

CƠ - ĐIỆN MỎ (TRANG 49-53)

XÂY DỰNG MÔ HÌNH MÔ PHỎNG HỆ THỐNG KHỞI ĐỘNG MỀM - ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ BA PHA

NGUYỄN THẠCH KHÁNH, NGUYỄN TRƯỜNG GIANG

Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Tóm tắt: Động cơ không đồng bộ ba pha là một trong những loại động cơ điện phổ biến nhất trong công nghiệp. Tuy nhiên, khởi động trực tiếp động cơ lồng sóc công suất lớn có thể gặp một số khó khăn và làm ảnh hưởng đến các tải khác trong cùng lưới điện vì sự giảm điện áp nguồn khi khởi động đặc biệt là trong trường hợp nguồn có công suất nhỏ.

Trong bài báo này trình bày nghiên cứu về bộ khởi động mềm động cơ không đồng bộ ba pha, trong đó bao gồm phân tích nguyên lý làm việc và thiết kế các khối chính trên cơ sở phân mềm Matlab. Quá trình mô phỏng cho phép điều chỉnh hợp lý các thông số của bộ khởi động mềm nhằm giảm dòng khởi động của động cơ. Kết quả mô phỏng cho thấy rất nhiều ưu điểm khi sử dụng khởi động mềm để khởi động động cơ so với khởi động trực tiếp.

1. Mở đầu

Động cơ không đồng bộ ba pha rô to lồng sóc (ĐC) với những ưu điểm nổi bật như cấu tạo đơn giản, gọn nhẹ, làm việc tin cậy, hiệu suất và tuổi thọ cao, giá thành rẻ và được sản xuất với số lượng lớn, được sử dụng rộng rãi nhất trong công nghiệp. Đối với những động cơ công suất lớn, nếu sử dụng phương pháp khởi động trực tiếp (KĐTT), dòng điện khởi động có thể đạt $(5\div 7)I_{dm}$ làm ảnh hưởng tiêu cực đến lưới điện như giảm điện áp lưới, gây mất ổn định cho các thiết bị khác, thậm chí ảnh hưởng đến sự an toàn lưới điện. Hơn nữa, do dòng điện tỷ lệ với mô men điện từ, nên phương pháp KĐTT sẽ tạo ra mô men dạng xung (bước nhảy) làm giảm tuổi thọ của các chi tiết cơ khí trong hệ thống truyền động. Chính vì vậy cần phải hạn chế KĐTT các ĐC công suất lớn. Trước đây để giảm dòng khởi động, một số phương pháp được dùng phổ biến bao gồm: nối tiếp điện trở hoặc điện cảm, chuyển đổi sao - tam giác, dùng biến áp tự ngẫu, v.v..., tuy nhiên đối với các động cơ công suất lớn thì các phương pháp nêu trên không khả thi.

Cùng với sự phát triển nhanh chóng của công nghệ điện tử công suất và công nghệ vi điện tử, các thiết bị khởi động mềm (KĐM) đã được quan tâm nghiên cứu, chế tạo và ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp nhằm giảm ảnh

hưởng của quá trình khởi động đến lưới điện cũng như tăng tuổi thọ của hệ thống truyền động điện. Tùy theo tính chất và mức độ yêu cầu của tải, KĐM có thể tạo ra các đặc tính khởi động phù hợp với mỗi loại. Các KĐM phổ biến nhất là các sản phẩm sử dụng công nghệ điều chỉnh điện áp xoay chiều (điều áp) bằng thyristor được bắt đầu ứng dụng từ những năm 1970 [2]. Cho đến nay việc nghiên cứu cải tiến, nâng cao hiệu năng của KĐM vẫn đang tiếp tục được thực hiện [3].

Hiện nay xu hướng chung trên thế giới khi nghiên cứu về điều khiển máy điện là đi từ nghiên cứu lý thuyết đến xây dựng mô hình mô phỏng và cuối cùng là thực nghiệm. Trong trình tự trên, bước thứ hai có nhiệm vụ khảo sát, điều chỉnh các thông số của mô hình nhằm tìm ra mô hình có thông số tối ưu, từ đó cho phép rút ngắn đáng kể thời gian, đồng thời giảm chi phí trong quá trình thực nghiệm. Bài báo này trình bày trình bày cơ sở lý thuyết của mạch điều khiển điện áp (điều áp) xoay chiều (phần 2), từ đó đi xây dựng mô hình mô phỏng cho thiết bị KĐM khởi động cơ không đồng bộ ba pha. Kết quả mô phỏng hệ thống KĐM-ĐC cho thấy mô hình có thể khảo sát được tất cả các tham số chính của hệ thống.

