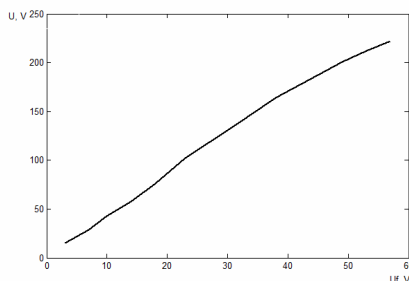
Hiện nay phần lớn các bộ điều tốc và bộ tự động điều chỉnh điện áp (AVR) của trạm phát điện tàu thủy đều là các bộ điều khiển tương tự được làm từ các kết cấu cơ khí và các mạch điện tử. Với sự phát triển mạnh mẽ của kỹ thuật vi xử lý, các bộ điều khiển tương tự dần được thay thế bằng các bộ điều khiển số dưới dạng các chương trình điều khiển lập trên vi xử lý hoặc máy tính với những ưu việt hơn về tính linh hoạt, tính chính xác và khả năng chống nhiễu. Chính vì lẽ đó, từ các thiết bị trong phòng thí nghiệm kể trên, bài báo đề xuất phương án xây dựng hệ thống điều khiển tốc độ và điện áp cho máy phát điện dưới dạng các bộ điều khiển số trên máy tính. Các bộ điều khiển được xây dựng trên phần mềm Matlab-Simulink và kết nối với thiết bị qua Card ghép nối Advantech PCI-1711 [2]. Đây là loại Card ghép nối liên kết chương trình Matlab-Simulink với các đối tượng ngoại vi thông qua các cổng vào, ra của nó. Card này có tất cả 16 cổng vào số, 16 cổng ra số, 16 cổng vào tương tự và 2 cổng ra tương tự. Để xây dựng mô hình vật lý này cần sử dụng 2 cổng ra tương tự cấp nguồn điều khiển bộ biến tần thay đổi tốc độ động cơ lai và điện áp kích từ của máy phát, 3 cổng vào tương tự để nhận tín hiệu từ cảm biến tốc độ động cơ lai, điện áp và dòng điện của máy phát.

Đối với bất kỳ đối tượng điều khiển nào, để điều khiển được nó cần phải khảo sát các đặc tính của nó. Trong trường hợp máy phát điện đồng bộ 3 pha, 2 đặc tính quan trọng nhất cần phải khảo sát là đặc tính không tải và đặc tính ngoài (hình 3 và hình 4). Ta nhận thấy đặc tính không tải của máy là tuyến tính trong phạm vi đang xét, chưa đi vào vùng bão hòa, thuận lợi cho quá trình điều khiển. Còn đặc tính ngoài có tính phi tuyến mạnh do ảnh hưởng của phản ứng phần ứng. Khi mô phỏng máy phát cùng bộ AVR, người ta thường giả thiết rằng mối quan hệ giữa điện áp kích từ, điện áp máy phát và dòng điện máy phát là quan hệ tuyến tính theo phương trình [3]:

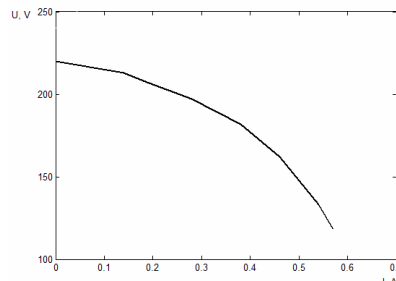
$$U_f = K_u \cdot U + K_i \cdot I \quad (1)$$

Tuy nhiên trên thực tế mối quan hệ là phi tuyến và được xấp xỉ về phương trình bậc 2 sau:

$$U_f = K_u \cdot U + K_i \cdot I^2 \quad (2)$$



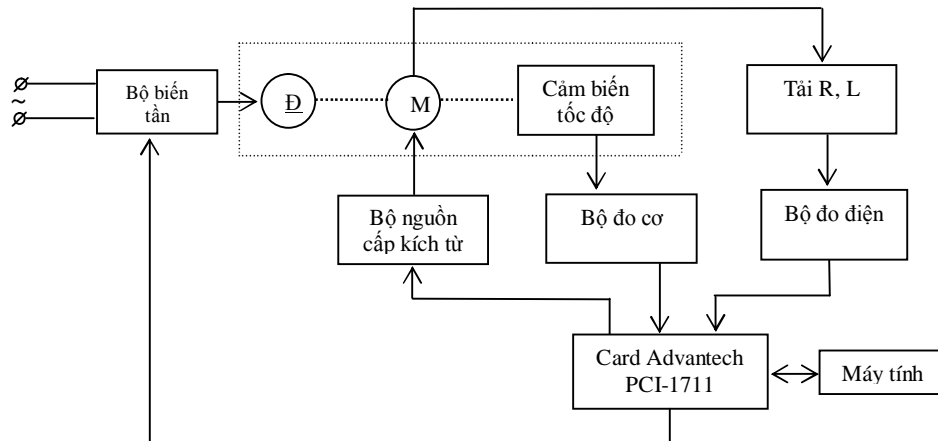
Hình 3. Đặc tính không tải của máy phát.



