

Bài 11

THÍ NGHIỆM

ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ 3 PHA ROTOR LỒNG SÓC

A. MỤC TIÊU

Học xong bài này sinh viên có khả năng:

- Xác định được thông số định mức và quy trình vận hành động cơ không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc.
- Đấu dây vận hành động cơ không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc.
- Xây dựng đặc tính cho các phương pháp khởi động mềm và các đặc tính không tải của động cơ $I_0 = f(U_0)$, $\cos \varphi_0 = f(U_0)$, $P_0 = f(U_0)$.
- Xác định được ứng dụng của động cơ không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc.

B. THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM

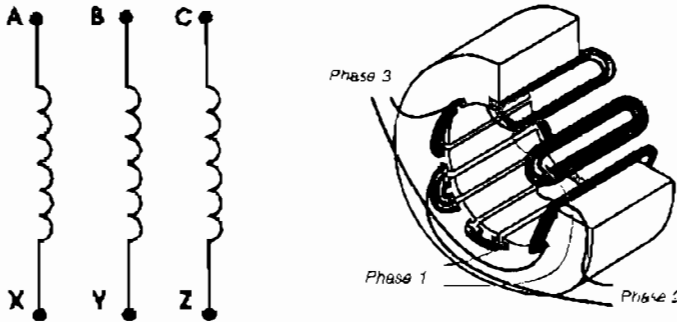
<i>STT</i>	<i>Chủng loại – qui cách kỹ thuật</i>	<i>Số lượng</i>	<i>Ghi chú</i>
1	Modul ACAV-3	1 bộ	
2	Modul CB 3 pha	1 bộ	
3	Modul CTX	1 bộ	
4	Ampe kẹp	1 cái	
5	Tốc kế	1 cái	
7	Modul 3 phase Power supply	1 bộ	
8	Modul 1 phase Power supply 220V	1 bộ	
9	Variac 3 pha	1 cái	
10	VOM	1 cái	
11	Động cơ không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc	1 bộ	

C. KIẾN THỨC LIÊN QUAN

I. SƠ ĐỒ NGUYÊN LÝ DÂY QUẤN STATOR ĐỘNG CƠ

- Dây quấn stator động cơ xoay chiều 3 pha có 3 cuộn giống nhau đặc lệch nhau 120° trong không gian: A – X, B – Y, C – Z (hình 11.1).

- Khi vận hành ở điều kiện định mức, động cơ có thể làm việc ở chế độ sao (Y) hoặc chế độ tam giác (Δ) tùy theo điện áp nguồn.



Hình 11.1. Dây quấn stator động cơ không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc

II. CÁC PHƯƠNG PHÁP KHỞI ĐỘNG MỀM CỦA ĐỘNG CƠ

- Dòng điện khởi động trực tiếp được tính theo biểu thức sau:

$$I_{nm} = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R_2')^2 + (X_1 + X_2')^2}} = \frac{U_1}{\sqrt{R_n^2 + X_n^2}} = \frac{U_1}{Z_n} \quad (\text{A}) \quad [11.1]$$

Trong đó:

+ R_1, X_1 : Điện trở và điện kháng dây quấn stator.

+ R_2', X_2' : Điện trở và điện kháng dây quấn rotor đã quy đổi về stator.

+ $R_n = R_1 + R_2'$: Điện trở ngắn mạch của động cơ

+ $X_n = X_1 + X_2'$: Điện kháng ngắn mạch của động cơ

+ $Z_n = \sqrt{R_n^2 + X_n^2}$: Tổng trở ngắn mạch của động cơ

+ U_1 : Điện áp nguồn nối vào dây quấn stator

- Vì Z_n tương đối nhỏ, nên khi khởi động trực tiếp, tại thời điểm khởi động ($I_n \neq 0; n = 0$) động cơ làm việc ở chế độ ngắn mạch dây quấn rotor (tương tự như ngắn mạch thứ cấp máy biến áp). Do đó dòng điện khởi động gấp 4 – 7 lần dòng định mức.

- Với các động cơ có công suất trung bình và lớn (từ 3kW trở lên), thường khi vận hành phải áp dụng các phương pháp khởi động mềm để giảm dòng khởi động.

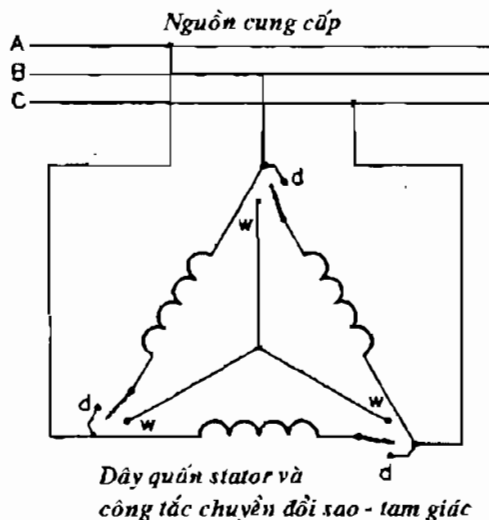
1. Khởi động sao (Y) – tam giác (Δ)

- Phương pháp này chỉ thực hiện được khi động cơ vận hành định mức ở chế độ tam giác (điện áp nguồn bằng với điện áp định mức của động cơ ở chế độ tam giác).

- Trong hình 90, khi khởi động công tắc chuyển sang vị trí **W** để nối Y dây quấn stator động cơ. Khi tốc độ động cơ đạt khoảng 80% tốc độ định mức, chuyển công tắc sang vị trí **d** để động cơ làm việc định mức ở chế độ Δ .

- Bằng phương pháp này, dòng điện khởi động sẽ giảm đi 3 lần so với dòng khởi động trực tiếp.

$$I_{n\Delta Y} = \frac{I_{nm}}{3}$$



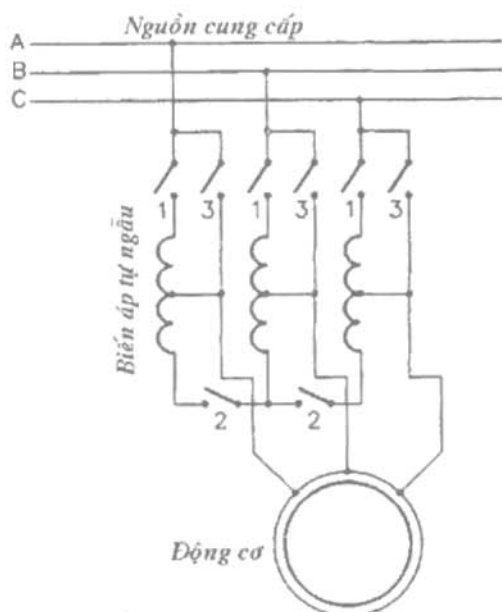
Hình 11.2. Sơ đồ nguyên lý khởi động sao – tam giác

2. Khởi động qua biến áp tự ngẫu

- Theo biểu thức [11.1], dòng điện khởi động (I_{nm}) tỷ lệ thuận với điện áp nguồn (U_1). Nên khi khởi động ở điện áp thấp thì dòng khởi động cũng sẽ giảm theo.

- Biến áp tự ngẫu (variac) có thể thay đổi điện áp nguồn từ 0 – 380V. Bằng phương pháp này, nối dây quấn stator động cơ và phía thứ cấp máy biến áp.

- Đặt điện áp thích hợp khi động cơ khởi động. Sau khi tốc độ đạt khoảng 80% tốc độ định mức thì ngắt biến áp tự ngẫu và đưa nguồn trực tiếp vào động cơ nhờ rơ le thời gian (hình 11.3).



Hình 11.3. Sơ đồ nguyên lý khởi động qua biến áp tự ngẫu

- Điện áp stator lúc khởi động được giảm xuống nhờ công tắc 1 và 2 đóng, trong khi đó công tắc 3 mở. Sau một khoảng thời gian đã được đặt trước, công tắc 1 và 2 mở ra và công tắc 3 đóng lại. Bằng phương pháp này dòng điện mở máy giảm đi K_a^2 lần. Trong đó K_a là tỷ số biến áp.

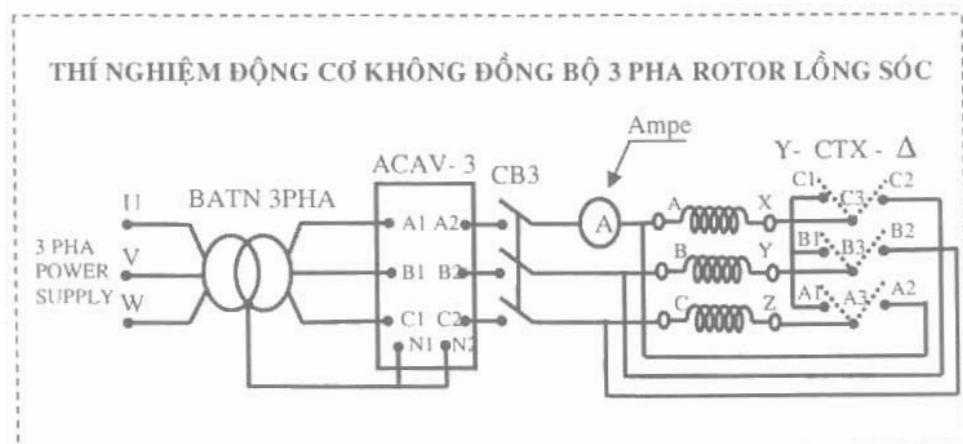
$$I_{nmBA} = \frac{I_{nm}}{K_a^2} = I_{nm} \left(\frac{U_2}{U_1} \right)^2$$

D. QUY TRÌNH LÀM THÍ NGHIỆM

I. CHUẨN BỊ TRƯỚC KHI LÀM THÍ NGHIỆM

Bước 1: Xác định mục tiêu bài thí nghiệm.

Bước 2: Phân tích sơ đồ nguyên lý của bài thí nghiệm, hình 11.4



Hình 11.4. Sơ đồ thí nghiệm động cơ không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc

Bước 3: Lựa chọn và kiểm tra các thiết bị thí nghiệm cần thiết theo sơ đồ.

Bước 4: Lắp mạch theo sơ đồ thí nghiệm.

Bước 5: Kiểm tra nguội mạch điện đã lắp xong.

Bước 6: Tắt module CB3, Modul 3 phase Power supply trên bàn thí nghiệm, và chuyển công tắc xoay CTX về vị trí giữa (off).

Bước 7: Báo với giáo viên đến kiểm tra lại mạch điện.

Bước 8: Đóng CB 1 phase power supply – 220V để cấp nguồn cho các quạt gió làm mát biến trở và chopper.

- Quạt làm mát phải hoạt động suốt thời gian làm thí nghiệm.

II. THÍ NGHIỆM KHỞI ĐỘNG SAO – TAM GIÁC

- Để chuyển từ chế độ sao sang tam giác, sử dụng module CTX

Bước 1: Xoay biến áp tự ngẫu 3 pha (BATN 3 PHA) về vị trí 0.

Bước 2: Đóng 3 phase Power supply cấp nguồn cho sơ cấp máy biến áp.

Bước 3: Điều chỉnh biến áp tự ngẫu sao cho phía điện áp thứ cấp đạt 220V (*quan sát trên ACAV- 3*).

Bước 4: Chuyển công tắc xoay CTX về vị trí sao (Y).

Bước 5: Đóng CB3 cho động cơ khởi động. Ghi lại giá trị dòng điện khởi động và dòng điện xác lập.

Bước 6: Tắt CB3 và chuyển công tắc xoay CTX về vị trí tam giác (Δ)

Bước 7: Đóng CB3 cho động cơ khởi động. Ghi lại giá trị dòng điện khởi động và dòng điện xác lập.

Bước 8: Tắt CB3, 3 phase Power supply và ghi lại kết quả thí nghiệm vào bảng 11.1

Bảng 11.1. Kết quả thí nghiệm khởi động sao – tam giác

Chế độ khởi động	U_d	I_{nm}	$I_{xác\ lập}$
Sao (Y)			
Tam giác (Δ)			

III. THÍ NGHIỆM KHỞI ĐỘNG QUA BIẾN ÁP TỰ NGẪU

Bước 1: Chuyển công tắc xoay CTX về vị trí sao (Y), BATN 3 PHA về vị trí 0, và tắt CB3.

Bước 2: Đóng 3 phase Power supply cấp nguồn cho sơ cấp máy biến áp và chỉnh BATN 3 PHA cho điện áp thứ cấp là 220V.

Bước 3: Đóng CB3 pha cho động cơ khởi động. Ghi lại giá trị dòng điện khởi động và dòng điện xác lập.

Bước 4: Tắt CB3 và chỉnh BATN 3 PHA cho điện áp thứ cấp là 260V.

Bước 5: Đóng CB3 cho động cơ khởi động. Ghi lại giá trị dòng điện khởi động và dòng điện xác lập.

Bước 6: Thực hiện tương tự bước các bước 18, 19, 20, 21 cho các cấp điện áp 300V, 340V, 380V.

Bước 7: Tắt CB3, Chuyển CTX về vị trí off, tắt 3 phase Power supply, chỉnh BATN 3 PHA về 0, và ghi kết quả thí nghiệm vào bảng 11.2

Bảng 11.2. Kết quả thí nghiệm khởi động qua biến áp tự ngẫu

Điện áp khởi động	K_a	I_{nm}	$I_{\text{xác lập}}$
220V			
260V			
300V			
340V			
380V			

IV. THÍ NGHIỆM LÀM VIỆC KHÔNG TẢI

Bước 1: Chuyển CTX để ở vị trí sao (Y), BATN 3PHA về vị trí 0, và tắt CB3 pha.

Bước 2: Đóng 3 phase Power supply cấp nguồn cho sơ cấp máy biến áp và chỉnh BATN 3 PHA cho điện áp thứ cấp là 220V.

Bước 3: Đóng CB3 cho động cơ khởi động. Ghi lại giá trị không tải: tốc độ không tải (n_0), dòng điện dây không tải (I_0), công suất không tải (P_0) và hệ số công suất không tải ($\text{Cos } \varphi_0$).

Bước 4: Thực hiện tương tự bước 3 cho các cấp điện áp 260V, 300V, 340V, 380V.

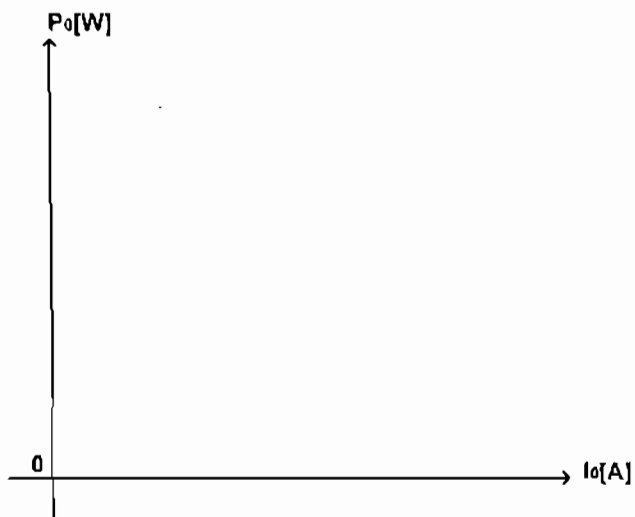
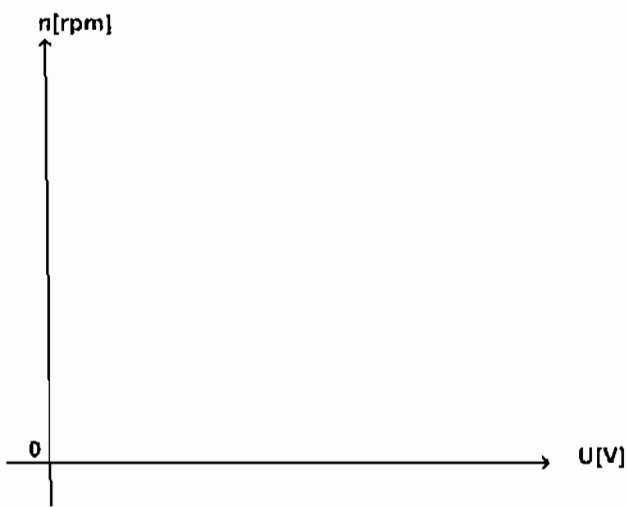
Bước 5: Tắt CB3, Chuyển CTX về vị trí off, tắt 3 phase Power supply, chỉnh BATN 3PHA về 0, và ghi kết quả thí nghiệm vào bảng 11.3

Bảng 11.3. Kết quả thí nghiệm không tải

Giá trị không tải	220V	260V	300V	340V	380V
n_0 [rpm]					
I_0 [A]					
P_0 [W]					
$\text{Cos } \varphi_0$					

V. BÁO CÁO KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM (Theo mẫu)

1. Họ, tên sinh viên.
2. Tên bài thí nghiệm.
3. Bảng số liệu thí nghiệm.
4. Đồ thị các đặc tính.
5. Nhận xét và kết luận về thí nghiệm.



Bài 12

THÍ NGHIỆM ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ 3 PHA ROTOR DÂY QUẤN

A. MỤC TIÊU

Học xong bài này sinh viên có khả năng:

- Xác định được thông số định mức và quy trình vận hành động cơ không đồng bộ 3 pha rotor dây quấn.

- Đấu dây vận hành động cơ không đồng bộ 3 pha rotor dây quấn.

- Xây dựng đặc tính cho các phương pháp khởi động mềm và các đặc tính của động cơ khi có tải

- Xác định được ứng dụng của động cơ không đồng bộ 3 pha rotor dây quấn.

B. THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM

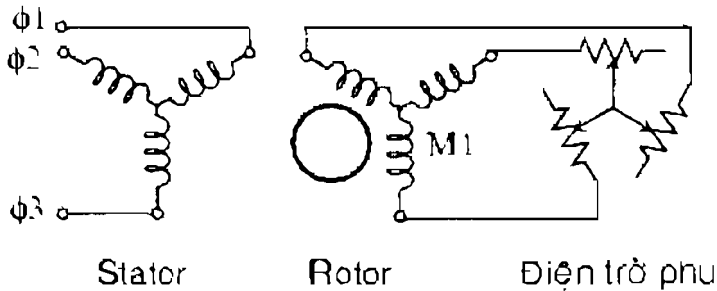
<i>STT</i>	<i>Chủng loại – qui cách kỹ thuật</i>	<i>Số lượng</i>	<i>Ghi chú</i>
1	Modul ACAV-3	1 bộ	
2	Modul CB 3 pha	1 bộ	
3	Modul điện trở phụ	1 bộ	
4	Ampe kẹp	1 cái	
5	Tốc kế	1 cái	
7	Modul 3 phase Power supply	1 bộ	
8	Modul 1 phase Power supply 220V	1 bộ	

9	Variac 3 pha	1 cái	
10	VOM	1 cái	
11	Tổ máy động cơ không đồng bộ 3 pha rotor dây quấn – máy phát DC.	1 bộ	
12	Module chopper	1bộ	
13	Module VRL - MF	1bộ	
14	Module DCAC - 1	1bộ	

C. KIẾN THỨC LIÊN QUAN

I. CÁC PHƯƠNG PHÁP KHỞI ĐỘNG MỀM

1. Khởi động bằng cách nối điện trở phụ vào dây quấn rotor



Hình 12.1. Sơ đồ nguyên lý động cơ không đồng bộ rotor dây quấn

- Moment cực đại, M_{max} tương ứng với hệ số trượt tới hạn, s_{th} khi khởi động qua điện trở như sau:

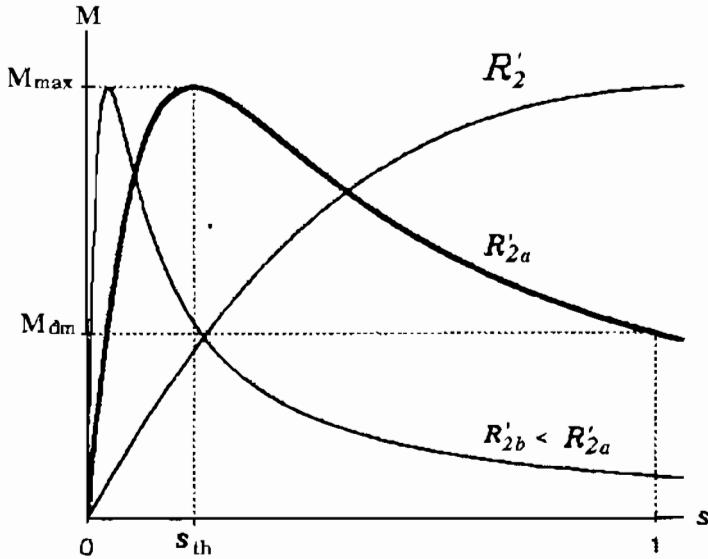
$$s_{th} = \frac{R'_2 + R'_p}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X'_2)^2}} \quad [12.1]$$

Và

$$M_{max} = 0,75 p \frac{U_1^2}{\pi f_1 [R_1 + \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X'_2)^2}]} \text{ (Nm)} \quad [12.2]$$

- Moment mở máy, M_{nm} ứng với $n = 0$ và $s = 1$ là:

$$M_{nm} = 3 p \frac{U_1^2 (R'_2 + R'_p)}{2\pi f_1 s [(R_1 + R'_2 + R'_p)^2 + (X_1 + X'_2)^2]} \text{ (Nm)} \quad [12.3]$$



Hình 12.2. Đặc tính moment theo điện trở phụ

$$- R'_{2a} = R'_2 + R'_{p1}$$

$$- R'_{2b} = R'_2 + R'_{p2}$$

- Dòng mở máy, I_{nm} ứng với $n = 0$ và $s = 1$ là:

$$I_{nm} = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R'_2 + R'_p)^2 + (X_1 + X'_2)^2}} \quad (\text{A}) \quad [12.4]$$

- Theo biểu thức [12.4], khi thêm điện trở vào mạch rotor dòng điện mở máy sẽ giảm. Đây là một trong những biện pháp khởi động mềm thường sử dụng cho loại động cơ này.