2. Mạch điều áp dùng thyristor

Mạch điều áp có rất nhiều dạng, trong đó mạch điện phổ biến nhất là sơ đồ dùng cặp

thyristor nối song song ngược như trong ví dụ được phân tích sau đây dùng điều áp xoay chiều một pha.

2.1. Điều áp một pha

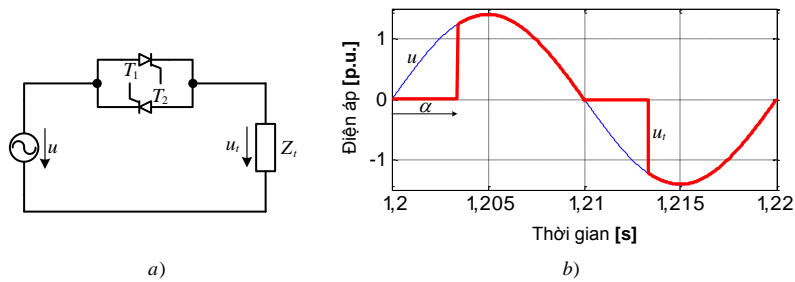
Mạch điều áp một pha cơ bản được trình bày trong hình 1a. Trong nửa chu kỳ dương của điện áp nguồn u , tại thời điểm $\omega t = \alpha$ (α được gọi là góc mở), xung điều khiển được cấp đến cực G_1 làm cho thyristor T_1 dẫn và điện áp nguồn được cấp đến tải cho đến khi $u=0$ ($\omega t = \pi$, dòng thời T_1 khóa). Trong nửa chu kỳ tiếp theo của u , tương tự nửa chu kỳ trước, khi $\omega t \geq \alpha + \pi$ thyristor T_2 dẫn và tiếp tục cấp nguồn cho tải cho đến hết chu kỳ. Quá trình được lặp lại trong các chu kỳ tiếp theo, kết quả là điện áp trên điện trở u_T có dạng chu kỳ không sin như trong Hình 1b. Bằng cách điều chỉnh góc mở α ta có thể điều chỉnh được điện áp (hoặc dòng điện) trên tải.

Khi tải có tính chất điện cảm (R-L nối tiếp),

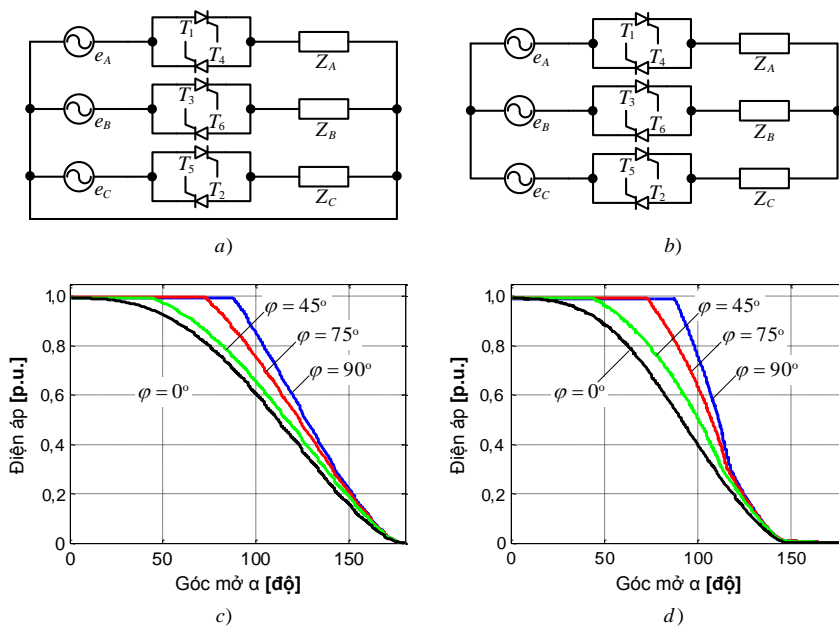
quá trình chuyển mạch của các thyristor không chỉ phụ thuộc vào góc mở α mà còn phụ thuộc vào góc pha của tải $\varphi = \arctg(\omega L/R)$. Theo đó, góc mở tối thiểu cho tải R-L nối tiếp là $\alpha_{\min} = \varphi$ [1, 4]. Kết quả mô phỏng trong hình 2c, d cho thấy khi $\alpha = \varphi$ thì các van dẫn hoàn toàn và điện áp trên tải bằng điện áp nguồn.