Hình 4. Đặc tính ngoài của máy phát.

Lúc này để xây dựng bộ AVR duy trì điện áp máy phát không đổi khi tải thay đổi, cần phải thêm khâu bù phi tuyến.

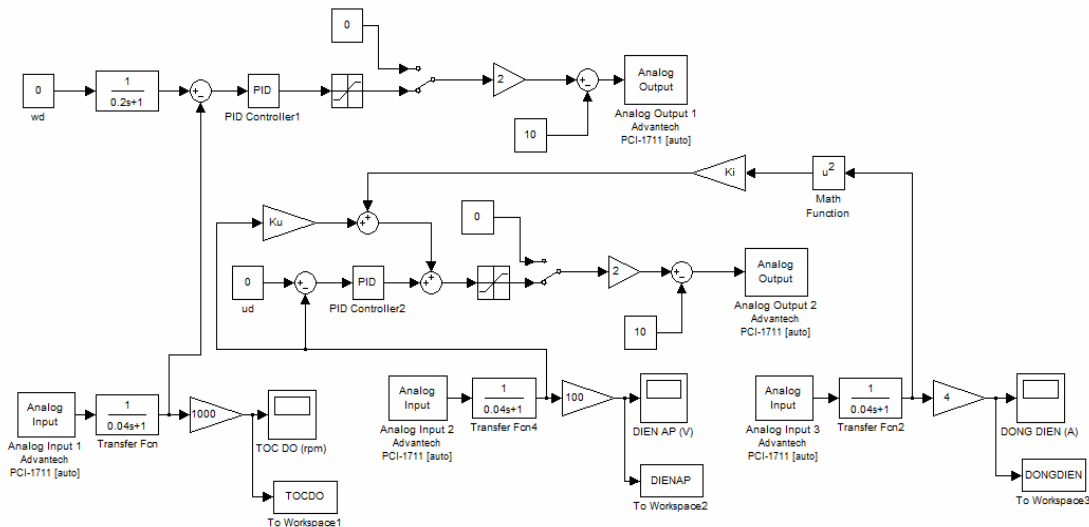
Mô hình vật lý trạm phát điện cùng hệ thống điều khiển tốc độ và điện áp xây dựng trên Matlab-Simulink được kết nối theo sơ đồ khối sau:



Hình 5. Sơ đồ kết nối của mô hình vật lý trong phòng thí nghiệm.

Bộ biến tần DL2309A cấp nguồn cho động cơ không đồng bộ DL102 (Đ), động cơ này lại máy phát đồng bộ DL1026A (M), máy phát cấp nguồn cho tải R, L. Bộ đo điện DL10065 nhận tín hiệu dòng và áp của máy phát qua Card ghép nối PCI – 1711 đưa tới máy tính xử lý. Bộ đo cơ DL10055 nhận tín hiệu từ cảm biến tốc độ DL2031M gắn đồng trục với hệ động cơ – máy phát thông qua Card ghép nối PCI – 1711 đưa tới máy tính xử lý. Chương trình điều khiển trên máy tính bằng phần mềm Matlab-Simulink xử lý các tín hiệu đo được, thông qua thuật toán điều khiển xuất ra 2 tín hiệu: một tín hiệu điều khiển bộ cấp nguồn kích từ DL1067 cấp cho cuộn kích từ của máy phát, một tín hiệu điều khiển bộ biến tần thay đổi tốc độ của động cơ lại.

Chương trình điều khiển trên miền thời gian thực tích hợp cả 2 bộ điều khiển tốc độ và điện áp thể hiện trên hình 6:

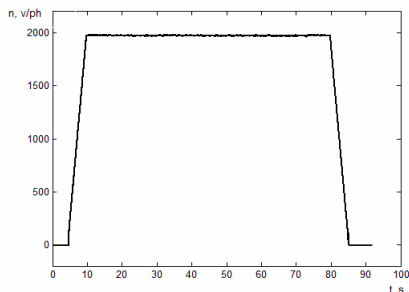


Hình 6. Chương trình điều khiển trên miền thời gian thực.