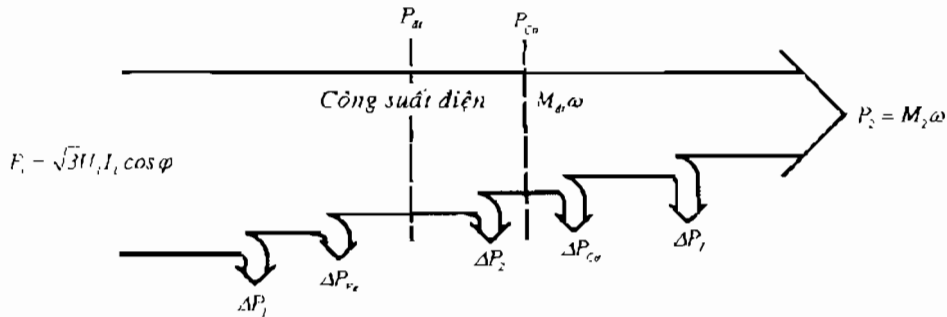
2. Khởi động qua biến áp tự ngẫu

- Phương pháp này thực hiện giống như động cơ rotor lồng sóc (bài 11). Nối dây quấn stator vào sơ cấp máy biến áp, điều chỉnh điện áp thích hợp để khởi động.

$$I_{nmB\lambda} = \frac{I_{nm}}{K_u^2} = I_{nm} \left(\frac{U_2}{U_1} \right)^2$$

II. QUÁ TRÌNH NĂNG LƯỢNG

1. Biểu đồ năng lượng



Hình 12.3. Biểu đồ năng lượng của động cơ không đồng bộ

2. Công suất và tổn hao công suất

- *Tổn hao đồng trên stator và rotor*: tổn hao này do dòng điện chạy trong dây quấn stator và rotor tạo nên. Trong đó

$$+ \text{Tổn hao đồng trên stator: } \Delta P_1 = 3I_1^2 R_1 \quad [12.5]$$

$$+ \text{Tổn hao đồng trên rotor: } \Delta P_2 = 3I_2^2 R_2 = 3I_2'^2 R_2' = 3I_1'^2 R_2'$$

+ *Tổn hao đồng trên stator và rotor*:

$$\Delta P_{Cu} = \Delta P_1 + \Delta P_2 = 3I_1^2 R_1 + 3I_1'^2 R_2'$$

$$\Delta P_{Cu} = 3I_1'^2 (R_1 + R_2') = 3I_1'^2 R_n = 3I_2'^2 R_n$$

- *Tổn hao sắt*: do dòng từ trễ và dòng điện Fuco tạo nên:

$$\Delta P_{Fe} = \text{Const}$$

- *Tổn hao cơ*: do ma sát và làm mát: $\Delta P_{C\sigma} = \text{Const}$

- *Tổn hao phụ*: tổng hợp các tổn hao mà không rơi vào một trong những tổn hao đã nêu trên: $\Delta P_f = \text{Const}$.

- *Tổng tổn hao công suất*:

$$\Delta P = \Delta P_{Cu} + \Delta P_{Fe} + \Delta P_{C\sigma} + \Delta P_f = \Delta P_{Cu} + \Delta P_0$$

Trong đó: $\Delta P_0 = \Delta P_{Fe} + \Delta P_{C\sigma} + \Delta P_f = \text{Const}$. Gọi là tổn hao không tải.

- *Công suất điện từ*: công suất chuyển đổi năng lượng qua khe hở không khí:

$$P_{dt} = P_1 - (\Delta P_1 + \Delta P_{Fe}) = P_2 + (\Delta P_1 + \Delta P_{Cst} + \Delta P_2)$$

$$P_{dt} = 3 \frac{I_2^2 R_2}{s} = 3 \frac{I_2'^2 R_2'}{s} = \frac{\Delta P_2}{s}$$

- *Công suất cơ*: công suất quay rotor động cơ:

$$P_{Cst} = P_1 - (\Delta P_1 + \Delta P_{Fe} + \Delta P_2) = P_2 + (\Delta P_1 + \Delta P_{Cst}) = P_{dt} - \Delta P_2$$

$$P_{Cst} = 3 I_2'^2 R_2' \left(\frac{1}{s} - 1 \right) = \Delta P_2 \left(\frac{1}{s} - 1 \right) = (1-s) P_{dt}$$

- *Công suất đầu vào*: công suất điện mà động cơ tiêu thụ từ lưới:

$$P_1 = P_2 + \Delta P = P_{Cst} + (\Delta P_1 + \Delta P_{Fe} + \Delta P_2) = P_{dt} + (\Delta P_1 + \Delta P_{Fe})$$

$$P_1 = \sqrt{3} U_1 I_1 \cos \varphi \quad [12.6]$$

Trong đó: U_1, I_1 là điện áp và dòng điện stator

$\cos \varphi$ là hệ số công suất của động cơ

- *Công suất đầu ra*: công suất cơ trên trục động cơ:

$$P_2 = P_1 - \Delta P = P_{Cst} - (\Delta P_{Cst} + \Delta P_1) = P_{dt} - (\Delta P_2 + \Delta P_{Cst} + \Delta P_1)$$

$$P_2 = P_{dt} - (s P_{dt} + \Delta P_{Cst} + \Delta P_1) = (1-s) P_{dt} - (\Delta P_{Cst} + \Delta P_1)$$

$$P_2 = (1-s)(P_1 - \Delta P_1 - \Delta P_{Fe}) - (\Delta P_{Cst} + \Delta P_1)$$

Nếu bỏ qua tổn hao cơ và tổn hao phụ ($\Delta P_{Cst} + \Delta P_1 = 0$), có thể tính P_2 gần đúng như sau:

$$P_2 = (1-s)(P_1 - \Delta P_1 - \Delta P_{Fe})$$

$$P_2 = (1-s)(P_1 - \Delta P_1 - P_0) \quad [12.7]$$

$$\text{- Moment trên trục động cơ: } M_2 = 9,55 \frac{P_2}{n} \quad [12.8]$$

Trong đó: P_2 là công suất đầu ra trên trục động cơ

n là tốc độ quay rotor

$$P_0 = 5\% P_1; \quad s = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

D. QUY TRÌNH LÀM THÍ NGHIỆM

I. CHUẨN BỊ TRƯỚC KHI LÀM THÍ NGHIỆM

Bước 1: Xác định mục tiêu bài thí nghiệm.

Bước 2: Phân tích sơ đồ nguyên lý của bài thí nghiệm, hình 12.4

Bước 3: Lựa chọn và kiểm tra các thiết bị thí nghiệm cần thiết theo sơ đồ.

Bước 4: Lắp mạch theo sơ đồ thí nghiệm.

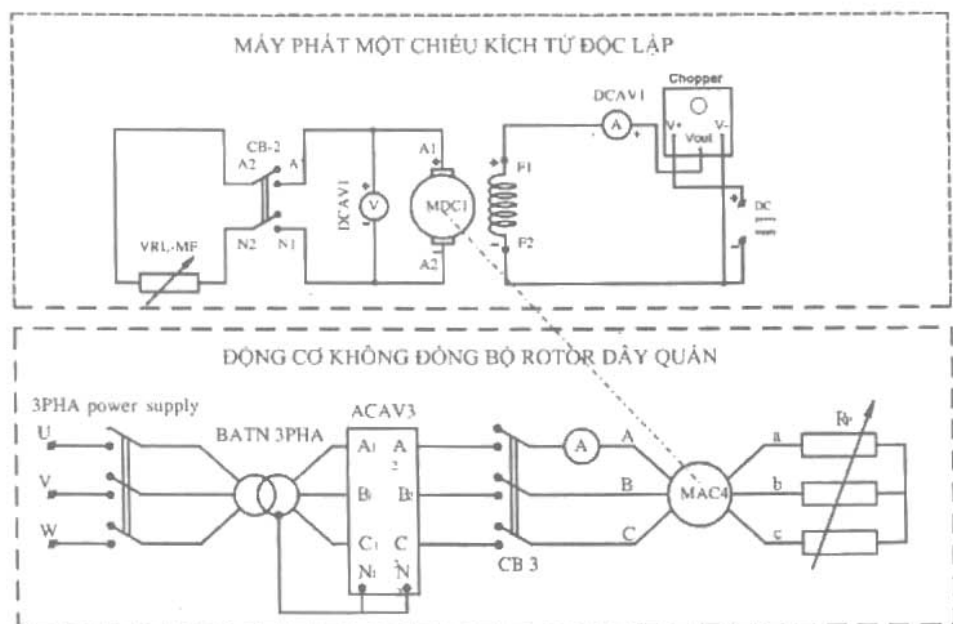
Bước 5: Kiểm tra nguội mạch điện đã lắp xong.

Bước 6: Tắt module CB2 và CB3, Modul 3 phase Power supply và DC Power supply trên bàn thí nghiệm, chuyển chopper về 0 và VRL – MF về max (100Ω), và tắt tất cả điện trở phụ R_p .

Bước 7: Báo với giáo viên đến kiểm tra lại mạch điện.

Bước 8: Đóng CB 1 phase power supply – 220V để cấp nguồn cho các quạt gió làm mát biến trở và chopper.

- Quạt làm mát phải hoạt động suốt thời gian làm thí nghiệm.



Hình 12.4. Sơ đồ thí nghiệm động cơ không đồng bộ rotor dây quấn

II. THÍ NGHIỆM KHỞI ĐỘNG QUA ĐIỆN TRỞ PHỤ

- Bước 1:** Xoay biến áp tự ngẫu 3 pha (BATN 3PHA) về vị trí 0.
- Bước 2:** Đóng 3 phase Power supply cấp nguồn cho sơ cấp máy biến áp.
- Bước 3:** Điều chỉnh biến áp tự ngẫu sao cho phía điện áp thứ cấp đạt 380V (quan sát trên ACAV- 3).
- Bước 4:** Bật cấp thứ 5 của điện trở phụ.
- Bước 5:** Đóng CB3 cho động cơ khởi động. Ghi lại giá trị dòng điện khởi động, dòng điện xác lập và tốc độ ổn định.
- Bước 6:** Tắt CB3 và bật tiếp cấp thứ 4 của điện trở phụ
- Bước 7:** Đóng CB3 cho động cơ khởi động. Ghi lại giá trị dòng điện khởi động, dòng điện xác lập và tốc độ ổn định.
- Bước 8:** Làm tương tự bước 14, 15 cho các cấp điện trở phụ còn lại.
- Bước 9:** Tắt CB3 và ghi kết quả thí nghiệm vào bảng 12.1

Bảng 12.1. Kết quả thí nghiệm khởi động qua R_p

R_p [Ω]					
I_{nm} [A]					
$I_{x\grave{l}ap}$ [A]					
n [rmp]					

III. THÍ NGHIỆM KHỞI ĐỘNG QUA BIẾN ÁP TỰ NGẪU

- Bước 1:** Chuyển các công tắc của module điện trở phụ sang vị trí ON để loại các điện trở ra khỏi mạch phản ứng.
- Bước 2:** Đóng 3 phase Power supply cấp nguồn cho sơ cấp máy biến áp và chỉnh BATN 3 PHA cho điện áp thứ cấp là 220V.
- Bước 3:** Đóng CB3 cho động cơ khởi động. Ghi lại giá trị dòng điện khởi động và dòng điện xác lập.
- Bước 4:** Tắt CB3 và chỉnh BATN 3 PHA cho điện áp thứ cấp là 260V.
- Bước 5:** Đóng CB3 cho động cơ khởi động. Ghi lại giá trị dòng điện khởi động và dòng điện xác lập.

Bước 6: Thực hiện tương tự bước các bước 18, 19, 20, 21 cho các cấp điện áp 300V, 340V, 380V.

Bước 7: Tắt CB3, tắt 3 phase Power supply, chỉnh BATN 3PHA về 0, và ghi kết quả thí nghiệm vào bảng 12.2

Bảng 12.2. Kết quả thí nghiệm khởi động qua biến áp tự ngẫu

Điện áp khởi động	K_a	I_{nm}	$I_{xác lập}$
220V			
260V			
300V			
340V			
380V			

IV. THÍ NGHIỆM ĐỘNG CƠ LÀM VIỆC VỚI TẢI

Bước 1: Chuyển BATN 3 PHA về vị trí 0, và tắt CB3.

Bước 2: Chuyển chopper về 0 và VRL – MF về max (100Ω).

Bước 3: Đóng 3 phase Power supply cấp nguồn cho sơ cấp máy biến áp và chỉnh BATN 3 PHA cho điện áp thứ cấp là 380V.

Bước 4: Đóng CB3 cho động cơ khởi động.

Bước 5: Đóng DC Power supply và chỉnh chopper để điện áp phát ra của máy phát DC khoảng 110V (đọc trên DCAV – 1).

Bước 6: Ghi lại các giá trị P_1 , I_1 , $\cos \varphi$ (đọc trên ACAV – 3), n của động cơ không đồng bộ tương ứng với các giá trị điện trở từ $100 \Omega - 50 \Omega$ (vị trí) của VRL – MF.

- Trong quá trình làm thí nghiệm, nếu điện áp máy phát giảm dưới 110V, thì điều chỉnh chopper để điện áp phát ra ổn định.

Bước 7: Chỉnh VRL – MF về max (100Ω), tắt CB2, chỉnh chooper về 0, tắt DC Power supply, chuyển BATN 3 PHA về vị trí 0, tắt CB3 pha, tắt 3 phase Power supply, và ghi kết quả thí nghiệm vào bảng 12.3

Bảng 12.3. Kết quả thí nghiệm không tải

VRL - MF	100 Ω	90 Ω	80 Ω	70 Ω	60 Ω	50 Ω
n [rpm]						
I ₁ [A]						
P ₁ [W]						
Cos φ						
P ₂ [W]						
M ₂ [N.m]						

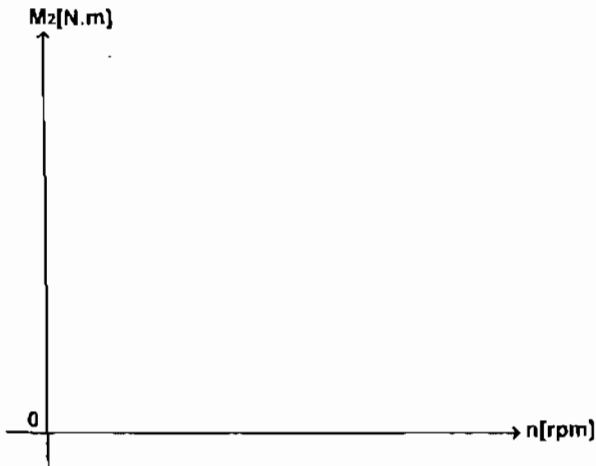
- P₂ và M₂ được tính theo công thức [12.7] và [12.8]

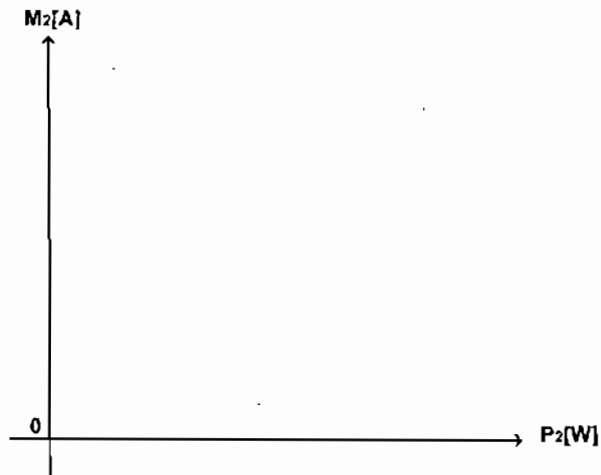
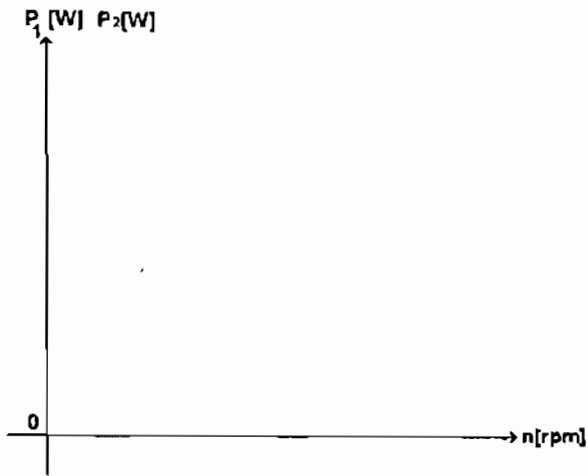
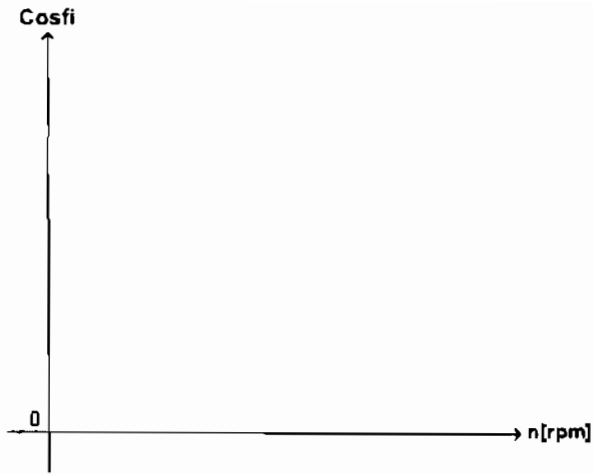
- Vẽ đường đặc tính làm việc:

$M_2 = f(n)$, $\text{Cos } \varphi = f(n)$, $P_1 = f(n)$, $P_2 = f(n)$, $M_2 = f(P_2)$.

V. BÁO CÁO KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

1. Họ, tên sinh viên.
2. Tên bài thí nghiệm.
3. Bảng số liệu thí nghiệm.
4. Đồ thị các đặc tính.
5. Nhận xét và kết quả





Bài 13

THÍ NGHIỆM MÁY BIẾN ÁP 1 PHA

A. MỤC TIÊU

Học xong bài này sinh viên có khả năng:

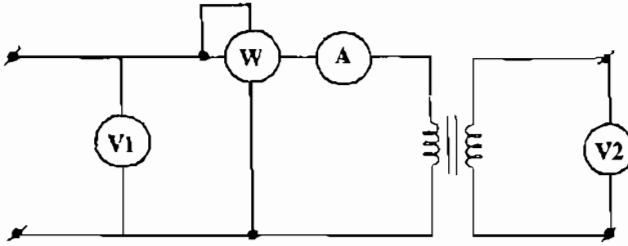
- Xác định được thông số định mức và quy trình vận hành máy biến áp 1 pha
- Đấu dây vận hành máy biến áp 1 pha.
- Thực hiện các thí nghiệm không tải, thí nghiệm ngắn mạch trên máy biến áp
- Tính toán kiểm tra các thông số máy biến áp
- Xác định được ứng dụng của máy biến áp 1 pha.

B. THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM

STT	Chủng loại – qui cách kỹ thuật	Số lượng	Ghi chú
1	Modul ACAV-3	1 bộ	
2	Modul CB 2 pha	1 bộ	
4	Ampe kẹp	1 cái	
7	Modul 3 phase Power supply	1 bộ	
8	Modul 1 phase Power supply 220V	1 bộ	
9	Variac 1 pha	1 cái	
10	VOM	1 cái	
11	Máy biến áp 1 pha cách ly	1 cái	
12	Module ACAV 1	1	

C. KIẾN THỨC LIÊN QUAN

I. THÍ NGHIỆM KHÔNG TẢI



Hình 13.1. Sơ đồ thí nghiệm không tải MBA

Từ các kết quả đo không tải, kết hợp với các thông số định mức của máy biến áp, chúng ta có thể tính các thông số sau:

- Tỷ số biến áp: $K = \frac{W_1}{W_2} = \frac{U_1}{U_{20}}$

- Dòng điện không tải phần trăm: $I_0\% = I_0 \cdot \frac{100}{I_{1dm}}$

Thông thường giá trị này khoảng 3% - 10%.