2.2. Điều áp ba pha

Trong trường hợp tải ba pha nối sao có trung tính thì điện áp mỗi pha được điều khiển độc lập tương tự tải một pha, điều đó có nghĩa là góc mở α có thể được điều chỉnh từ $\alpha_{\min} = \varphi$ đến 180° (xem hình 2c). Trong trường hợp tải ba pha nối sao không trung tính, tùy thuộc vào góc pha (ωt) của điện áp nguồn mà điện áp trên tải được cung cấp bởi điện áp pha hoặc điện áp dây, do đó góc mở α chỉ có thể điều chỉnh được từ $\alpha_{\min} = \varphi$ đến 150° (xem hình 2d).



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý mạch điều áp 1 pha a) và dạng điện áp trên tải thuần trở b)



Hình 2. Điện áp ra trên tải R-L nối tiếp trong các trường hợp góc pha tải khác nhau a, c) Tải ba pha nối sao có trung tính; b, d) Tải ba pha nối sao không trung tính

3. Hệ thống khởi động mềm động cơ không đồng bộ ba pha rô to lồng sóc

Bộ khởi động mềm ĐC (hình 3a) là một ứng dụng của bộ điều áp ba pha (hình 2b), trong đó ĐC tương đương với tải $R-L$ có tổng trở $Z = z\angle\varphi$ được tính theo sơ đồ thay thế tương đương [5]:

$$z = \sqrt{(R_1 + R_2' / s)^2 + (X_1 + X_2')^2}$$

$$\text{và, } \varphi = \arctg \left[\frac{(X_1 + X_2')}{(R_1 + R_2' / s)} \right], \quad (1)$$

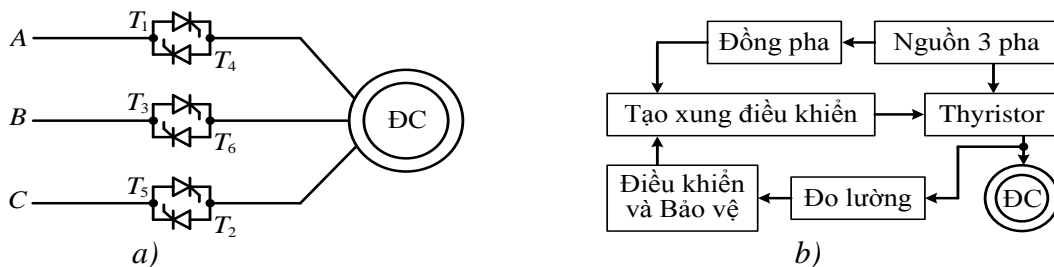
trong đó: R_1, X_1 và R_2', X_2' là điện trở và điện kháng của stator và rotor quy đổi; $s = 0 \div 1$ là hệ số trượt của động cơ.

Từ công thức (1) ta thấy tổng trở tương đương của động cơ là hàm số của hệ số trượt s . Khi bắt đầu khởi động ($s = 1$) tổng trở sẽ rất nhỏ và có góc pha φ lớn và ngược lại khi ĐC làm việc ở chế độ định mức ($s \approx 0$) tổng trở sẽ lớn với $\cos\varphi \approx 0.85$, khi đó $\varphi \approx 30^\circ$.