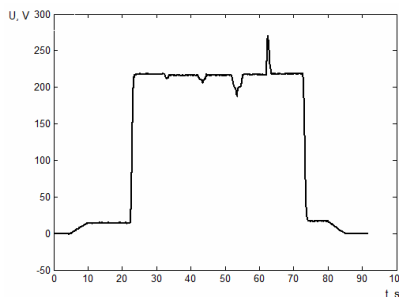
Trong chương trình trên, bộ điều khiển tốc độ (bộ điều tốc) là bộ điều khiển PI (PID Controller1), trong đó tín hiệu phản hồi tốc độ của động cơ lại lấy từ khối Analog Input 1 về so sánh với tín hiệu tốc độ đặt rồi đưa vào bộ điều khiển, đầu ra của bộ điều khiển đưa đến khối Analog Output 1 rồi xuất tín hiệu điều khiển bộ biến tần thay đổi tốc độ của động cơ lại. Bộ điều khiển điện áp (bộ AVR) bao gồm 2 thành phần, thành phần thứ nhất là bộ điều khiển PI (PID Controller2) thực hiện so sánh điện áp thực của máy phát lấy từ khối Analog Input 2 với giá trị đặt rồi đưa vào bộ điều khiển, thành phần thứ 2 thực hiện mối quan hệ phi tuyến (2) giữa điện áp kích

từ, điện áp và dòng điện của máy phát, trong đó tín hiệu dòng lấy từ khối Analog Input 3. Hai thành phần trên được tổng hợp lại rồi đưa đến khối Analog Output 2 xuất tín hiệu điều khiển điện áp kích từ của máy phát.

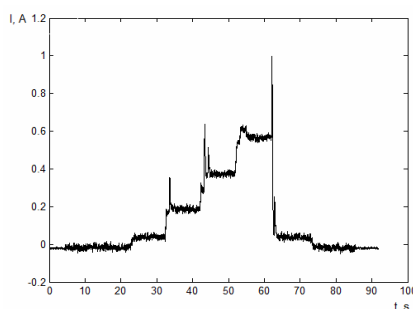
Các kết quả thực nghiệm trên mô hình vật lý với sự thay đổi của tải được thể hiện trên các hình 7 ÷ 9.



Hình 7. Tốc độ động cơ lai.



Hình 8. Điện áp của máy phát.



Hình 9. Dòng điện của máy phát khi thay đổi tải.

Các đồ thị trên là quá trình làm việc của hệ thống trong chế độ đồng thời có cả bộ điều tốc và bộ AVR số (mạch kín), nói lên sự thay đổi của tốc độ động cơ lai (tỉ lệ thuận với tần số của điện áp máy phát) và điện áp máy phát theo thời gian từ lúc khởi động động cơ lai, đóng kích từ, sau đó tăng dần các mức tải, cuối cùng là ngắt tải, ngắt kích từ và dừng động cơ lai. Ta thấy khi đóng tải và sau đó tăng dần tải (thể hiện ở đồ thị dòng điện), nhờ có bộ điều tốc mà tốc độ của động cơ lai luôn giữ ở mức cần thiết $n=2000$ v/ph; điện áp máy phát lúc đầu có sụt giảm (tải càng lớn thì sụt càng nhiều), nhưng sau đó dưới tác động của bộ AVR điện áp máy phát lại tăng trở lại lên mức cần thiết $U=220$ V, còn lúc ngắt tải quá trình xảy ra ngược lại.

Như vậy hệ thống điều khiển tốc độ và điện áp máy phát điện xoay chiều xây dựng trên mô hình vật lý trong phòng thí nghiệm đã hoàn thành nhiệm vụ đặt ra.

4. Kết luận

Việc xây dựng mô hình vật lý trạm phát điện trong phòng thí nghiệm với hệ thống điều khiển tốc độ và điện áp theo phương pháp số đã cho các kết quả là các đặc tính động của máy phát trong quá trình công tác với các yêu cầu về tải khác nhau phù hợp với lý thuyết và thực tế. Hướng phát triển của đề tài là xây dựng hệ thống trạm phát điện trong phòng thí nghiệm gồm 2 máy phát có thể công tác song song, có đầy đủ các hệ thống điều khiển tốc độ, điện áp và phân chia tải. Các hệ thống này phải được xây dựng theo chuẩn công nghiệp sử dụng thiết bị PLC, có thể làm việc với mọi chế độ tải khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. GS.TSKH. Thân Ngọc Hoàn, TS. Nguyễn Tiến Ban – *Trạm phát và lưới điện tàu thủy* – Nhà xuất bản KH&KT, 2008.
- [2]. TS. Trần Anh Dũng, ThS. Phạm Tuấn Anh – *Thiết kế điều khiển mờ lai cho hệ truyền động điện một chiều* – Tạp chí khoa học - công nghệ hàng hải - 2009, số 20, tr. 24-29.
- [3]. GS.TSKH. Thân Ngọc Hoàn – *Mô phỏng hệ thống điện tử công suất và truyền động điện* – Nhà xuất bản xây dựng, 2002.

Người phản biện: TS. Trần Sinh Biên