- Trong đó I_{1dm} là dòng điện định mức sơ cấp máy biến áp

- Tổng trở không tải: $Z_0 = R_0 + jX_0 = Z_1 + Z_{th} = Z_{th} = R_{th} + jX_{th}$

Khi đó: $Z_0 = Z_{th} = \frac{U_1}{I_0} = \frac{U_{1dm}}{I_0}$ [13.1]

- Điện trở không tải: $R_0 = R_{th} = \frac{P_0}{I_0^2}$ [13.2]

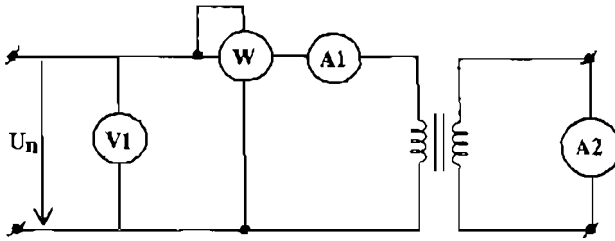
- Điện kháng không tải: $X_0 = X_{th} = \sqrt{Z_0^2 - R_0^2}$ [13.3]

- Hệ số công suất không tải: $\cos\phi_0 = \frac{P_0}{U_1 \cdot I_0} = \frac{P_0}{U_{1dm} \cdot I_0}$ [13.4]

Khi không tải máy biến áp có hệ số công suất rất thấp, từ 0,1 - 0,3.

Trong đó U_{1dm} là điện áp định mức sơ cấp máy biến áp.

I. THÍ NGHIỆM NGẮN MẠCH



Hình 13.2. Sơ đồ thí nghiệm không tải MBA

Từ các kết quả đo không tải, kết hợp với các thông số định mức của máy biến áp, chúng ta có thể tính các thông số sau:

- Điện áp ngắn mạch phần trăm: $U_n \% = U_n \cdot \frac{100}{U_{1dm}}$

Thông thường giá trị này khoảng 3% - 10%.

- Điện trở ngắn mạch: $R_n = \frac{P_n}{I_n^2} = \frac{P_n}{I_{1dm}^2}$ [13.5]

- Tổng trở ngắn mạch: $Z_n = \frac{U_n}{I_n} = \frac{U_n}{I_{1dm}}$ [13.6]

- Điện kháng không tải: $X_n = \sqrt{Z_n^2 - R_n^2}$ [13.7]

- Hệ số công suất không tải: $\cos \phi_n = \frac{P_n}{U_n \cdot I_n} = \frac{P_n}{U_n \cdot I_{1dm}}$ [13.8]

Trong đó: $R_n = R_1 + R'_2 = R_1 + K^2 \cdot R_2$ $X_n = X_1 + X'_2 = X_1 + K^2 \cdot X_2$

Nếu xem $R_1 = R'_2 = \frac{R_n}{2}$ và $X_1 = X'_2 = \frac{X_n}{2}$

Thì chúng ta có thể tìm được các thông số thứ cấp khi chưa quy đổi:

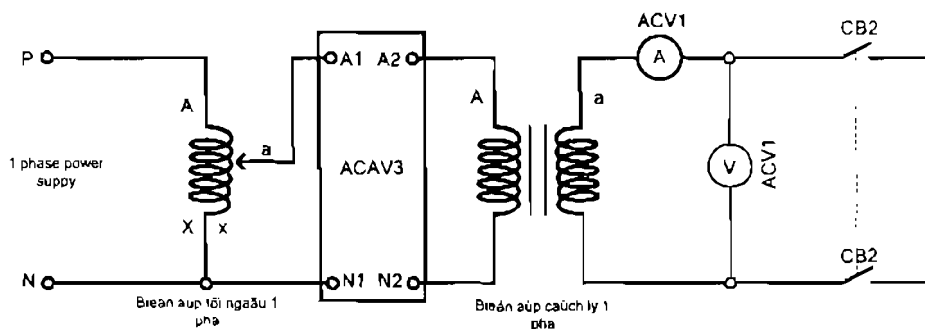
$R_2 = \frac{R'_2}{K^2}$ và $X_2 = \frac{X'_2}{K^2}$

D. QUY TRÌNH LÀM THÍ NGHIỆM

I. CHUẨN BỊ TRƯỚC KHI LÀM THÍ NGHIỆM

Bước 1: Xác định mục tiêu bài thí nghiệm.

Bước 2: Phân tích sơ đồ nguyên lý của bài thí nghiệm, hình 13.3



Hình 13.3. Sơ đồ thí nghiệm máy MBA 1 pha

Bước 3: Lựa chọn và kiểm tra các thiết bị thí nghiệm cần thiết theo sơ đồ.

Bước 4: Lắp mạch theo sơ đồ thí nghiệm.

Bước 5: Kiểm tra nguội mạch điện đã lắp xong.

Bước 6: Tắt module CB2, Modul 1 phase Power supply và chỉnh biến áp tự ngẫu 1 pha (BATN 1 pha) về 0.

Bước 7: Báo với giáo viên đến kiểm tra lại mạch điện.

II. THÍ NGHIỆM KHÔNG TẢI

Bước 1: Tắt CB2 và xoay BATN 1 PHA về vị trí 0.

Bước 2: Đóng 1 phase Power supply cấp nguồn cho sơ cấp máy biến áp.

Bước 3: Điều chỉnh biến áp tự ngẫu sao cho phía điện áp thức cấp đạt 100V (quan sát trên ACAV- 3).

Bước 4: Đọc các giá trị U_{10} , I_{10} , P_{10} , $\cos\phi_{10}$ (quan sát trên ACAV- 3) và U_{20} .

Bước 5: Làm tương tự bước 3 và 4 khi lần lượt chỉnh BATN 1 pha tăng lên 30V mỗi lần cho đến 220V.

Bước 6: Xoay BATN 1 PHA về vị trí 0, ghi kết quả thí nghiệm vào bảng 13.1

Bảng 13.1. Kết quả thí nghiệm không tải ($U_{dm} = 220V$)

U_{10} [V]	100	130	160	190	220
I_{10} [A]					
P_{10} [W]					
$\cos\varphi_{10}$					
U_{20} [V]					

III. THÍ NGHIỆM NGẮN MẠCH

Bước 1: Xoay BATN 1 PHA về vị trí 0.

Bước 2: Đóng CB2.

Bước 3: Chỉnh BATN 1 pha để cho $I_{1n} = 1A$ (quan sát trên ACAV- 3).

Bước 4: Đọc các giá trị U_{1n} , P_{1n} , $\cos\varphi_{1n}$ (quan sát trên ACAV- 3) và I_{2n} .

Bước 5: Làm tương tự bước 3, 4 khi lần lượt chỉnh BATN 1 pha cho dòng ngắn mạch I_{1n} tăng mỗi lần 0,3A cho đến 3A.

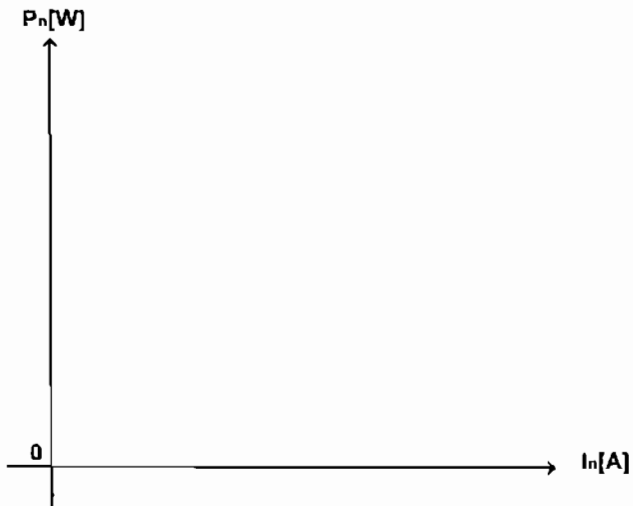
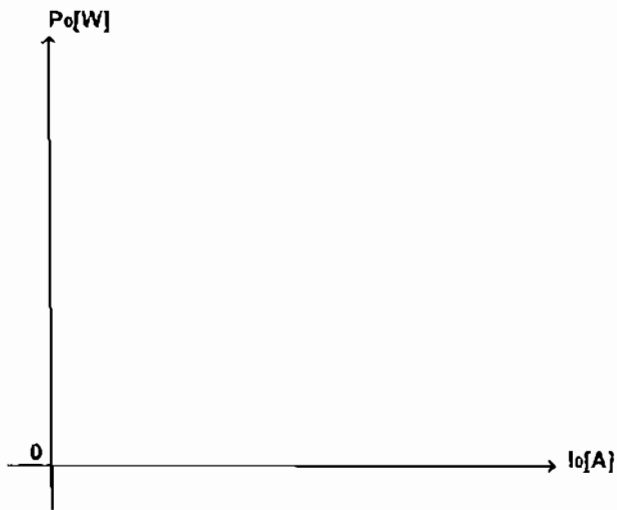
Bước 6: Xoay BATN 1 PHA về vị trí 0, tắt CB2, tắt 1 phase Power supply và ghi kết quả thí nghiệm vào bảng 13.2

Bảng 13.2. Kết quả thí nghiệm ngắn mạch ($I_{dm} = 3A$)

I_{1n} [A]	1,0	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8
U_{1n} [V]							
I_{2n} [A]							
P_{1n} [W]							
$\cos\varphi_{1n}$							

V. BÁO CÁO KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

1. Họ, tên sinh viên.
2. Tên bài thí nghiệm.
3. Bảng số liệu thí nghiệm và tính: $R_0, X_0, R_n, X_n, R_1, X_1, R_2, X_2$.
4. Đồ thị các đặc tính.
5. Nhận xét và kết



Bài 14

THÍ NGHIỆM MÁY BIẾN ÁP 3 PHA

A. MỤC TIÊU

Học xong bài này sinh viên có khả năng:

- Xác định được thông số định mức và quy trình vận hành máy biến áp 3 pha.
- Đấu dây vận hành máy biến áp 3 pha cho các loại tải khác nhau.
- Thực hiện các thí nghiệm không tải, thí nghiệm ngắn mạch trên máy biến áp.
- Tính toán kiểm tra các thông số máy biến áp.
- Xác định được ứng dụng của máy biến áp 1 pha.

B. THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM

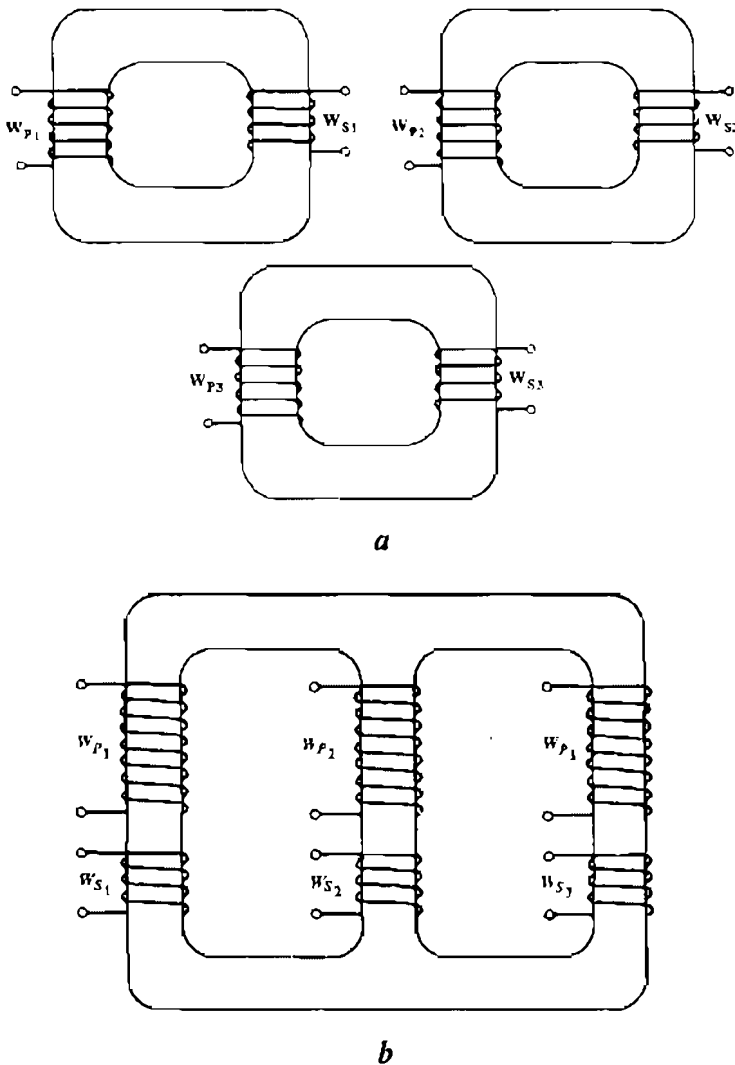
<i>STT</i>	<i>Chủng loại – qui cách kỹ thuật</i>	<i>Số lượng</i>	<i>Ghi chú</i>
1	Modul ACAV-3	2 bộ	
2	Modul CB 3 pha	1 bộ	
4	Ampe kẹp	1 cái	
7	Modul 3 phase Power supply	1 bộ	
8	Modul ACAV 1	1 bộ	
9	Variac 3 pha	1 cái	
10	VOM	1 cái	
11	Máy biến áp 3 pha cách ly	1 cái	
12	Module tải trở	1 bộ	
13	Module tải cảm	1 bộ	
14	Module tải dung	1 bộ	

C. KIẾN THỨC LIÊN QUAN

I. SƠ ĐỒ VẬN HÀNH MÁY BIẾN ÁP 3 PHA

1. Cấu tạo

Hầu hết các máy biến áp dùng để phát và truyền năng lượng trong những hệ thống điện là máy biến áp 3 pha. Các máy biến áp này có thể được cấu tạo từ 3 máy biến áp 1 pha kết nối lại (Hình 14.1a). Chúng cũng có thể được cấu tạo bởi 3 cuộn dây cùng quấn chung trên một lõi sắt (Hình 14.1b).

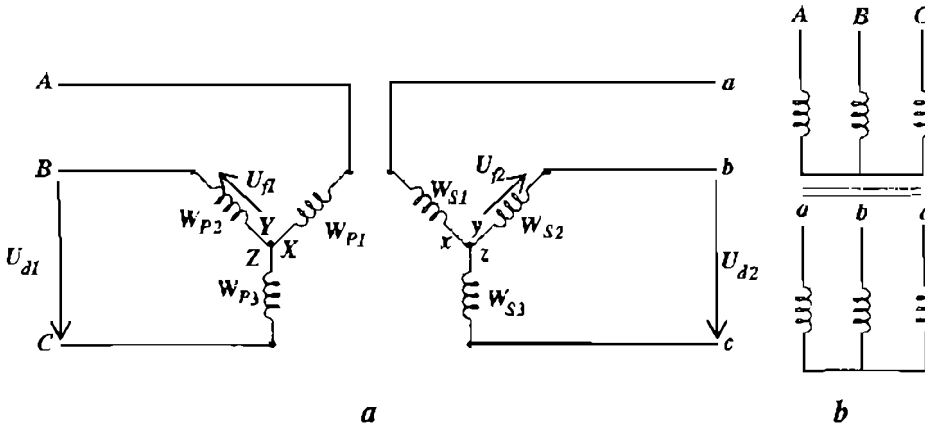


Hình 14.1. Cấu tạo máy biến áp 3 pha

2. Đấu dây máy biến áp 3 pha

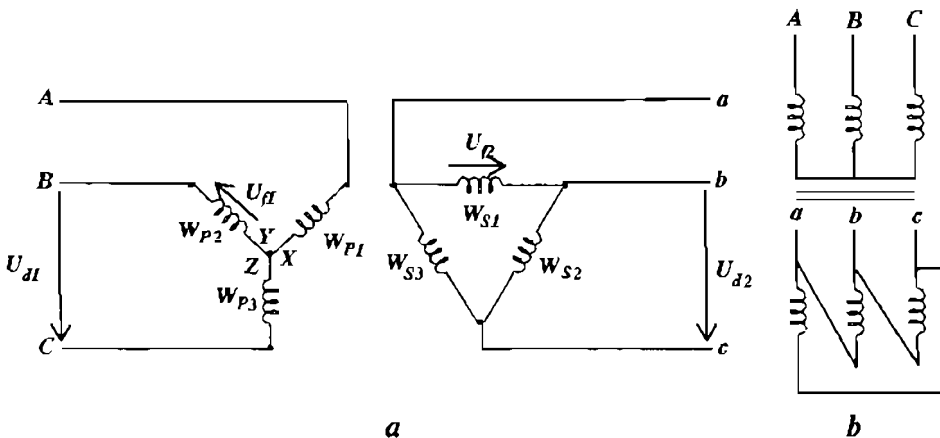
Cuộn dây sơ cấp và thứ cấp máy biến áp 3 pha đều có hai cách đấu là sao (Y) và tam giác (Δ). Do đó một máy biến áp 3 pha có các cách đấu như sau:

2.1. Đấu sao – sao (Y-Y)



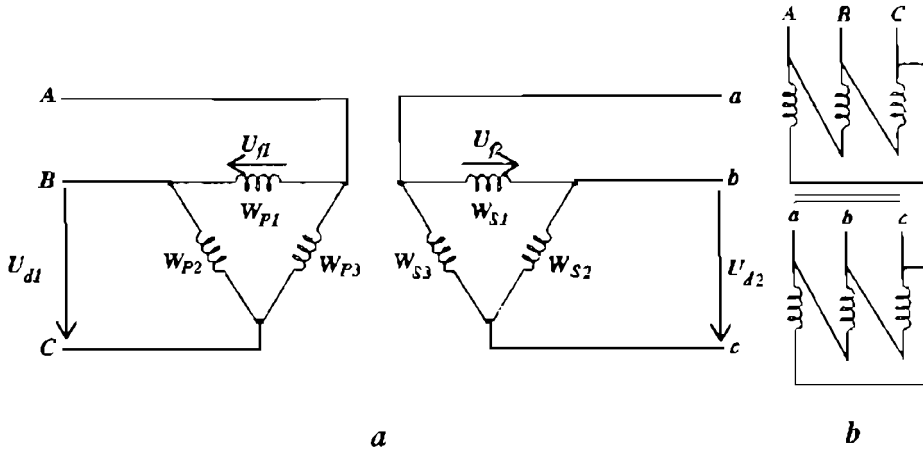
Hình 14.2. Máy biến áp 3 pha đấu Y-Y

2.2. Đấu sao – tam giác (Y- Δ)



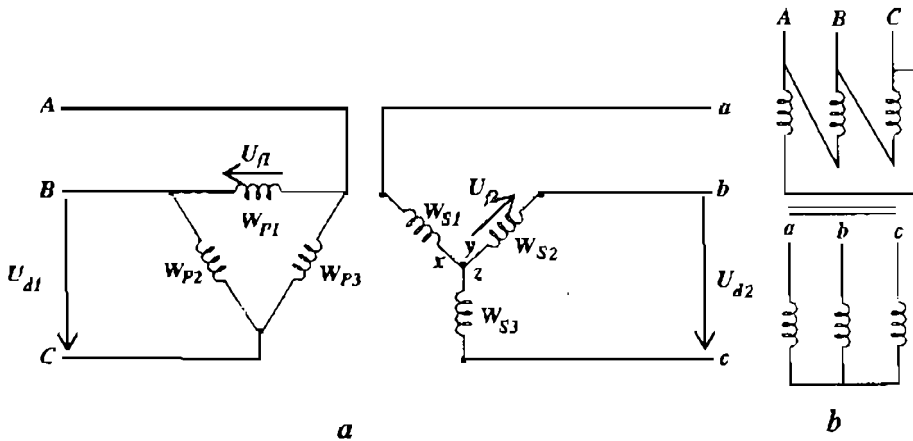
Hình 14.3. Máy biến áp 3 pha đấu Y- Δ

2.3. Đấu tam giác – tam giác ($\Delta - \Delta$)



Hình 14.4. Máy biến áp 3 pha đấu $\Delta - \Delta$

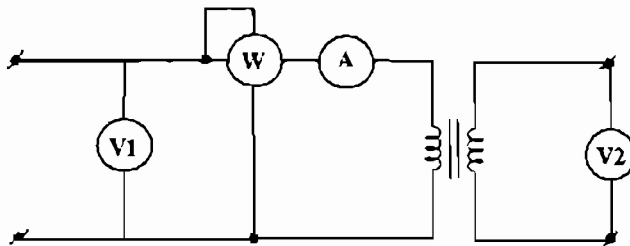
2.4. Đấu tam giác – sao ($\Delta - Y$)



Hình 14.5. Máy biến áp 3 pha đấu $\Delta - Y$

II. XÁC ĐỊNH THÔNG SỐ MÁY BIẾN ÁP

1. Thí nghiệm không tải



Hình 14.6. Sơ đồ thí nghiệm không tải MBA

Từ các kết quả đo không tải, kết hợp với các thông số định mức của máy biến áp, chúng ta có thể tính các thông số sau:

- Tỷ số biến áp: $K = \frac{W_1}{W_2} = \frac{U_1}{U_2}$

- Dòng điện không tải phần trăm: $I_0\% = I_0 \cdot \frac{100}{I_{1dm}}$

Thông thường giá trị này khoảng 3% - 10%.