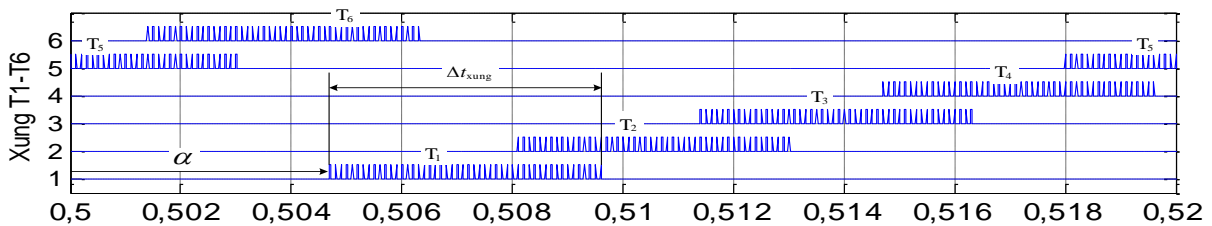
Hình 3b giới thiệu sơ đồ khối chức năng của bộ KĐM động cơ không đồng bộ ba pha. Trong sơ đồ này, khối đồng bộ có nhiệm vụ

cung cấp các xung đồng bộ (tín hiệu qua không - zero crossing) của điện áp các pha; khối đo lường có nhiệm vụ đo dòng điện và điện áp trên cực động cơ cung cấp cho khối điều khiển và bảo vệ. Ở chế độ bình thường thì khối điều khiển sẽ cho phép bộ tạo xung hoạt động, điều khiển góc mở α theo luật định trước (góc α giảm dần hoặc điện áp tăng dần). Khi gặp các sự cố ngoài mong muốn như kẹt rô-to khi khởi động, khối điều khiển sẽ ra lệnh dừng phát xung, đưa điện áp về không nhằm đảm bảo an toàn cho các thyristor và động cơ.

Ở chế độ khởi động, dòng điện và mô men khởi động của ĐC được hạn chế bằng cách giảm điện áp ra của bộ khởi động mềm (KĐM). Trình tự các xung điều khiển cho 6 thyristor của KĐM lần lượt là T1-T2-T3-T4-T5-T6 được điều khiển theo quy luật như trong hình 4. Ngoài ra, lý thuyết đã chứng minh, với tải ba pha nối sao không trung tính khi góc mở α lớn yêu cầu thời gian tồn tại chùm xung (Δt_{xung}) tối thiểu là 60° điện thì mới có dòng đi qua các cặp thyristor cung cấp cho tải [1, 4].



Hình 3. Hệ thống khởi động mềm động cơ không đồng bộ ba pha
a) Sơ đồ nguyên lý mạch lực; b) Sơ đồ khối mạch điều khiển



Hình 4. Các xung điều khiển thyristor ($\alpha = 80^\circ$)

4. Mô phỏng hệ thống KĐM-ĐC

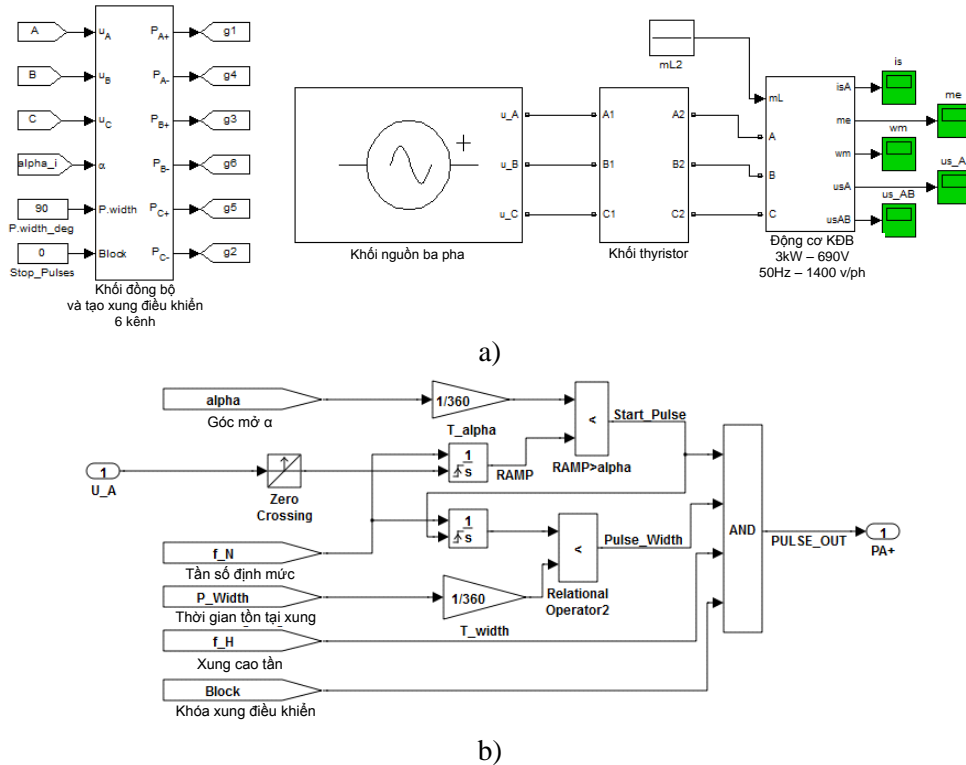
4.1. Xây dựng mô hình mô phỏng bộ khởi động mềm