- Trong đó I_{1dm} là dòng điện định mức sơ cấp máy biến áp

- Tổng trở không tải: $Z_0 = R_0 + jX_0 = Z_1 + Z_{th} \approx Z_{th} = R_{th} + jX_{th}$

Khi đó: $Z_0 \approx Z_{th} = \frac{U_1}{\sqrt{3}I_0} = \frac{U_{1dm}}{\sqrt{3}I_0}$ [14.1]

- Điện trở không tải: $R_0 = R_{th} = \frac{P_0}{3I_0^2}$ [14.2]

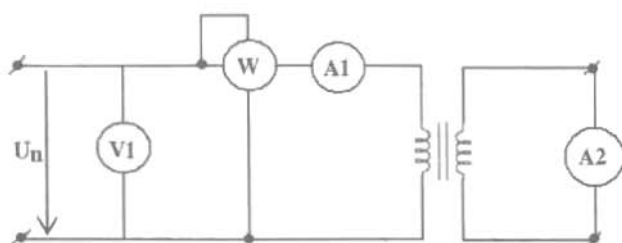
- Điện kháng không tải: $X_0 = X_{th} = \sqrt{Z_0^2 - R_0^2}$ [14.3]

- Hệ số công suất không tải: $\cos\phi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3}U_1 I_0} = \frac{P_0}{\sqrt{3}U_{1dm} I_0}$ [14.4]

Khi không tải máy biến áp có hệ số công suất rất thấp, từ 0,1 - 0,3.

Trong đó U_{1dm} là điện áp định mức sơ cấp máy biến áp.

2. Thí nghiệm ngắn mạch



Hình 14.7. Sơ đồ thí nghiệm không tải MBA

Từ các kết quả đo không tải, kết hợp với các thông số định mức của máy biến áp, chúng ta có thể tính các thông số sau:

- Điện áp ngắn mạch phần trăm: $U_n \% = U_n \cdot \frac{100}{U_{1dm}}$

Thông thường giá trị này khoảng 3% - 10%.

- Điện trở ngắn mạch: $R_n = \frac{P_n}{3I_n^2} = \frac{P_n}{3I_{1dm}^2}$ [14.5]

- Tổng trở ngắn mạch: $Z_n = \frac{U_n}{\sqrt{3}I_n} = \frac{U_n}{\sqrt{3}I_{1dm}}$ [14.6]

- Điện kháng không tải: $X_n = \sqrt{Z_n^2 - R_n^2}$ [14.7]

- Hệ số công suất không tải: $\cos\phi_n = \frac{P_n}{\sqrt{3}U_n I_n} = \frac{P_n}{\sqrt{3}U_n I_{1dm}}$ [14.8]

- Dòng điện định mức: $I_{1dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3}U_{1dm}}$ [14.9]

Trong đó: $R_n = R_1 + R'_2 = R_1 + K^2 \cdot R_2$; $X_n = X_1 + X'_2 = X_1 + K^2 \cdot X_2$

Nếu xem $R_1 \approx R'_2 = \frac{R_n}{2}$ và $X_1 \approx X'_2 = \frac{X_n}{2}$

Thì chúng ta có thể tìm được các thông số thứ cấp khi chưa quy đổi:

$$R_2 = \frac{R'_2}{K^2} \quad \text{và} \quad X_2 = \frac{X'_2}{K^2}$$

III. MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI ĐỐI XỨNG

1. Điện áp thứ cấp MBA

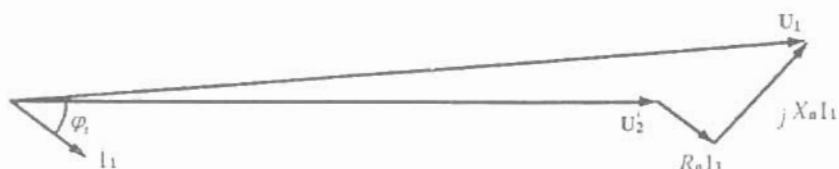
- Hệ số tải: $K_1 = \frac{I_1}{I_{1dm}} = \frac{S_1}{S_{dm}} = \frac{I_2}{I_{2dm}}$

- Tổn hao điện áp: $\Delta U\% = K_1 \cdot (U_{nR}\% \cdot \cos \phi_1 + U_{nX}\% \sin \phi_1)$ [14.10]

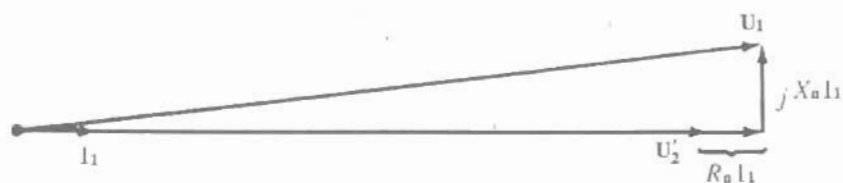
+ Nếu tải mang tính cảm (tải chậm pha), thì $\phi_1 > 0$. Khi đó $\sin \phi_1 > 0$.

+ Nếu tải mang tính dung (tải sớm pha), thì $\phi_1 < 0$. Khi đó $\sin \phi_1 < 0$.

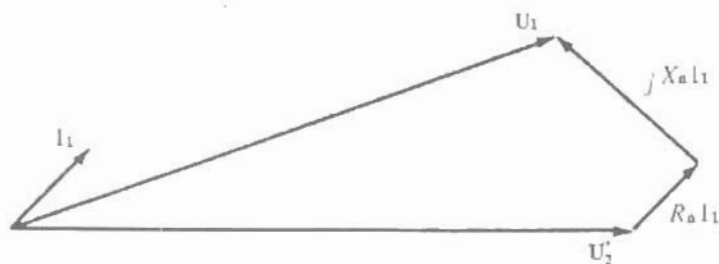
- Điện áp thứ cấp: $U_2 = U_{2dm} - \Delta U_2$ [14.11]



Hình 14.8. Véc tơ điện áp MBA chậm pha



(a)



(b)

Hình 14.9. Vectơ điện áp của máy biến áp có tải trùng pha (a) và tải sớm pha (b)

2. Hiệu suất MBA

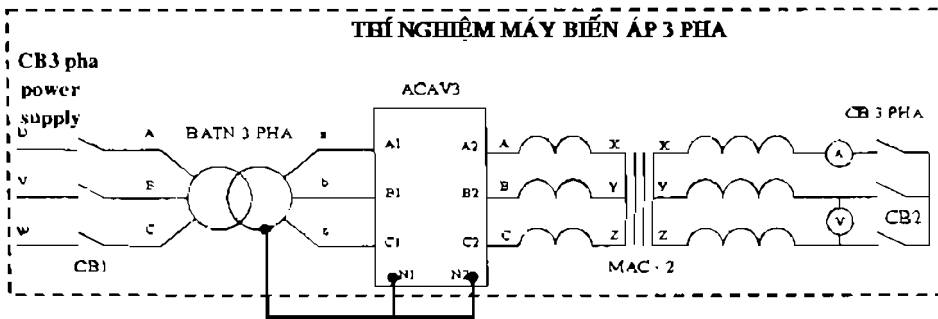
$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + K_I^2 P_n + P_0} \quad [14.12]$$

D. QUY TRÌNH LÀM THÍ NGHIỆM

I. CHUẨN BỊ TRƯỚC KHI LÀM THÍ NGHIỆM

Bước 1: Xác định mục tiêu bài thí nghiệm.

Bước 2: Phân tích sơ đồ nguyên lý của bài thí nghiệm, hình 14.10



Hình 14.10. Sơ đồ thí nghiệm máy MBA 3 pha

Bước 3: Lựa chọn và kiểm tra các thiết bị thí nghiệm cần thiết theo sơ đồ.

Bước 4: Lắp mạch theo sơ đồ thí nghiệm.

Bước 5: Kiểm tra nguội mạch điện đã lắp xong.

Bước 6: Tắt module CB1, CB3, Modul 3 phase Power supply và chỉnh biến áp tự ngẫu 3 pha (BATN 3 pha) về 0.

Bước 7: Báo với giáo viên đến kiểm tra lại mạch điện.

II. THÍ NGHIỆM KHÔNG TẢI

Bước 1: Tắt CB3 và xoay BATN 3 PHA về vị trí 0.

Bước 2: Đóng 3 phase Power supply và CB1 cấp nguồn cho sơ cấp máy biến áp.

Bước 3: Điều chỉnh biến áp tự ngẫu sao cho phía điện áp thứ cấp đạt 220V ($U_1 = 220V$) (quan sát trên ACAV- 3).

Bước 4: Đọc các giá trị U_{10} , I_{10} , P_{10} , $\cos\phi_{10}$ (quan sát trên ACAV- 3) và U_{20} .

Bước 5: Làm tương tự bước 3 và 4 khi lần lượt chỉnh BATN 3 pha tăng lên 40V mỗi lần cho đến 380V.

Bước 6: Xoay BATN 3 PHA về vị trí 0, ghi kết quả thí nghiệm vào bảng 14.1

Bảng 14.1. Kết quả thí nghiệm không tải ($U_{dm} = 380V$)

U_{10} [V]	220	260	300	340	380
I_{10} [A]					
P_{10} [W]					
$\cos\phi_{10}$					
U_{20} [V]					

III. THÍ NGHIỆM NGẮN MẠCH

Bước 1: Xoay BATN 3 PHA về vị trí 0.

Bước 2: Đóng CB3.

Bước 3: Chỉnh BATN 3 pha để cho $I_{1n} = 1A$ (quan sát trên ACAV- 3).

Bước 4: Đọc các giá trị U_{1n} , P_{1n} , $\cos\phi_{1n}$ (quan sát trên ACAV- 3) và I_{2n} .

Bước 5: Làm tương tự bước 3, 4 khi lần lượt chỉnh BATN 3 pha cho dòng ngắn mạch I_{1n} tăng mỗi lần 0,3A cho đến 3,5A.

Bước 6: Xoay BATN 3 PHA về vị trí 0, tắt CB3, tắt 3 phase Power supply và ghi kết quả thí nghiệm vào bảng 14.2

Bảng 14.2. Kết quả thí nghiệm ngắn mạch ($I_{dm} = 4A$)

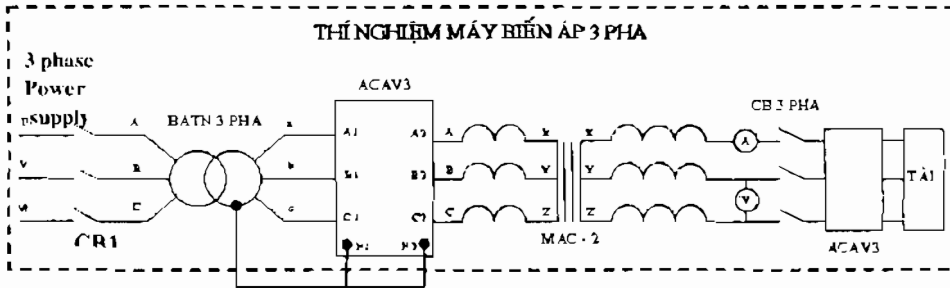
I_{1n} [A]	1,0	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4
U_{1n} [V]									
I_{2n} [A]									
P_{1n} [W]									
$\cos\phi_{1n}$									

IV. THÍ NGHIỆM MBA LÀM VIỆC TẢI ĐỐI XỨNG

1. Tải trở

Bước 1: Tắt 3 phase Power supply, CB1, CB3 và xoay BATN 3 PHA về vị trí 0.

Bước 2: Nối tải trở vào thứ cấp MBA, hình 109.



Hình 14.11. Sơ đồ thí nghiệm máy MBA 3 pha có tải

Bước 2: Đóng CB3.

Bước 3: Chỉnh BATN 3 pha để cho điện áp thứ cấp là 380V ($U_1 = 380V$) (quan sát trên ACAV- 3).

Bước 4: Đọc các giá trị P_1 , U_2 , P_2 , I_2 khi bật CB1 của tải trở lên ON ($R_{t\grave{a}i} = 80 \Omega$) (quan sát trên ACAV- 3).

Bước 5: Làm tương tự bước 4 khi lần lượt bật các CB2 ($R_{t\grave{a}i} = 160 \Omega$), CB3 ($R_{t\grave{a}i} = 240 \Omega$) lên vị trí ON.

Bước 6: Xoay BATN 3 PHA về vị trí 0, tắt CB3, tắt 3 phase Power supply và ghi kết quả thí nghiệm vào bảng 14.3

Bảng 14.3. Kết quả thí nghiệm với tải trở

$R_{t\grave{a}i} [\Omega]$	80	160	240
$I_2 [A]$			
$U_2 [V]$			
$P_1 [W]$			
$P_2 [W]$			
η (tính)			

2. Tải cảm

Thực hiện tương tự như các bước 1 đến bước 6 của tải trở cho tải cảm và ghi kết quả vào bảng 14.4.

3. Tải dung

Thực hiện tương tự như các bước 1 đến bước 6 của tải trở cho tải dung và ghi kết quả vào bảng 14.5.

Bảng 14.4. Kết quả thí nghiệm với tải cảm

L[mH]	77	150	241
I_2 [A]			
U_2 [V]			
P_1 [W]			
P_2 [W]			
η			

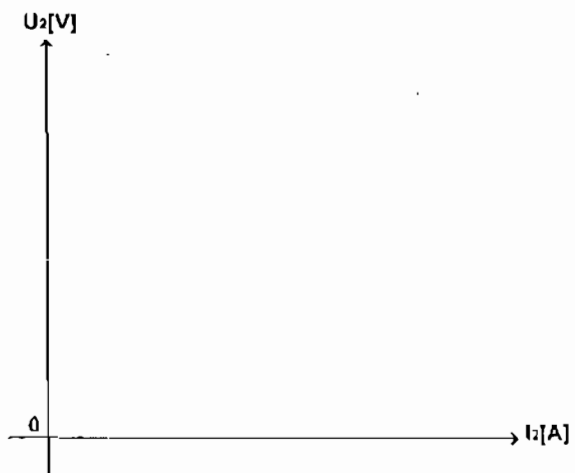
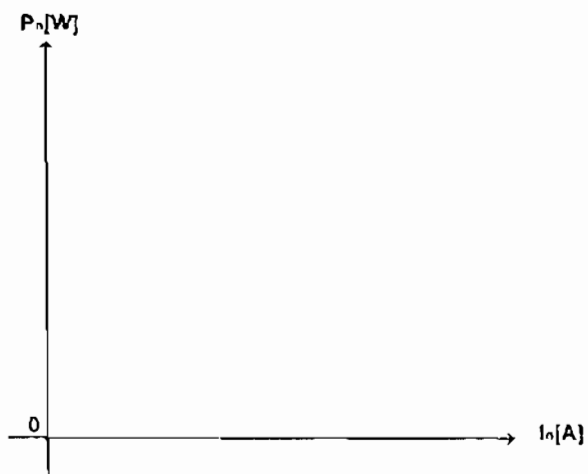
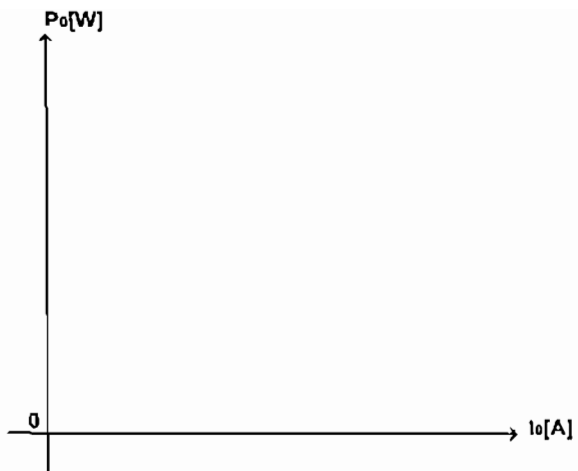
Bảng 14.5. Kết quả thí nghiệm với tải dung

C [μ F]	15	30	45
I_2 [A]			
U_2 [V]			
P_1 [W]			
P_2 [W]			
η			

- Hiệu suất máy biến áp η được tính theo công thức [14.12]

V. BÁO CÁO KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

1. Họ, tên sinh viên.
2. Tên bài thí nghiệm.
3. Bảng số liệu thí nghiệm, và tính: $R_0, X_0, R_n, X_n, R_1, X_1, R_2, X_2$.
4. Đồ thị các đặc tính.
5. Nhận xét và kết



Bài 15

THÍ NGHIỆM

MÁY PHÁT ĐIỆN XOAY CHIỀU ĐỒNG BỘ

A. MỤC TIÊU

Học xong bài này sinh viên có khả năng:

- Xác định được thông số định mức và quy trình vận hành máy phát điện xoay chiều đồng bộ.
- Đấu dây vận hành máy phát điện xoay chiều đồng bộ với các loại tải khác nhau.
- Xây dựng đặc tính không tải, đặc tính tải của máy phát.
- Xác định được ứng dụng của máy phát trong công nghiệp.

B. THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM

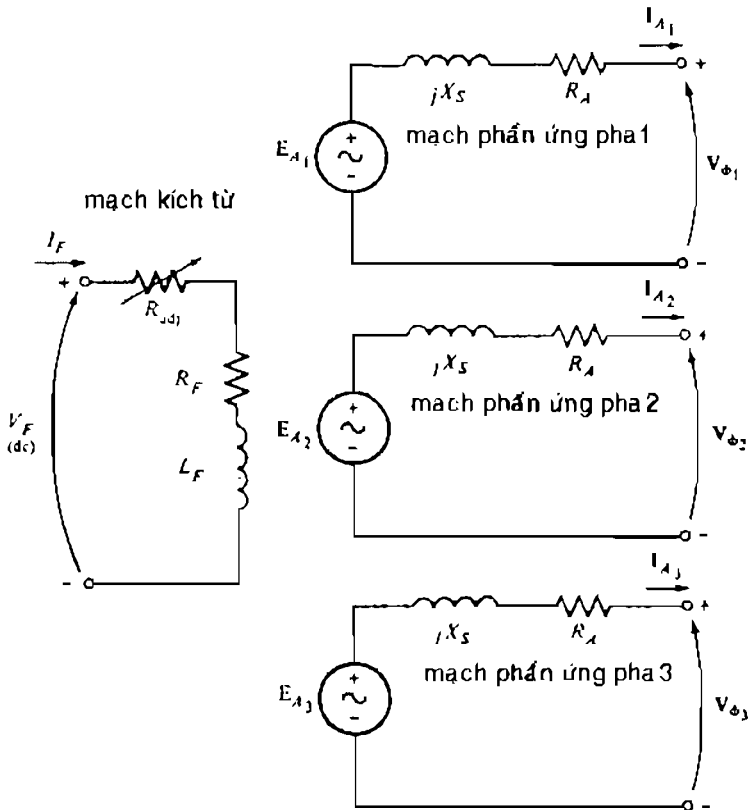
<i>STT</i>	<i>Chủng loại – qui cách kỹ thuật</i>	<i>Số lượng</i>	<i>Ghi chú</i>
1	Modul ACAV-3	1 bộ	
2	Modul CB 3 pha	1 bộ	
4	Ampe kẹp	1 cái	
7	Modul 3 phase Power supply	1 bộ	
8	Modul DCAV 1	1 bộ	
9	Module chopper	1 bộ	
10	VOM	1 cái	
11	Module DC Power supply	1 bộ	
12	Module tải trở	1 bộ	
13	Module tải cảm	1 bộ	

14	Module tải dung	1 bộ	
15	Modul 1 phase Power supply	1 bộ	
16	Module Biến tần	1 bộ	
17	Tổ máy phát – động cơ	1 bộ	
18	Tốc kế	1 cái	
19	Tần số kế	1 cái	

C. KIẾN THỨC LIÊN QUAN

I. MÁY PHÁT LÀM VIỆC KHÔNG TẢI

1. Sơ đồ mạch điện tương đương của máy phát



Hình 15.1. Mạch điện tương đương của máy phát

2. Đặc tính không tải

- Sức điện động phát ra của máy phát có dạng:

$$e_1 = E_m \sin \omega t$$

$$e_2 = E_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$e_3 = E_m \sin(\omega t - 240^\circ)$$

Trong đó:

+ $E_m = \sqrt{2}E$: Biên độ SĐĐ (SĐĐ cực đại) [V]

+ $E = 4,44.f.W.\phi.K_{dq}$: SĐĐ hiệu dụng [V]

+ ϕ : Từ thông mạch kích từ [Wb]

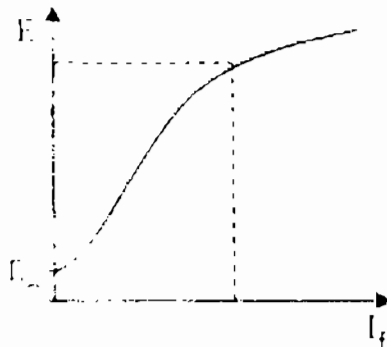
+ $\omega = 2\pi f$: Tần số góc [rad]

+ $f = \frac{n.p}{60}$: Tần số dòng điện [Hz]

+ n : Tốc độ quay rotor [rpm]

+ K_{dq} : Hệ số dây quấn

- Theo biểu thức tính SĐĐ hiệu dụng, thì SĐĐ tỷ lệ thuận với từ thông (ϕ) và tốc độ n . Nên nếu giữ cố định $n = n_{dm}$ và thay đổi từ thông bằng cách thay đổi dòng kích từ thì điện áp phát ra sẽ thay đổi. Tương tự nếu giữ dòng kích từ cố định $I_f = I_{fdm}$ và thay đổi tốc độ rotor thì điện áp phát ra cũng sẽ thay đổi. Đường đặc tính biểu diễn $E_0 = f(n)$ và $E_0 = f(I_f)$ được gọi là đặc tính không tải, hình 15.2.

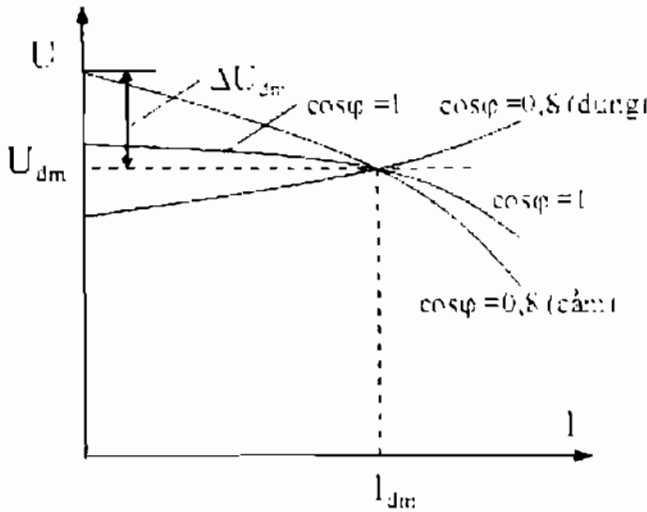


Hình 15.2. Đặc tính không tải của máy phát

II. MÁY PHÁT LÀM VIỆC VỚI TẢI ĐỐI XỨNG

I. Đặc tính ngoài của máy phát đồng bộ

- Đặc tính ngoài biểu diễn quan hệ $U = f(I)$, khi giữ cố định I_f , $\cos\phi$, n . Tùy thuộc vào tính chất của tải mà đặc tính ngoài có dạng khác nhau, hình 15.3.



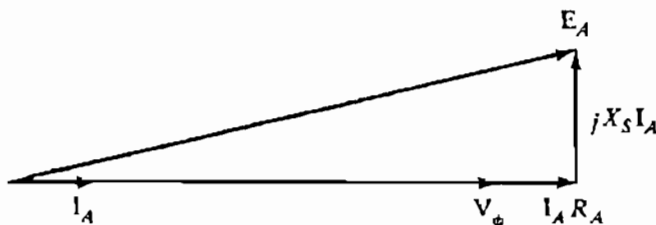
Hình 15.3. Đặc tính ngoài của máy phát

- Độ thay đổi điện áp của máy phát:

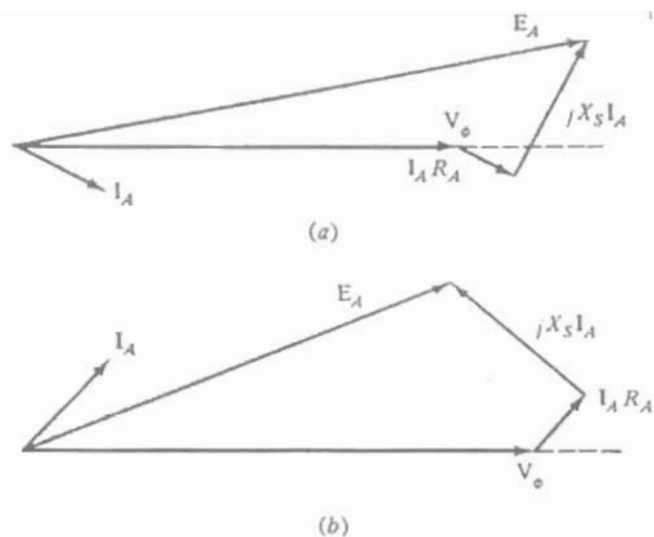
$$\Delta U_{dm} \% = \frac{E - U_{dm}}{U_{dm}} 100$$

$\Delta U_{dm} \%$ khoảng từ 25% đến 35%

- Giảm đồ điện áp của máy phát khi mang tải, hình 15.4



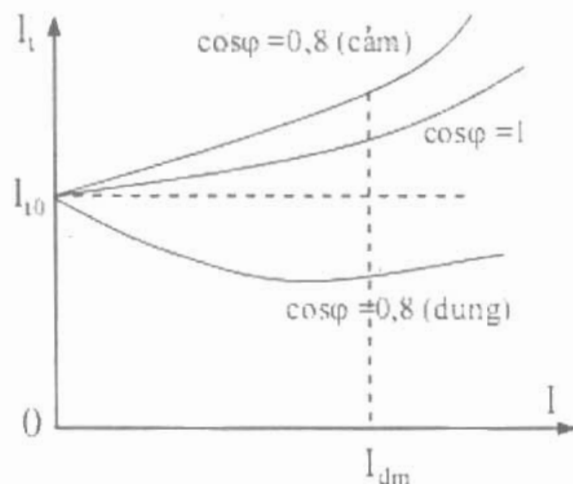
Hình 15.4. Giảm đồ điện áp tải thuận trở



Hình 15.5. (a) Giảm đồ điện áp tải tính cảm, (b) tải tính dung

2. Đặc tính điều chỉnh của máy phát đồng bộ

- Đặc tính điều chỉnh biểu diễn quan hệ $I_f = f(I)$, khi giữ cố định U , $\cos \varphi$, n . Tùy thuộc vào tính chất của tải mà đặc tính ngoài có dạng khác nhau, hình 15.6.



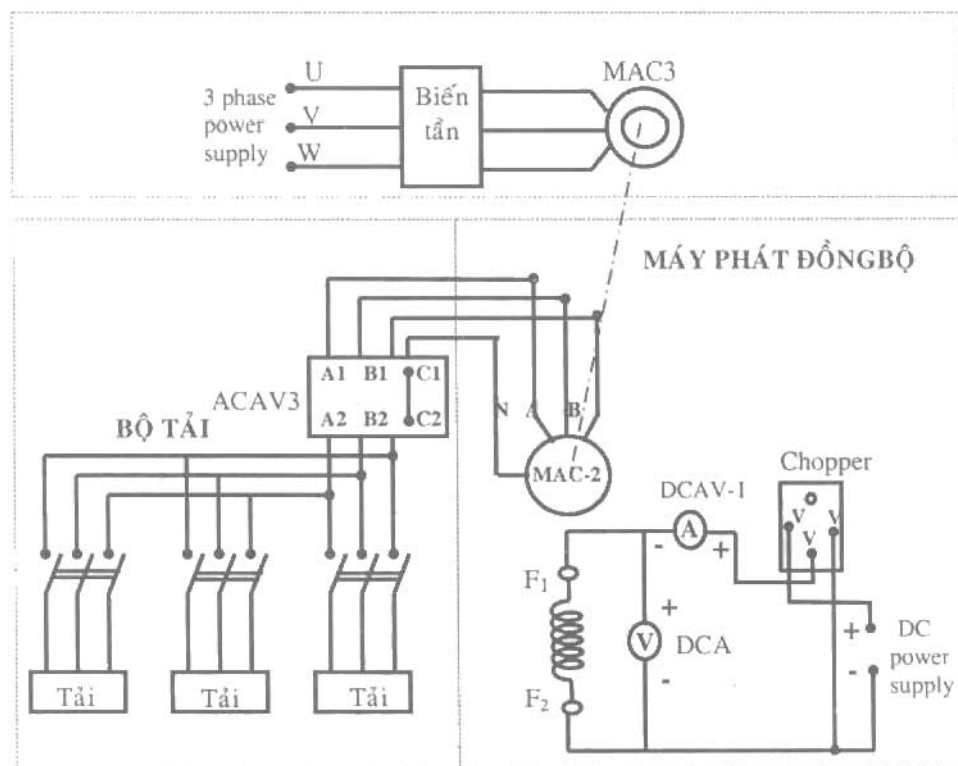
Hình 15.6. Đặc tính điều chỉnh của máy phát

D. QUY TRÌNH LÀM THÍ NGHIỆM

I. CHUẨN BỊ TRƯỚC KHI LÀM THÍ NGHIỆM

Bước 1: Xác định mục tiêu bài thí nghiệm.

Bước 2: Phân tích sơ đồ nguyên lý của bài thí nghiệm, hình 15.7.



Hình 15.7. Sơ đồ thí nghiệm máy phát đồng bộ 3 pha

Bước 3: Lựa chọn và kiểm tra các thiết bị thí nghiệm cần thiết theo sơ đồ.

Bước 4: Lắp mạch theo sơ đồ thí nghiệm.

Bước 5: Kiểm tra nguội mạch điện đã lắp xong.

Bước 6: Tắt module DC Power supply và chỉnh chopper về 0, tắt module 3 phase Power supply.

Bước 7: Báo với giáo viên đến kiểm tra lại mạch điện.

II. THÍ NGHIỆM KHÔNG TẢI

Bước 1: Tắt module DC Power supply và chỉnh chopper về 0

Bước 2: Đóng 3 phase Power supply cấp điện cho động cơ sơ cấp MAC3.

Bước 3: Chỉnh biến tần để tốc độ động cơ sơ cấp giữa cố định ở $n = 1450$ [rpm].

Bước 4: Đóng DC Power supply cấp nguồn cho chopper.

Bước 5: Đọc các giá trị I_1 và E_0 (quan sát trên ACAV- 3) khi lần lượt điều chỉnh chopper ở các vị trí 0, 2, 4, 6, 8, 10.

Bước 6: Chỉnh chopper về 0, tắt DC phase Power supply.

Bước 7: Chỉnh biến tần về 0, tắt 3 phase Power supply.

Bước 8: Ghi kết quả thí nghiệm vào bảng 15.1

Bảng 15.1. Kết quả thí nghiệm không tải, $E_0 = f(I_f)$

Chopper	0	2	4	6	8	10
I_1 [A]						
E_0 [V]						

IV. THÍ NGHIỆM MÁY PHÁT LÀM VIỆC TẢI ĐỐI XỨNG

1. Tải trở

Bước 1: Đóng 3 phase Power supply cấp điện cho động cơ sơ cấp MAC3.

Bước 2: Chỉnh biến tần để tốc độ động cơ sơ cấp giữa cố định ở $n = 1450$ [rpm].

Bước 3: Đóng DC Power supply cấp nguồn cho chopper và điều chỉnh cho dòng kích từ cố định khoảng 1,5A.

Bước 4: Đóng CB nguồn nối vào tải trở.

Bước 5: Đọc các giá trị I và U của tải (quan sát trên ACAV- 3) khi lần lượt đóng các cấp tải từ 1 đến 3 (80Ω đến 240Ω).

Bước 6: Chỉnh chopper về 0, tắt DC phase Power supply.

Bước 7: Chính biến tần về 0, tắt 3 phase Power supply.

Bước 8: Tắt CB tải và ghi kết quả thí nghiệm vào bảng 15.2

Bảng 15.2. Kết quả thí nghiệm với tải trở

$R_{\text{tải}} [\Omega]$	80	160	240
I [A]			
U [V]			
P [W]			
Q [VAR]			
n [rpm]			

- Trong quá trình làm thí nghiệm, nếu tốc độ máy phát và dòng kích từ thay đổi thì điều chỉnh biến tần và chopper để giữ cho tốc độ và dòng kích từ luôn không đổi.

2. Tải cảm

Thực hiện tương tự như các bước 1 đến bước 8 của tải trở cho tải cảm và ghi kết quả vào bảng 15.3.

3. Tải dung

Thực hiện tương tự như các bước 1 đến bước 8 của tải trở cho tải dung và ghi kết quả vào bảng 15.4.

Bảng 15.3. Kết quả thí nghiệm với tải cảm

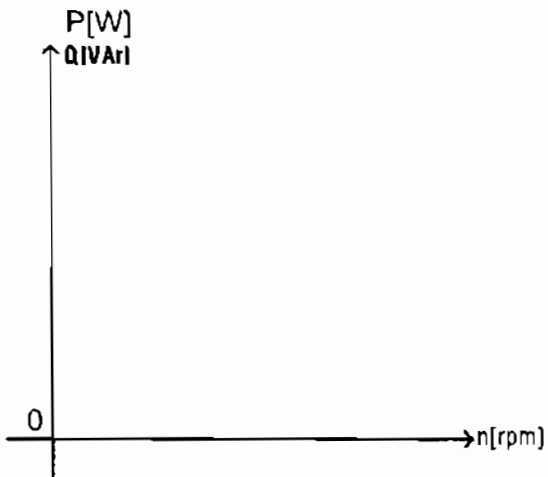
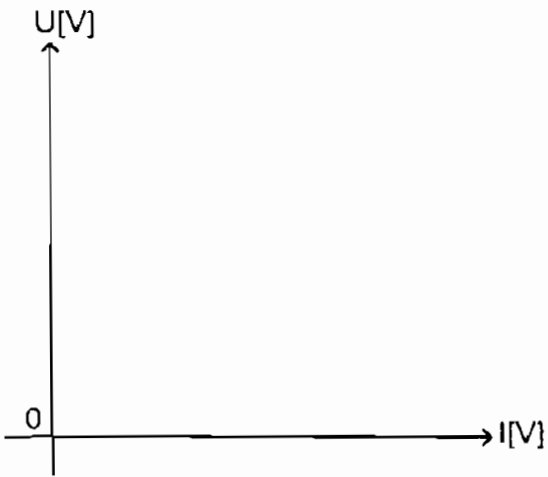
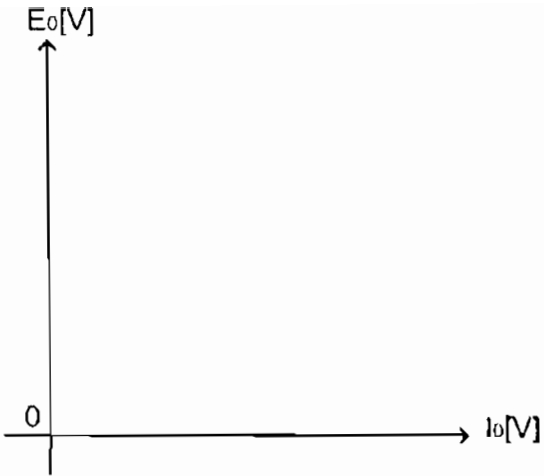
L[mH]	77	150	241
I [A]			
U [V]			
P [W]			
Q [VAR]			
n [rpm]			

Bảng 15.4. Kết quả thí nghiệm với tải dung

C [μF]	15	30	45
I [A]			
U [V]			
P [W]			
Q [VAR]			
n [%]			

V. BÁO CÁO KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

1. Họ tên sinh viên.
2. Tên bài thí nghiệm.
3. Bảng số liệu thí nghiệm.
4. Đồ thị các đặc tính.
5. Nhận xét và kết quả.



Bài 16

THÍ NGHIỆM HÒA ĐỒNG BỘ HAI MÁY PHÁT ĐIỆN XOAY CHIỀU

A. MỤC TIÊU

Học xong bài này sinh viên có khả năng:

- Xác định được điều kiện và phương pháp hòa đồng bộ.
- Đấu dây vận hành hòa đồng bộ hai máy phát.
- Điều chỉnh tốc độ, dòng kích từ của hai máy phát theo tải.
- Xác định được ứng dụng của hòa đồng bộ trong công nghiệp.

B. THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM

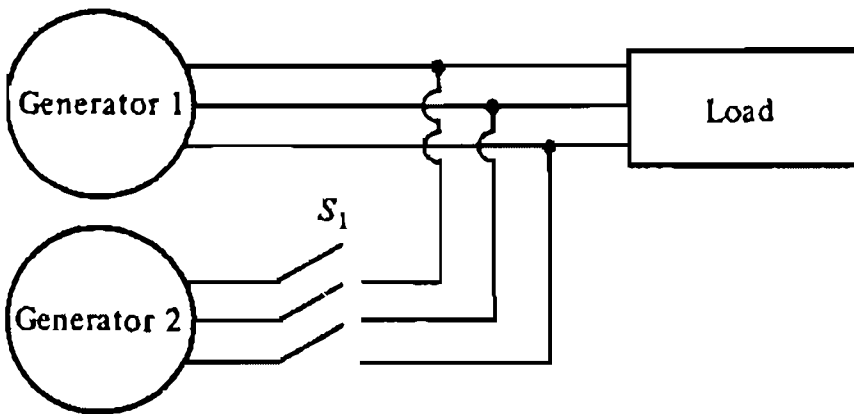
STT	Chủng loại – qui cách kỹ thuật	Số lượng	Ghi chú
1	Modul ACAV-3	2 bộ	
2	Modul CB 3 pha	2 bộ	
4	Ampe kẹp	2 cái	
7	Modul 3 phase Power supply	2 bộ	
8	Modul DCAV 1	2 bộ	
9	Module chopper	2 bộ	
10	VOM	2 cái	
11	Module DC Power supply	2 bộ	
12	Module tải trở	2 bộ	
13	Module tải cảm	2 bộ	

14	Module tải dung	2 bộ	
15	Modul 1 phase Power supply	2 bộ	
16	Module Biến tần	2 bộ	
17	Tổ máy phát – động cơ	2 bộ	
18	Tốc kế	2 cái	
19	Tần số kế	2 cái	

C. KIẾN THỨC LIÊN QUAN

I. ĐIỀU KIỆN HÒA ĐỒNG BỘ HAI MÁY PHÁT

1. Sơ đồ nguyên lý



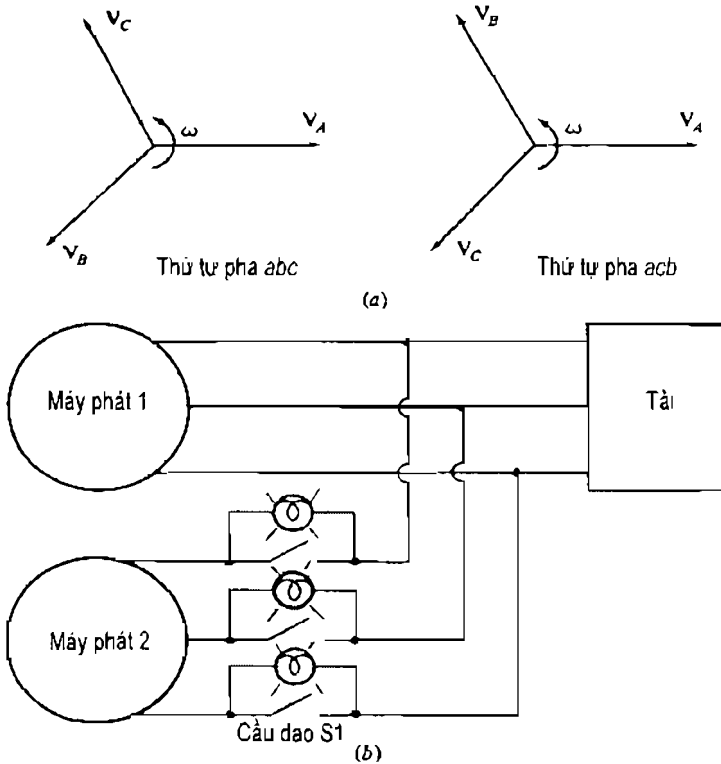
Hình 16.1. Hai máy phát làm việc song song

2. Điều kiện vận hành song song

1. Hai máy phát phải cùng điện áp dây hiệu dụng.
2. Thứ tự pha của hai máy phải giống nhau.
3. Góc lệch pha hai máy phải giống nhau.
4. Tần số của máy phát ghép vào phải cao hơn một ít so với tần số của máy đang chạy.

II. PHƯƠNG PHÁP HÒA ĐỒNG BỘ HAI MÁY PHÁT

1. Phương pháp hòa bằng đèn



Hình 16.2. Hòa đồng bộ bằng phương pháp đèn tắt

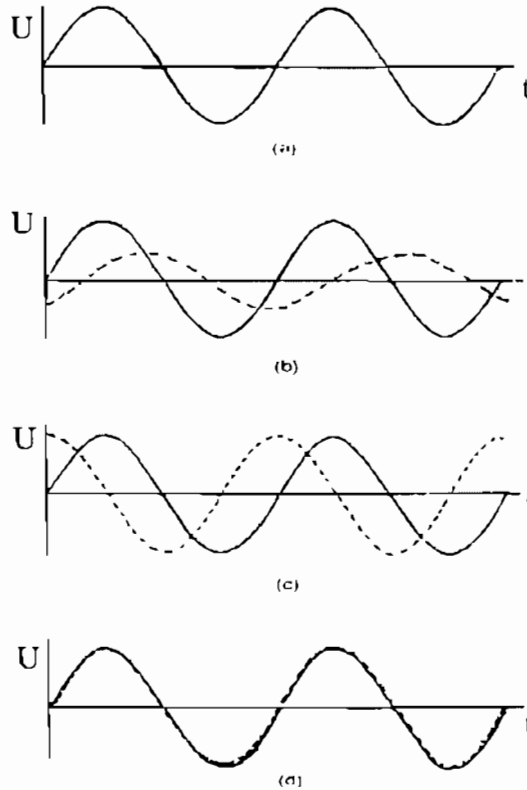
Phương pháp này sử dụng bóng đèn mắc song song với cầu dao nối máy phát cần hòa lên hệ thống (hình 16.2). Quy trình thực hiện hòa đồng bộ như sau:

Bước 1: Xác định thứ tự pha của hai máy phát.