Từ sơ đồ khối hình 3b, sử dụng các thư viện công cụ (Toolbox) của phần mềm Matlab/Simulink, mô hình mô phỏng đầy đủ hệ thống KĐM-ĐC được chỉ ra trong hình 5a. Trong đó ba khối nguồn ba pha, thyristor và

động cơ sử dụng trực tiếp các phần tử có sẵn trong thư viện, với các thông số được khai báo phù hợp với mục đích nghiên cứu. Khối đồng bộ và tạo xung điều khiển bao gồm 6 bộ tạo xung (6 kênh) điều khiển các thyristor từ T1 đến T6; chi tiết bộ tạo xung điều khiển cho thyristor T1 (kênh 1) được trình bày trong hình 4b. Mỗi kênh điều khiển được lấy tín hiệu đồng bộ từ điện áp

pha cần điều khiển, thông qua khối rò điểm không (zero crossing) để tính thời gian phát xung. Góc mở α của thyristor được đưa vào qua đầu vào alpha trong hình 5b, giá trị α sau khi quy đổi về thời gian (T_{α}) được so sánh với thời gian tính từ thời điểm qua không của điện áp nguồn (RAMP), khi tín hiệu RAMP > T_{α} thì xung đầu ra được kích hoạt (Start_Pulse), xung này là một xung vuông và kéo dài đến hết mỗi nửa chu kỳ. Thời gian tồn tại xung Δt_{xung} được khai báo từ đầu vào P_width, tín hiệu P_width được so sánh với bộ tạo hàm răng cưa (1/s) được kích hoạt bởi Start_Pulse, đầu ra của bộ so sánh là một xung vuông thứ 2 (Pulse_width) bắt đầu từ sườn dương của

Start_Pulse và có thời gian tồn tại bằng P_width. Hai bộ tạo hàm răng cưa được thực hiện bằng hai khâu tích phân (1/s) kích hoạt có điều kiện với tín hiệu vào là giá trị tần số định mức (f_N). Trong thực tế, để giảm công suất tiêu tán trên cực điều khiển, một chùm xung cao tần thay vì một xung vuông được đưa đến cực điều khiển vì thế đầu vào của mỗi kênh còn có thêm một tín hiệu xung cao tần (f_H). Để triệt tiêu xung điều khiển, đầu vào của mỗi kênh còn có một tín hiệu khóa xung điều khiển (Block). Các tín hiệu Start_Pulse, Pulse_width, f_H và Block được đưa tới khối 'và logic' (AND), kết quả là khi làm việc bình thường, đầu ra của khối tạo xung điều khiển sẽ là 6 chùm xung có dạng như trên hình 4.