Bước 2: Điều chỉnh tốc độ của máy phát cần hòa để cho tần số dòng điện phát ra cao hơn một ít so với tần số dòng điện của máy phát đang làm việc.

Bước 3: Điều chỉnh kích từ để điện áp phát ra của máy phát cần hòa bằng với điện áp của máy phát đang vận hành.

Bước 4: Điều chỉnh góc lệch pha trên cùng một pha giữa hai máy phát trùng nhau.



Hình 16.3.

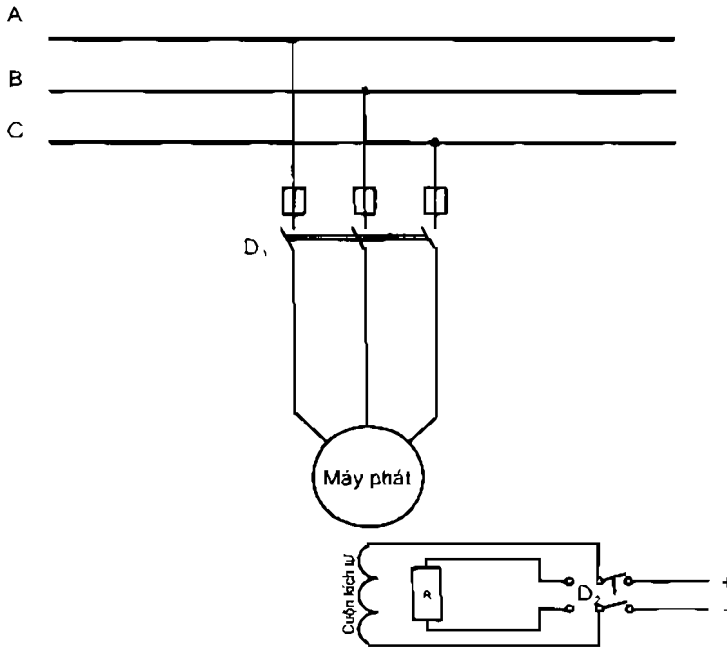
- (a) Dạng sóng điện áp máy phát đang hoạt động
 (b) Dạng sóng điện áp máy phát cân hòa
 (c) Dạng sóng điện áp hai máy phát sau khi điều chỉnh điện áp
 (d) Dạng sóng điện áp hai máy phát sau khi điều chỉnh góc lệch pha

Bước 5: Đóng cầu dao để hòa hai máy phát khi quan sát 3 bóng đèn đều tắt. Vì khi đó độ lệch điện áp giữa hai hệ thống bằng không.

2. Phương pháp tự hòa đồng bộ

Trong phương pháp này, thông qua việc cho máy phát cân hòa làm việc như một động cơ cảm ứng khi kết nối vào hệ thống. Khi đó, máy phát sẽ tự động thiết lập thứ tự pha, tần số, góc lệch pha điện áp theo hệ thống (hình 16.4). Quy trình thực hiện như sau:

Bước 1: Nối tắt cuộn dây kích từ của máy phát cần hòa qua một điện trở R.



Hình 16.4. Phương pháp tự hòa đồng bộ

Bước 2: Nối dây quấn stator của máy phát cần hòa lên lưới điện để máy phát làm việc như một động cơ cảm ứng cho đến khi tốc độ rotor gần bằng tốc độ đồng bộ.

Bước 3: Đóng nguồn vào cuộn dây kích từ của máy phát cần hòa để máy phát chuyển sang làm việc ở chế độ đồng bộ và hòa lên hệ thống.

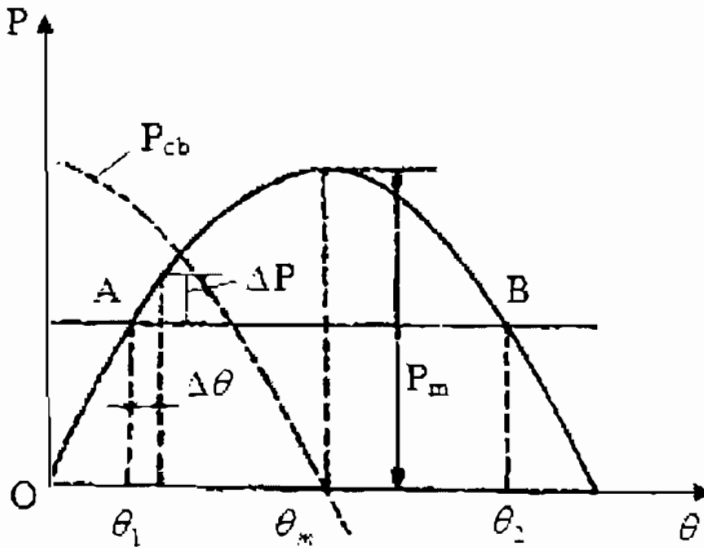
III. ĐIỀU CHỈNH CÔNG SUẤT P VÀ Q CỦA MÁY PHÁT

1. Điều chỉnh công suất P

a. Trường hợp công suất của máy phát hòa rất nhỏ so với công suất hệ thống ($U = \text{const}$ và $f \approx \text{const}$).

$$\text{- Ta có: } P = \frac{mUE_0}{x_d} \sin\theta + \frac{mU^2}{2} \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \sin 2\theta$$

- Khi giữ $I_f = \text{const}$, thì $P = f(\theta)$, hình 16.5. Trong đó θ là góc lệch giữa E_0 và U .



Hình 16.5. Đồ thị biểu diễn $P = f(\theta)$

- Như vậy, để điều chỉnh P của máy phát thì phải thay đổi góc θ .

- Ở chế độ làm việc xác lập ứng với một góc θ nhất định, công suất tác dụng P của máy phát phải cân bằng với công suất cơ trên trục làm quay máy phát.

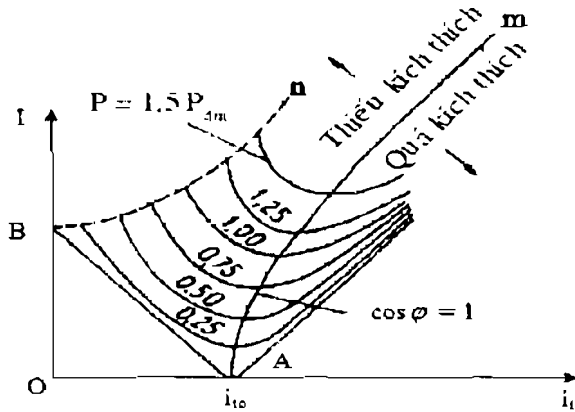
b. Trường hợp công suất của hai máy phát tương đương nhau

Trong trường hợp này, giả sử công suất của hệ thống là không đổi. Do đó, khi tăng công suất tác dụng của máy này thì phải giảm tương ứng công suất tác dụng của máy kia để giữ cho tần số không đổi.

2. Điều chỉnh công suất Q

a. Trường hợp công suất của máy phát hòa rất nhỏ so với công suất hệ thống ($U = \text{const}$ và $f = \text{const}$).

- Để thay đổi Q , ta phải điều chỉnh dòng kích từ của máy phát. Khi đó ta có quan hệ $I = f(I_f)$ ứng với $P = \text{const}$ như hình 16.6.



Hình 16.6. Đồ thị biểu diễn $I = f(I_1)$

b. Trường hợp công suất của hai máy phát tương đương nhau

Trong trường hợp này, để giữ cho điện áp hệ thống không đổi ($U = \text{const}$) thì tăng dòng kích từ của máy phát này phải giảm tương ứng dòng kích từ của máy phát khác.

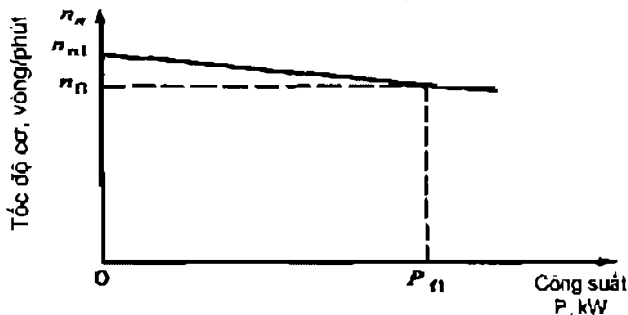
3. Đặc tính tần số – công suất tác dụng và điện áp công suất phản kháng

- Khi công suất tác dụng tăng lên thì tốc độ của hệ thống sẽ giảm xuống (hình 16.7). Độ sụt giảm tốc độ của động cơ sơ cấp được tính như sau:

$$SD = \frac{n_{n1} - n_n}{n_n} \times 100\%$$

Với n_{n1} : Tốc độ động cơ khi không tải [rpm]

n_n : Tốc độ động cơ khi đầy tải. [rpm]



Hình 16.7. Đặc tính tốc độ – công suất tác dụng

- Khi tần số dòng điện của máy phát phụ thuộc vào tốc độ và số cực từ, thì công suất tác dụng đầu ra của máy phát sẽ phụ thuộc vào tần số dòng điện, hình 123 (số cực từ của máy phát là hằng số).

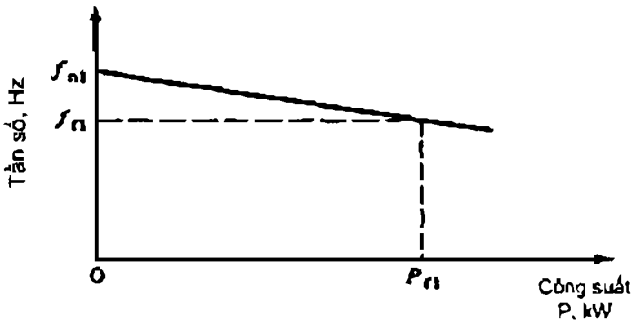
$$P = S_{\mu}(f_{nl} - f_{sys})$$

Trong đó: P = Công suất tác dụng phát ra của máy phát [W].

f_{nl} : Tần số khi không tải [Hz].

f_{sys} : Tần số của hệ thống. [Hz].

S_{μ} : Hệ số góc của đường đặc tính tần số – công suất tác dụng, hình 16.8.

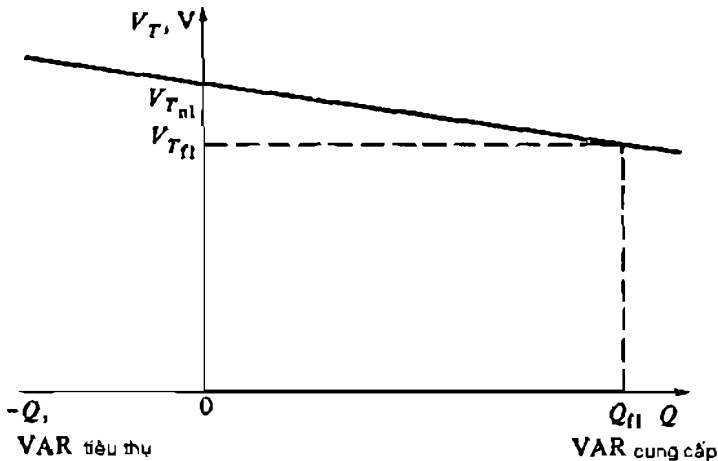


Hình 16.8. Đặc tính tần số – công suất tác dụng

4. Đặc tính điện áp – công suất phản kháng

Điện áp phát ra của máy phát phụ thuộc vào tính chất của tải (hình 16.9). Nếu máy phát cung cấp công suất phản kháng thì điện áp phát ra (V_T) giảm, ngược lại nếu máy phát tiêu thụ công suất phản kháng thì điện áp phát ra (V_T) tăng.

Đặc tính tần số – công suất tác dụng và điện áp – công suất phản kháng rất quan trọng khi vận hành hai máy phát song song. Không thể điều khiển công suất tác dụng và công suất phản kháng của máy phát cung cấp cho tải. Tuy nhiên, khi vận hành máy phát, để đặt sẵn một công suất tác dụng có thể điều chỉnh tần số dòng điện bằng cách điều chỉnh tốc độ hệ thống và để đặt sẵn công suất phản kháng, có thể điều chỉnh điện áp bằng cách thay đổi dòng kích từ.



Hình 16.9. Đặc tính điện áp công suất phản kháng

D. QUY TRÌNH LÀM THÍ NGHIỆM

I. CHUẨN BỊ TRƯỚC KHI LÀM THÍ NGHIỆM

Bước 1: Xác định mục tiêu bài thí nghiệm.

Bước 2: Phân tích sơ đồ nguyên lý của bài thí nghiệm, hình 16.10.

Bước 3: Lựa chọn và kiểm tra các thiết bị thí nghiệm cần thiết theo sơ đồ.

Bước 4: Lắp mạch theo sơ đồ thí nghiệm.

Bước 5: Kiểm tra nguội mạch điện đã lắp xong.

Bước 6: Tắt các module DC Power supply và chỉnh các chopper về 0.
tắt các module 3 phase Power supply.

Bước 7: Báo với giáo viên đến kiểm tra lại mạch điện.

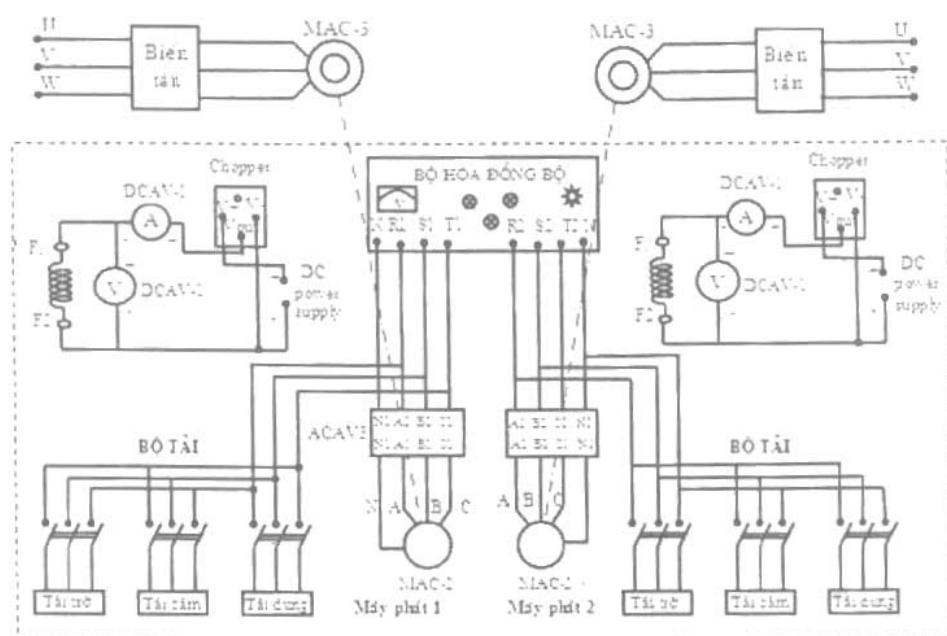
II. THÍ NGHIỆM HÒA ĐỒNG BỘ

Bước 1: Tắt module DC Power supply và chỉnh các chopper về 0

Bước 2: Đóng 3 phase Power supply cấp điện cho động cơ sơ cấp
MAC3 của tổ máy phát 1.

Bước 3: Chỉnh biến tần để tần số dòng điện của máy phát 1 giữ cố
định ở $f_1 = 50$ Hz.

- Bước 4:** Đóng DC Power supply và chỉnh chopper để điện áp của máy phát 1 giữ cố định ở 380V.
- Bước 5:** Đóng 3 phase Power supply cấp điện cho động cơ sơ cấp MAC3 của tổ máy phát 2.
- Bước 6:** Chỉnh biến tần để tần số dòng điện của máy phát 2 khoảng $f_2 = 51 - 52$ Hz.
- Bước 7:** Đóng DC Power supply và chỉnh chopper để điện áp của máy phát 2 bằng với điện áp máy phát 1.
- Bước 8:** Quan sát khi các bóng đèn trên bộ hòa đồng bộ tắt và đồng hồ điện áp chỉ 0V, đóng công tắc để hòa máy phát 2 vào máy phát 1.



Hình 16.10. Sơ đồ thí nghiệm hòa đồng bộ hai máy phát

III. THÍ NGHIỆM PHÂN PHỐI TẢI HAI MÁY PHÁT

- Bước 1:** Tắt tất cả các tải của máy phát 2.
- Bước 2:** Giữ hệ thống cố định điện áp ở 380V và tần số 50Hz.

Bước 3: Đóng cấp thứ nhất cho cả tải trở, tải cảm, tải dung vào tổ máy phát 1.

Bước 4: Ghi lại các số liệu U, I, P, Q, $\cos\phi$ của hai máy phát (*quan sát trên ACAV- 3*)

Bước 5: Làm tương tự bước 3 cho hai cấp tải còn lại (*quan sát trên ACAV- 3*)

Bước 6: Ghi số liệu vào bảng 16.1

Bảng 16.1. Kết quả thí nghiệm đóng tải cho máy phát 1

MF 1	Máy phát 1					Máy phát 2				
	U[V]	I[A]	P[W]	Q[VAR]	Cos ϕ	U[V]	I[A]	P[W]	Q[VAR]	Cos ϕ
Cấp 1										
Cấp 2										
Cấp 3										

Bước 7: Tắt tất cả các tải của máy phát 1.

Bước 8: Làm lại từ bước 2 đến bước 6 cho tải ở máy phát 2 và ghi kết quả vào bảng 16.2

Bảng 16.2. Kết quả thí nghiệm cho máy phát 2

MF 2	Máy phát 1					Máy phát 2				
	U[V]	I[A]	P[W]	Q[VAR]	Cos ϕ	U[V]	I[A]	P[W]	Q[VAR]	Cos ϕ
Cấp 1										
Cấp 2										
Cấp 3										

IV. THÍ NGHIỆM ĐẶC TÍNH f – P

Bước 1: Đặt tần số của máy phát 1 và máy phát 2 ở 50 Hz, và chỉnh kích từ cho hai tổ máy đều ở điện áp 380V.

Bước 2: Đóng cấp thứ nhất cho cả tải R, L, C vào tổ máy phát 1 và 2.

Bước 3: Giữ cố định tần số của tổ máy phát 1 ở 50 Hz, điều chỉnh tần số của tổ máy phát 2 thay đổi từ 40Hz đến 60Hz.

Bước 5: Ghi lại các giá trị P, Q, của hai tổ máy (*quan sát trên ACAV- 3*)

Bước 6: Ghi số liệu thí nghiệm vào bảng 16.3.

Bảng 16.3. Kết quả thí nghiệm đặc tính $f - P$

f [Hz]	40	45	50	55	60
P1 [W]					
Q1 [VAR]					
P2 [W]					
Q2 [VAR]					

V. THÍ NGHIỆM ĐẶC TÍNH V – Q

Bước 1: Đặt tần số của máy phát 1 và máy phát 2 ở 50 Hz, và điện áp dây của hệ thống là 380V

Bước 2: Đóng cấp thứ nhất cho cả tải R, L, C vào tổ máy phát 1 và 2.

Bước 3: Giữ cố định điện áp của tổ máy phát 1 ở 380V, điều chỉnh kích từ của tổ máy phát 2 để điện áp phát ra thay đổi từ 240V đến 400V

Bước 5: Ghi lại các giá trị P, Q của hai tổ máy (*quan sát trên ACAV- 3*)

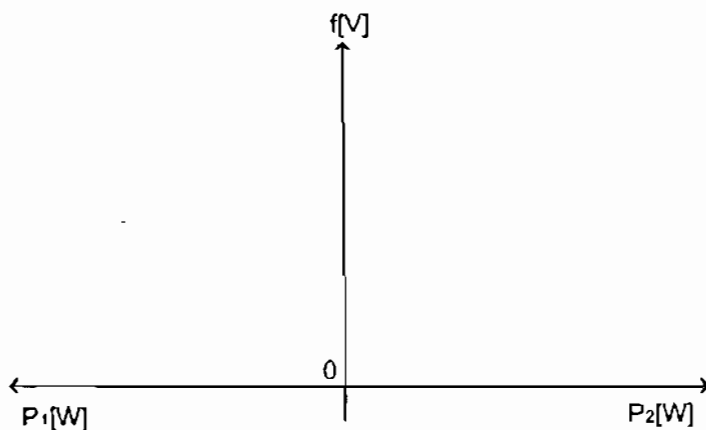
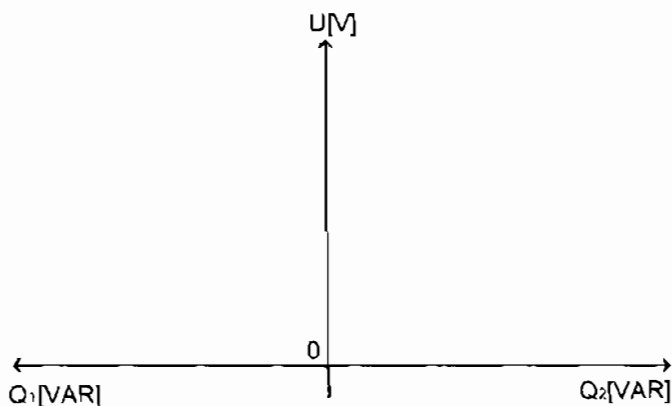
Bước 6: Ghi số liệu thí nghiệm vào bảng 16.4

Bảng 15.6. Kết quả thí nghiệm đặc tính $Q - U$

U [V]	240	280	320	360	400
P1 [W]					
Q1 [VAR]					
P2 [W]					
Q2 [VAR]					

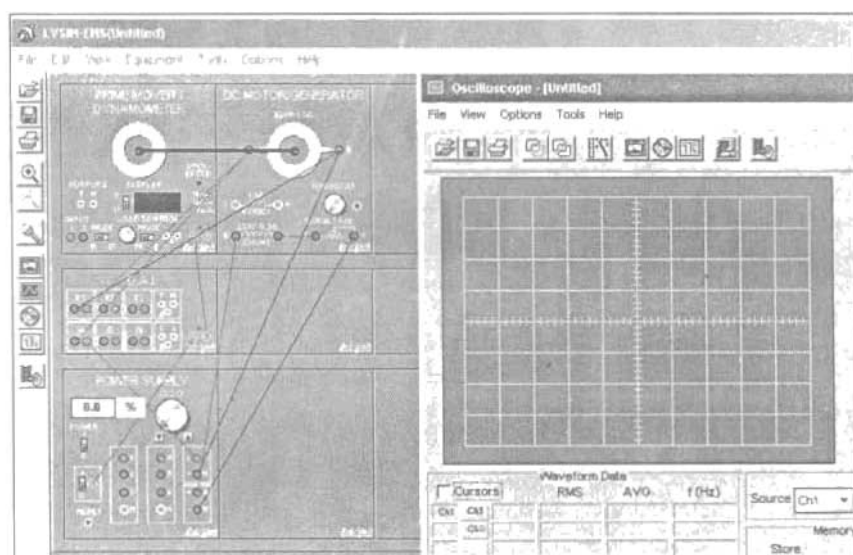
VI. BÁO CÁO KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

1. Họ tên sinh viên.
2. Tên bài thí nghiệm.
3. Bảng số liệu thí nghiệm.
4. Đồ thị các đặc tính.
5. Nhận xét và kết



PHẦN III

THÍ NGHIỆM CÓ GIAO TIẾP VÀ MÔ PHỎNG MÁY ĐIỆN (SỬ DỤNG PHẦN MỀM LVSIM EMS, LVDAM - EMS)



Bài 17

KHẢO SÁT, SỬ DỤNG CÁC THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM VÀ PHẦN MỀM LVSIM – EMS

A. MỤC TIÊU

Học xong bài này sinh viên có khả năng:

- Xác định được công dụng của phần mềm LVSIM – EMS.
- Sử dụng được các công cụ của phần mềm LVSIM – EMS.

B. PHƯƠNG TIỆN, THIẾT BỊ

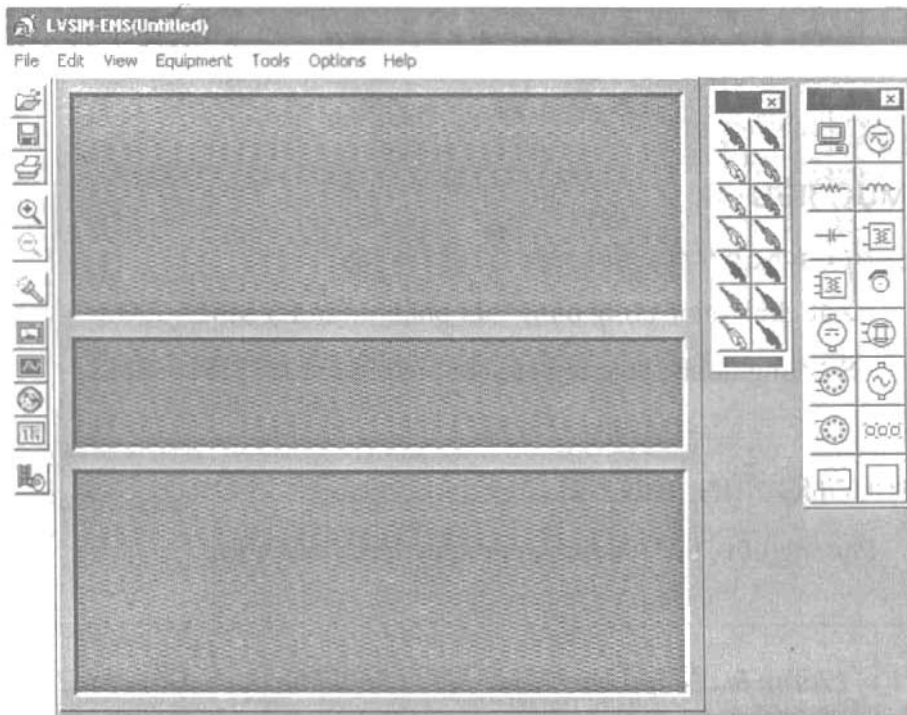
Phương tiện, thiết bị dùng cho thực hành bao gồm:

<i>STT</i>	<i>Chủng loại – qui cách kỹ thuật</i>	<i>Số lượng</i>	<i>Ghi chú</i>
1	Máy tính sử dụng cho sinh viên có cài đặt phần mềm LVSIM – EMS.	4 bộ	Số lượng có thể thay đổi tùy theo phòng thí nghiệm.
2	Máy tính chủ sử dụng cho giáo viên có cài đặt phần mềm LVSIM – EMS.	1 bộ	
3	Máy chiếu Projector	1 cái	

C. NỘI DUNG THỰC HÀNH

I. GIỚI THIỆU PHẦN MỀM LVSIM - EMS

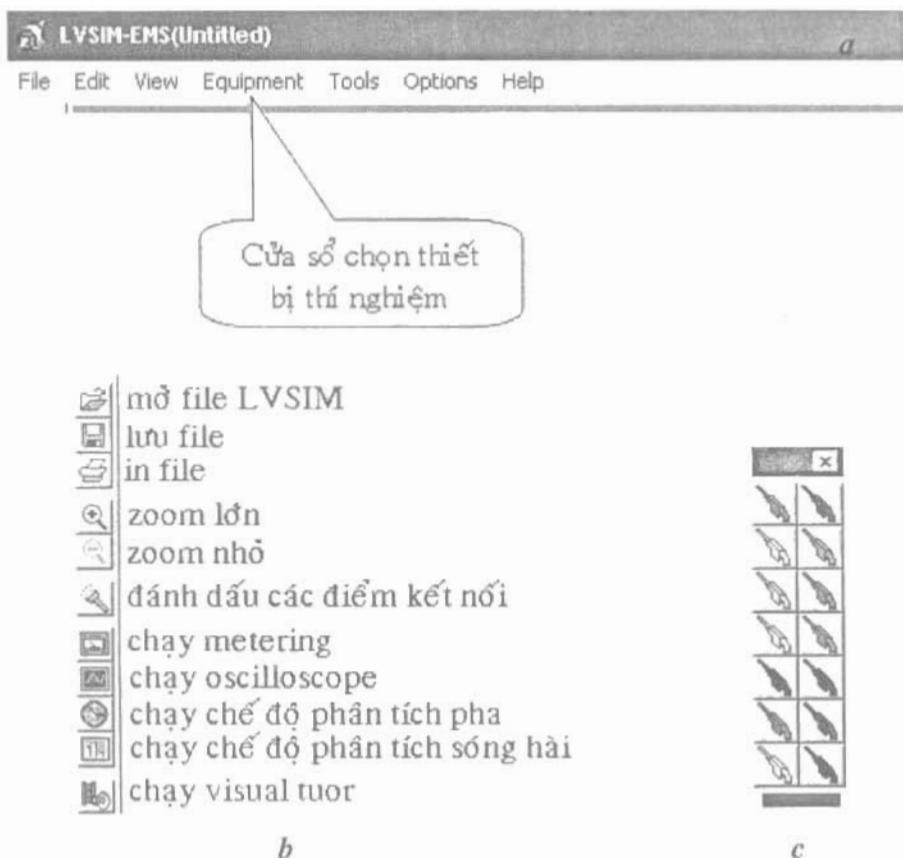
LVSIM – EMS là phần mềm chạy trên nền Window, sử dụng để mô phỏng hệ thống máy điện của Lab – Volt (EMS).



Hình 17.1. Màn hình đặt các module thí nghiệm

Trong phần mềm này, các module sử dụng trong mô phỏng hoàn toàn giống với các module vật lý dùng trong thí nghiệm. Nhờ đó, sinh viên có thể làm các thí nghiệm ảo để kiểm tra các kết quả thí nghiệm trước khi tiến hành các thí nghiệm thực trên mô hình vật lý. Các module trong phần mềm được đặt trên một màn hình dạng panel ảo và có thể kết nối lại với nhau bằng dây dẫn theo một sơ đồ thí nghiệm để tiến hành mô phỏng các kết quả, hình 17.1.

Trên màn hình thí nghiệm có các thanh công cụ để lựa chọn thiết bị thí nghiệm, thiết bị đo, và thay đổi màu dây kết nối, hình 17.2



b

c

Hình 17.2.

(a). Chọn thiết bị thí nghiệm

(b). Chọn các chế độ hiển thị kết quả thí nghiệm

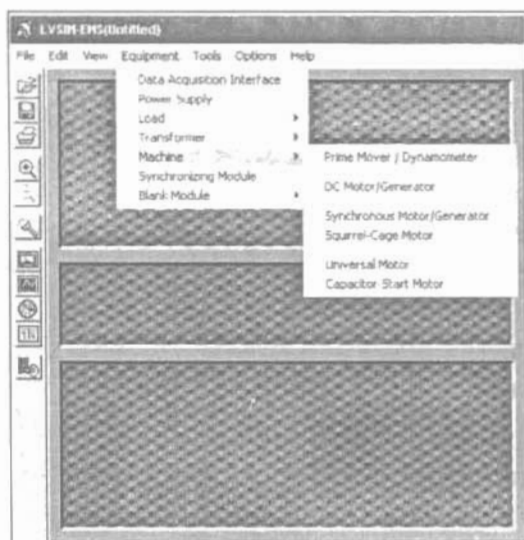
(c). Chọn màu dây kết nối

II. CÁC MODULE THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM

Để lấy các module thí nghiệm, vào cửa sổ Equipment trên thanh công cụ, hình 17.3.

- *Data Acquisition Interface* (D.A.I): Bộ thu thập dữ liệu.
- *Power Supply*: Module nguồn.
- *Load*: Module tải.
- *Transformer*: Module máy biến áp.

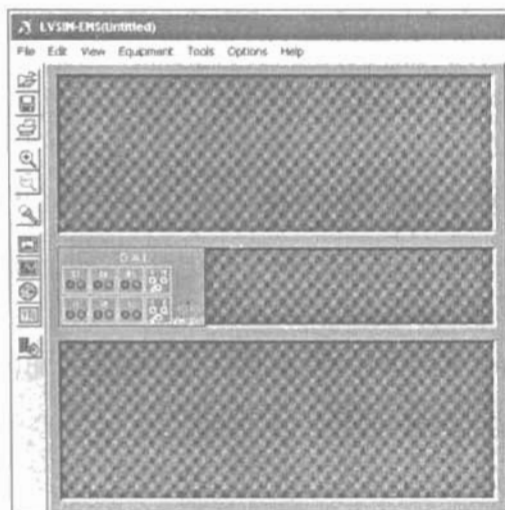
- *Machine*: Module máy điện
- *Synchronizing Module*: Module đồng bộ.
- *Blank Module*: Module trống.



Hình 17.3. Cửa sổ lấy thiết bị thí nghiệm

Tại cửa sổ Equipment, cần lấy thiết bị nào thì nhấp chuột trái vào các mục tương ứng sau đó đặt các thiết bị vừa lấy vào panel.

➤ *Data Acquisition Interface (D.A.I): Bộ thu thập dữ liệu*



Hình 17.4. Bộ thu thập dữ liệu

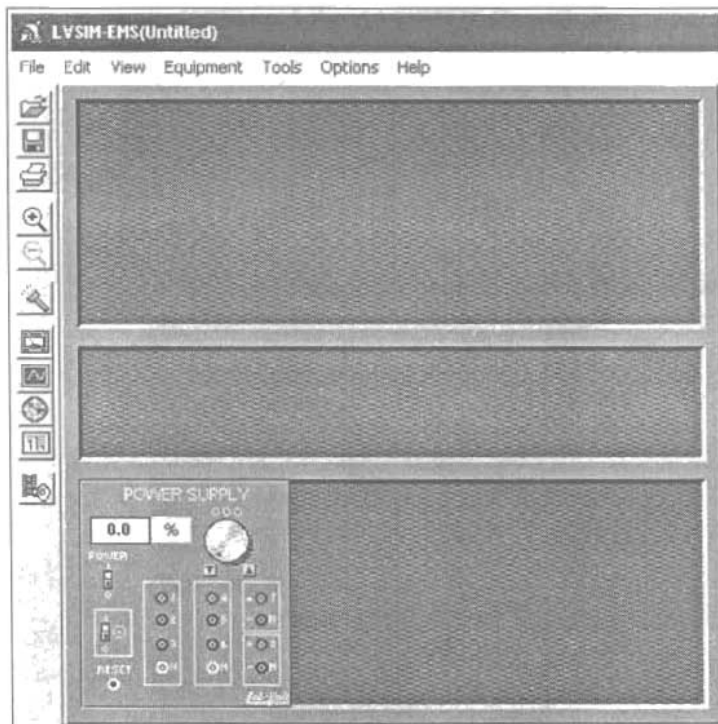
E1, E2, E3: Đo điện áp (mắc song song với điện áp cần đo, đo dương và đen âm).

I1, I2, I3: Đo dòng điện (mắc nối tiếp với tải cần đo).

T: Đo moment.

N: Đo tốc độ.

➤ **Power Supply: Module nguồn**



Hình 17.5. Module nguồn

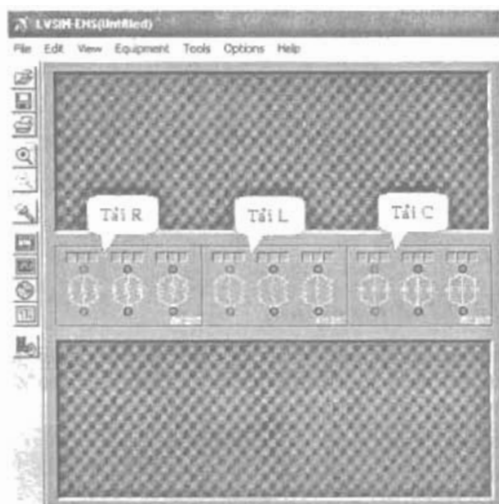
1 – 2 – 3 – N: Nguồn AC 3 pha 220/380V không thay đổi điện áp.

4 – 5 – 6 – N: Nguồn AC 3 pha 0 - 220/380V thay đổi được điện áp.

7 – N: Nguồn DC thay đổi được điện áp từ 0 – 220V.

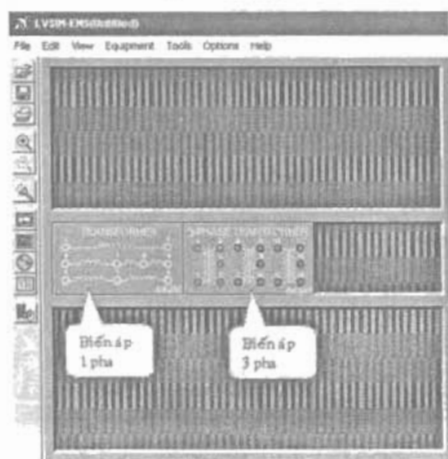
8 – N: Nguồn DC 220V không thay đổi được điện áp.

➤ **Load: Các module tải**



Hình 17.6. Module tải

➤ *Transformer: Module máy biến áp*



Hình 17.7. Module máy biến áp

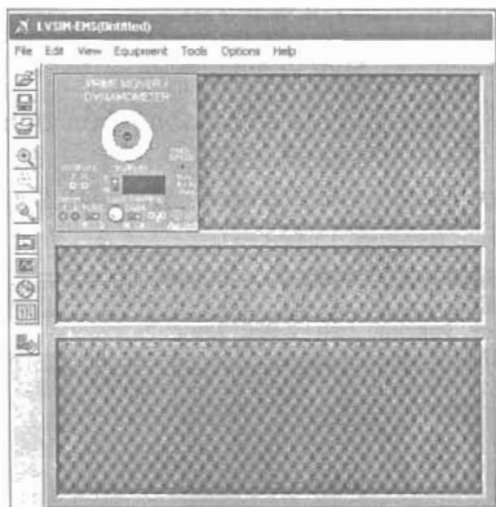
Module máy biến áp 1 pha:

- + 1 – 2: Cuộn dây sơ cấp ($U_1 = 220V$)
- + 3 – 4 và 5 – 6: Các cuộn dây thứ cấp.

Module máy biến áp 3 pha:

- + 1 – 2, 6 – 7, 11 – 12: Cuộn dây sơ cấp
- + 3 – 5, 8 – 10, 13 – 15: Cuộn dây thứ cấp.

➤ *Prime Mover / Dynamometer: Module động cơ sơ cấp / thiết bị đo moment*



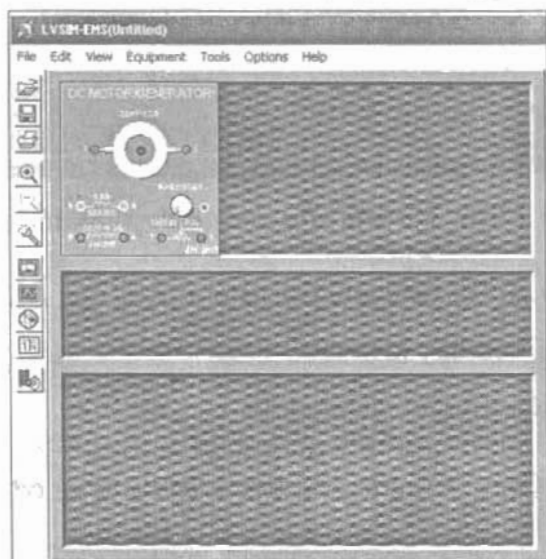
Hình 17.8. Module động cơ sơ cấp / thiết bị đo moment

Output T - N: Tín hiệu moment - tốc độ đưa ra bộ D.A.I.

Input 1 - 2: Nguồn DC đưa vào khi ở chế độ Prime Mover.

Mode P / D: chế độ động cơ sơ cấp / chế độ thiết bị đo moment.

➤ *DC Motor / Generator: Module động cơ / máy phát DC*



Hình 17.9. Module động cơ / máy phát DC

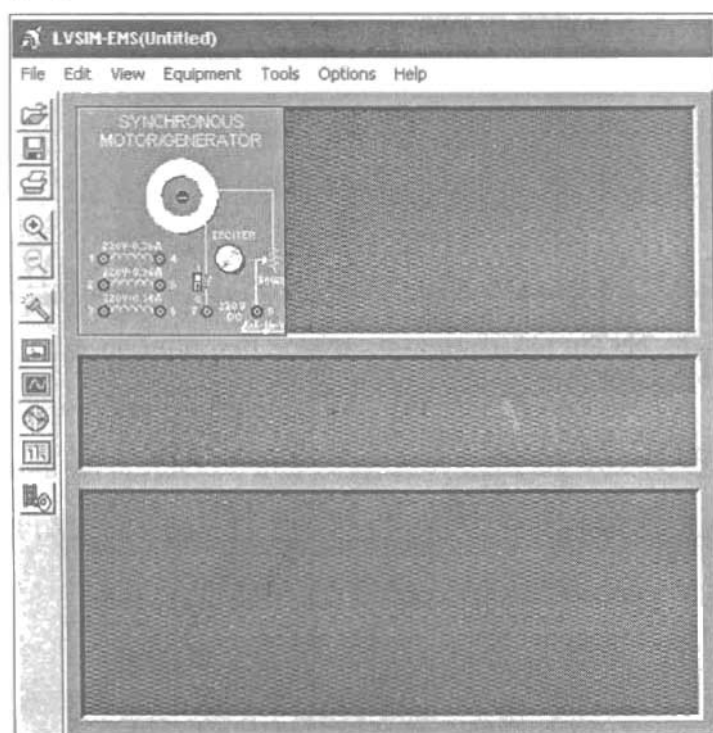
1 – 2: Cuộn dây phần ứng

Series 3 – 4: Cuộn dây kích từ nối tiếp

Shunt 5 – 6: Cuộn dây kích từ song song

Rheostat 7 – 8: Biến trở điều chỉnh dòng điện kích từ

➤ *Synchronous Motor / Generator: Module động cơ / máy phát đồng bộ AC*



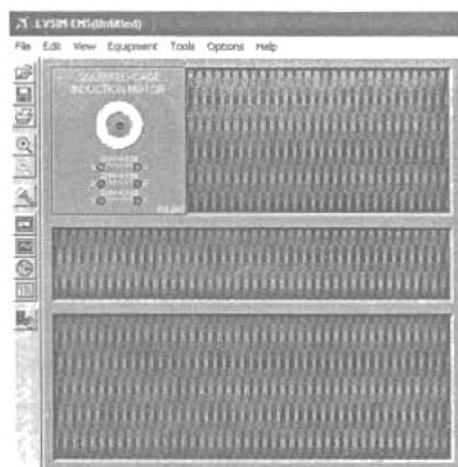
Hình 17.10. Module động cơ / máy phát đồng bộ

1 – 4, 2 – 5, 3 – 6: Ba cuộn dây stator (tương ứng AX – BY – CZ).