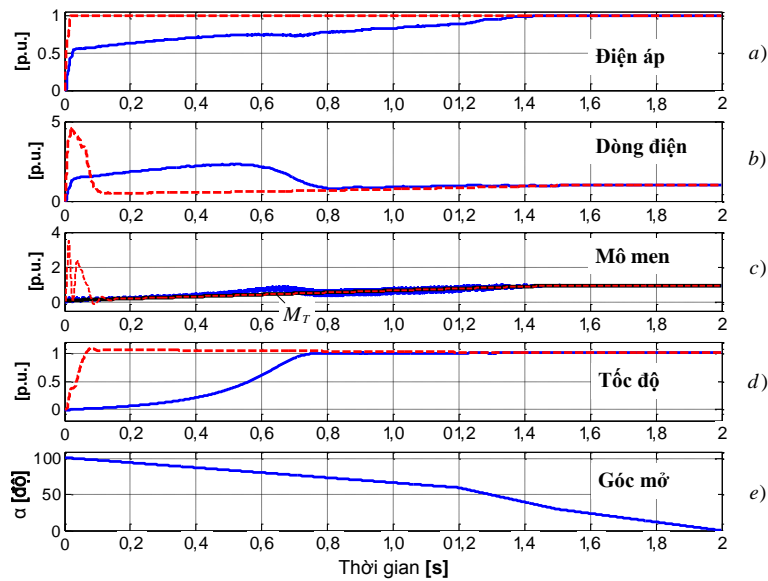


Hình 5. Mô hình mô phỏng hệ thống KĐM-ĐC

a) Mô hình các khối chức năng chính; b) Mô hình bộ phát xung của 1/6 kênh

4.2. Kết quả mô phỏng

Để tiến hành mô phỏng, trong nghiên cứu này sử dụng ĐC có các thông số như sau làm dữ liệu đầu vào: mã hiệu Indukta Sg 100L-4B-M, công suất 3kW, tốc độ 1400v/ph, điện áp 400/690V, dòng điện pha 4A, điện trở rotor 6,372Ω, điện trở stator 7,073Ω, điện cảm rotor 0,0312H, điện cảm stator 0,0312H, hồ cảm 0,5978H. Hệ thống truyền động KĐM-ĐC được mô phỏng với tải là bơm ly tâm có đặc tính mô men tỷ lệ với tốc độ quay. Kết quả so sánh hai phương pháp khởi động trực tiếp (KĐTT) và KĐM cho bơm ly tâm được cho trong hình 6. Từ kết quả mô phỏng ta thấy rõ rằng khi dùng KĐM thì dòng điện (hình 6b) và mô men (hình 6d) không có sự tăng đột biến, đặc biệt là mô men điện từ luôn bám sát đường mô men tải, điều đó chứng tỏ hệ thống khởi động rất êm dịu cả về điện lẫn cơ khí.



Hình 6. Kết quả mô phỏng khởi động máy bơm (các đường nét đứt màu đỏ tương ứng với quá trình KDTT, các đường xanh nét liền ứng với quá trình KDM)

5. Kết luận

Nội dung của bài báo trình bày mô hình của bộ khởi động mềm sử dụng phần mềm Matlab/Simulink. Kết quả nghiên cứu cho thấy, mô hình đã thành lập cho phép thay đổi các thông số đầu vào như góc mở α , độ rộng xung, tần số điện lưới, tần số xung cao tần... Từ đó, mô hình có thể dùng để nghiên cứu các bộ điều áp xoay chiều ba pha với tải tĩnh (hình 2) và tải động (hình 3). Quá trình khởi động động cơ với tải là bơm ly tâm trong hai trường hợp khởi động trực tiếp và khởi động mềm đã được nghiên cứu trên cơ sở mô hình thành lập được. Quá trình mô phỏng khởi động mềm động cơ cho phép các tác giả có thể điều chỉnh và lựa chọn các thông số để có thể đạt được quá trình khởi động hệ thống một cách êm dịu nhất.

SUMMARY

Modeling and simulation of three phase induction motor soft starter

Nguyen Thac Khanh, Nguyen Trung Giang, Hanoi University of Mining and Geology

Three-phase induction motors are so common in industry that in many plants no other type of electric machine can be found. However, direct on line starting of large squirrel cage induction motors may present difficulties for the motor itself, and the loads supplied from the common coupling point because of the voltage dips in the supply during starting, especially in the case of a weak power system. This paper taking three phase induction motor soft starter for research object, such as principle analysis and design main modules based Matlab simulation software. Simulation of soft starter helped us to reach right setting and modified values yielded the motor be started successfully without over-current. The simulation results indicated that soft starter was used in motor start advantages.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Phạm Quốc Hải, 2009. Hướng dẫn thiết kế điện tử công suất: Khoa học và Kỹ thuật.
- [2]. J.M.D. Murphy and F.G. Turnbull, 1988. Power Electronic Control of Ac Motors: Pergamon.
- [3]. Robert E. Eisenbrown, 2008. AC Drives, Historical and Future Perspective of Innovation and Growth," presented at the 25th Anniversary of The Wisconsin Electric Machines and Power Electronics Consortium University of Wisconsin, Madison, WI, USA.
- [4]. B.W. Williams, 1992. Power Electronics: Devices, Drivers, Applications, and Passive Components: McGraw-Hill.
- [5]. A.E. Fitzgerald, Jr. Charles Kingsley, and Stephen D. Umans, 1992. Electric Machinery, in SI Unit 5th ed.: McGraw-Hill.