DC 7 – 8: Cuộn dây kích từ.

Exciter: Biến trở điều chỉnh dòng kích từ.

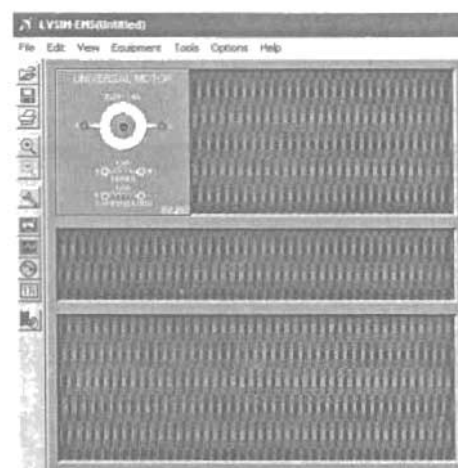
➤ *Squirrel – Cage Induction Motor: Module động cơ cảm ứng*



Hình 17.11. Module động cơ cảm ứng

1 – 4, 2 – 5, 3 – 6: Ba cuộn dây stator (tương ứng AX – BY – CZ).

➤ **Universal Motor: Module động cơ vạn năng**



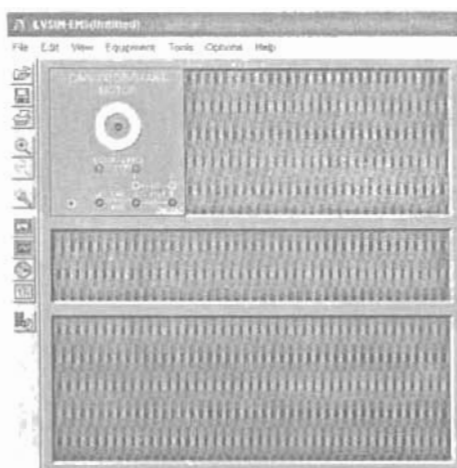
Hình 17.12. Module động cơ vạn năng

1 – 2: Cuộn dây phần ứng.

Series 3 – 4: Cuộn dây kích từ nối tiếp

Compensating 5 – 6: Cuộn dây bù.

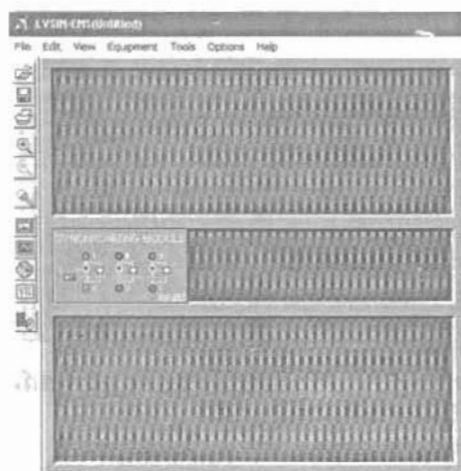
➤ **Capacitor – Start Motor: Module động cơ một pha khởi động bằng tụ**



Hình 17.13. Module động cơ 1 pha khởi động tự

1 – 2: Cuộn chạy (pha chính); 3 – 4: Cuộn đề (pha phụ).
4 – 5: Tụ khởi động; 6 – 7: Công tắc ngắt tự

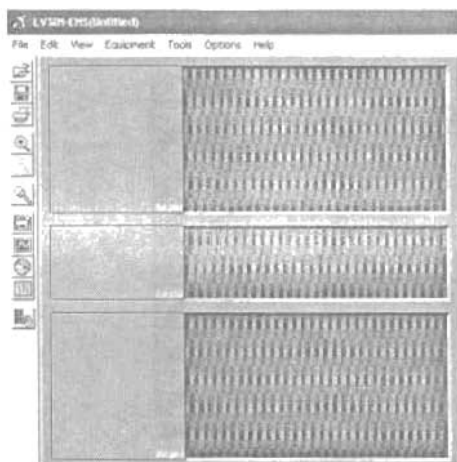
➤ *Synchronizing Module: Module hòa đồng bộ*



Hình 17.14. Module hòa đồng bộ

1 – 2 – 3: Nối vào lưới điện.
4 – 5 – 6: Nối vào máy phát điện cần hòa.

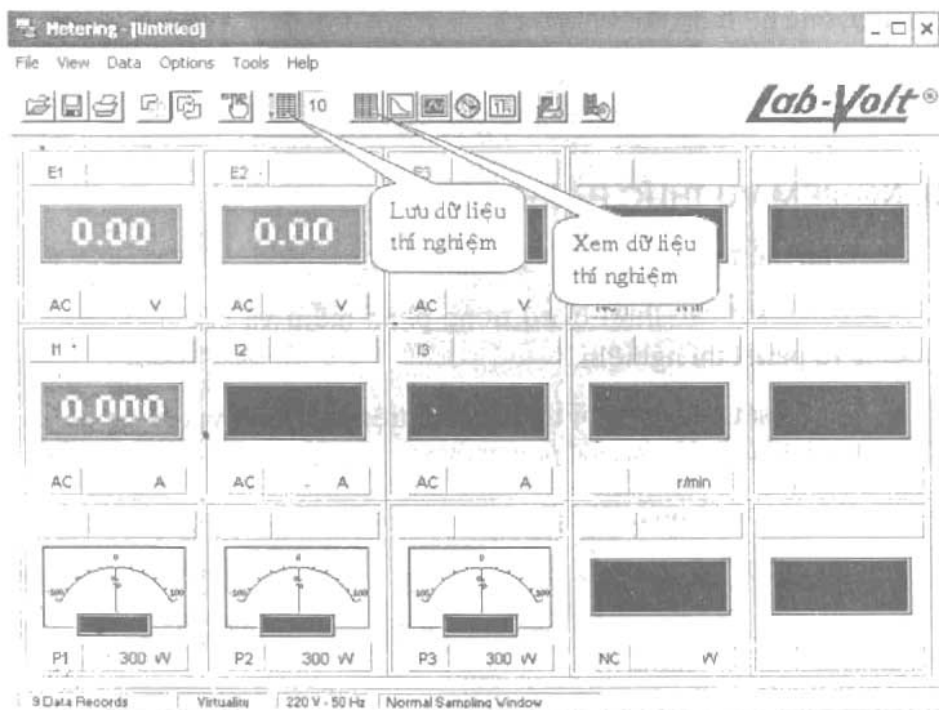
➤ *Blank Module: Module trống*



Hình 17.15. Module hòa đồng bộ

Các module này được sử dụng để lắp vào các chỗ trống trên panel thí nghiệm.

➤ **Metering: Thiết bị đo**



Hình 17.16. Màn hình thiết bị đo

➤ Dây nối



Hình 17.17. Dây nối

E1, E2, E3: Đồng hồ hiển thị điện áp

I1, I2, I3: Đồng hồ hiển thị dòng điện

PQS1, PQS2, PQS3: Đồng hồ hiển thị công suất

T: Đồng hồ hiển thị moment

N: Đồng hồ hiển thị tốc độ

D. NGHIỆM VỤ THỰC HÀNH

- Tìm hiểu phần mềm LVSIM – EMS.
- Khảo sát các thiết bị có trong phần mềm và các bước lấy các module ra panel thí nghiệm.
- Khảo sát các thiết bị thí nghiệm trên mô hình vật lý tương ứng và cách sử dụng.
- Báo cáo kết quả.

Bài 18

THÍ NGHIỆM MÁY BIẾN ÁP 1 PHA BẰNG LVSIM – EMS

A. MỤC TIÊU

Học xong bài này sinh viên có khả năng:

- Thực hiện các thí nghiệm không tải, ngắn mạch cho máy biến áp 1 pha trên phần mềm LVSIM.

B. PHƯƠNG TIỆN, THIẾT BỊ

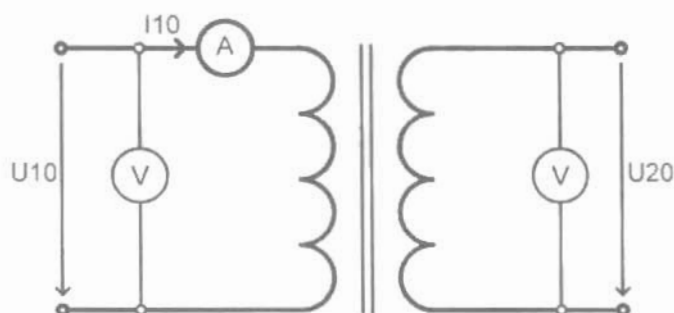
Phương tiện, thiết bị dùng cho thực hành bao gồm:

<i>STT</i>	<i>Chủng loại – qui cách kỹ thuật</i>	<i>Số lượng</i>	<i>Ghi chú</i>
1	Máy tính sử dụng cho sinh viên có cài đặt phần mềm LVSIM – EMS.	4 bộ	Số lượng có thể thay đổi tùy theo phòng thí nghiệm.
2	Máy tính chủ sử dụng cho giáo viên có cài đặt phần mềm LVSIM – EMS.	1 bộ	
3	Máy chiếu Projector	1 cái	

C. NỘI DUNG THÍ NGHIỆM

I. THÍ NGHIỆM KHÔNG TẢI

1. Sơ đồ thí nghiệm không tải



Hình 18.1. Sơ đồ thí nghiệm không tải máy biến áp 1 pha

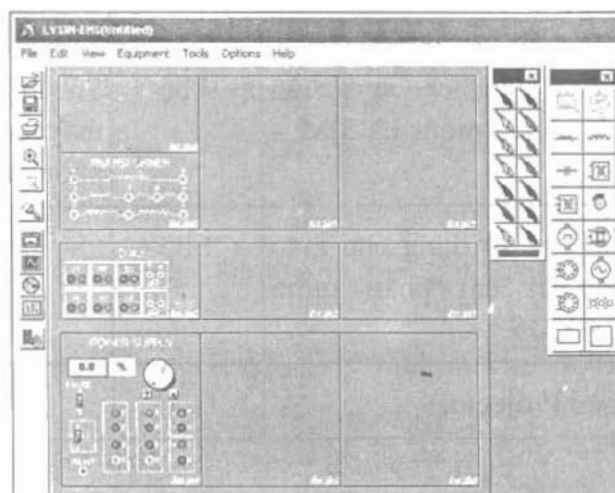
2. Quy trình làm thí nghiệm trên LVSIM

Bước 1: Tìm hiểu sơ đồ thí nghiệm ở hình 18.1

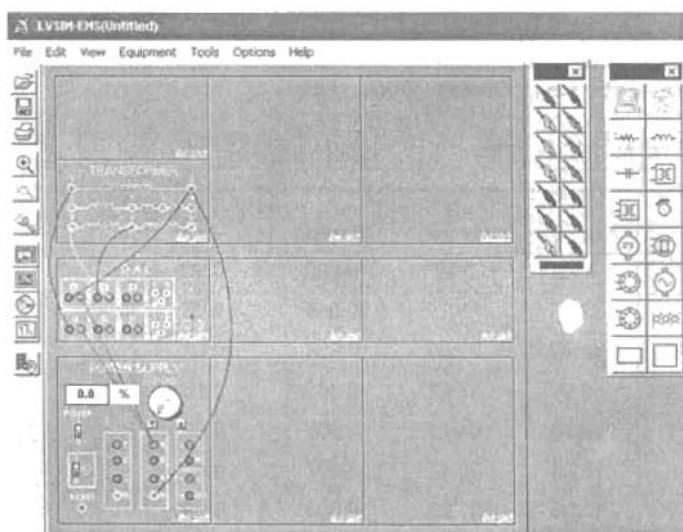
Bước 2: Khởi động phần mềm LVSIM trên máy tính

Bước 3: Vào cửa sổ Equipment để chọn các thiết bị thí nghiệm, hình 18.2

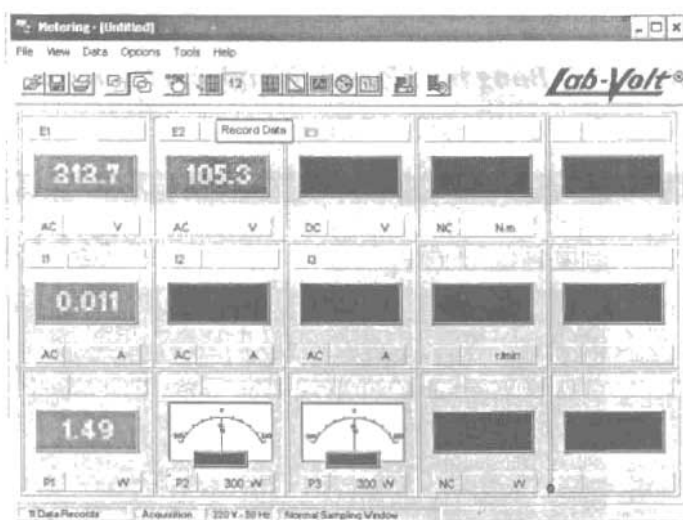
Bước 4: Chọn màu dây và kết nối các module theo sơ đồ thí nghiệm, hình 18.3



Hình 18.2. Bố trí các module trên panel thí nghiệm



Hình 18.3. Kết nối các module theo sơ đồ thí nghiệm ngắn mạch



Hình 18.4. Màn hình đo kết quả thí nghiệm không tải

Bước 5: Điều chỉnh điện áp nguồn từ 0 – 220V (mỗi lần 22V), ghi lại giá trị U₁₀, I₁₀, U₂₀ vào bảng dữ liệu trên màn hình thiết bị đo, hình 18.14.

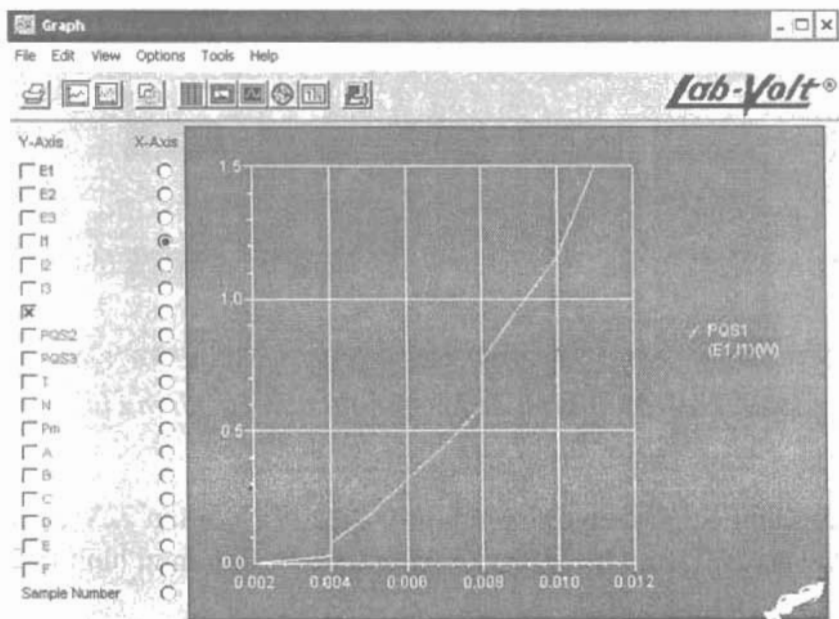
Bước 6: Xem lại kết quả đo ở bảng dữ liệu trên màn hình thiết bị đo và lưu lại kết quả thí nghiệm không tải, hình 18.5.

Data Table - [Untitled]

File Edit View Options Tools Help

	E1 [AC](V)	E2 [AC](V)	I1 [AC](A)	PQS1 (E1,I1) (W)
1	0.22	0.20	0.002	0.00
2	22.56	11.12	0.004	0.03
3	44.52	22.08	0.004	0.08
4	65.91	32.67	0.005	0.18
5	89.10	44.11	0.006	0.32
6	101.8	50.44	0.007	0.44
7	123.5	61.28	0.008	0.59
8	148.8	73.63	0.008	0.77
9	163.6	80.94	0.009	0.97
10	185.3	91.72	0.010	1.16
11	213.2	105.6	0.011	1.50

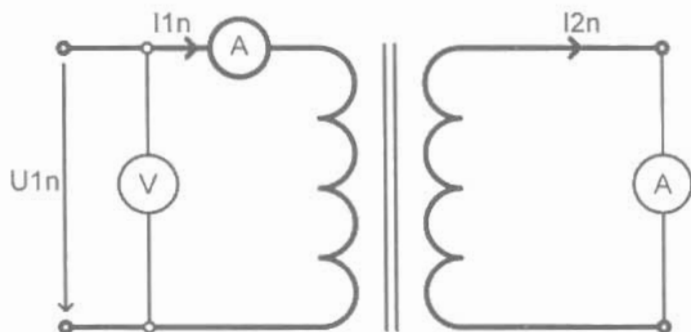
Hình 18.5. Bảng lưu kết quả thí nghiệm không tải



Hình 18.6. Đồ thị biểu diễn quan hệ $P_0 = f(I_0)$

II. THÍ NGHIỆM NGẮN MẠCH

1. Sơ đồ thí nghiệm ngắn mạch

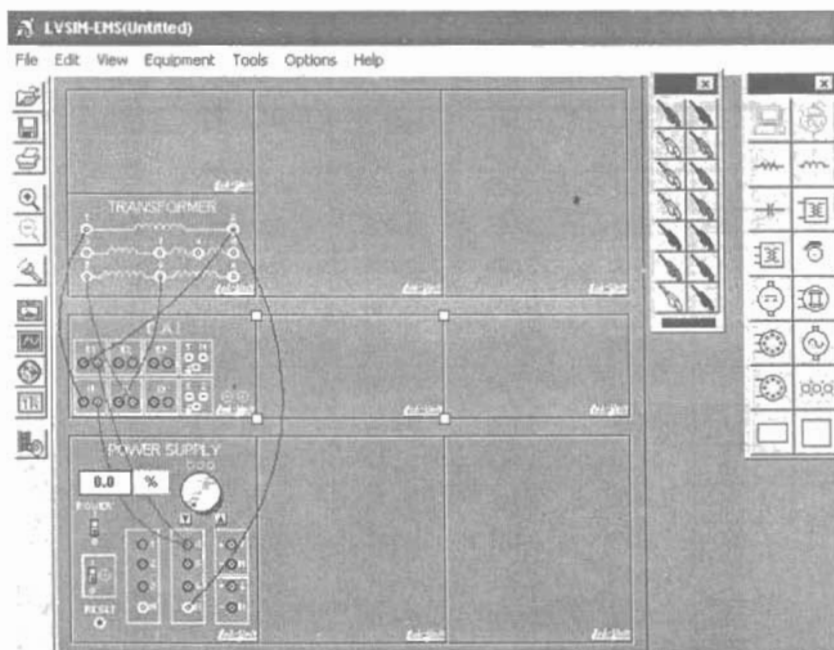


Hình 18.7. Sơ đồ thí nghiệm ngắn mạch máy biến áp 1 pha

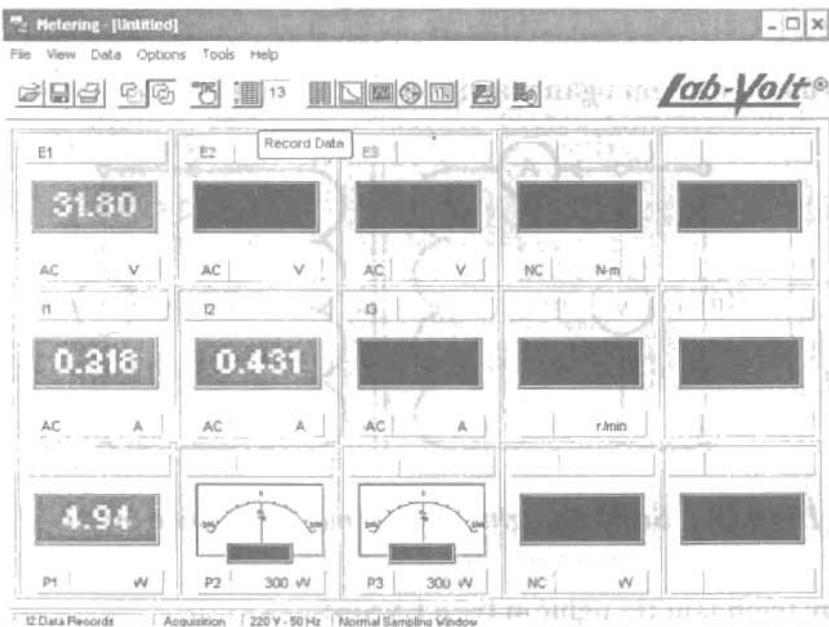
2. Quy trình làm thí nghiệm trên LVSIM

Làm tương tự như thí nghiệm không tải từ bước 1 đến bước 5

Bước 6: Điều chỉnh điện áp nguồn để dòng ngắn mạch sơ cấp $I_{1n} < 0,25$ A (chia 10 lần), ghi lại các kết quả của U_{1n} , I_{1n} , I_{2n} .



Hình 18.8. Kết nối các module theo sơ đồ thí nghiệm ngắn mạch



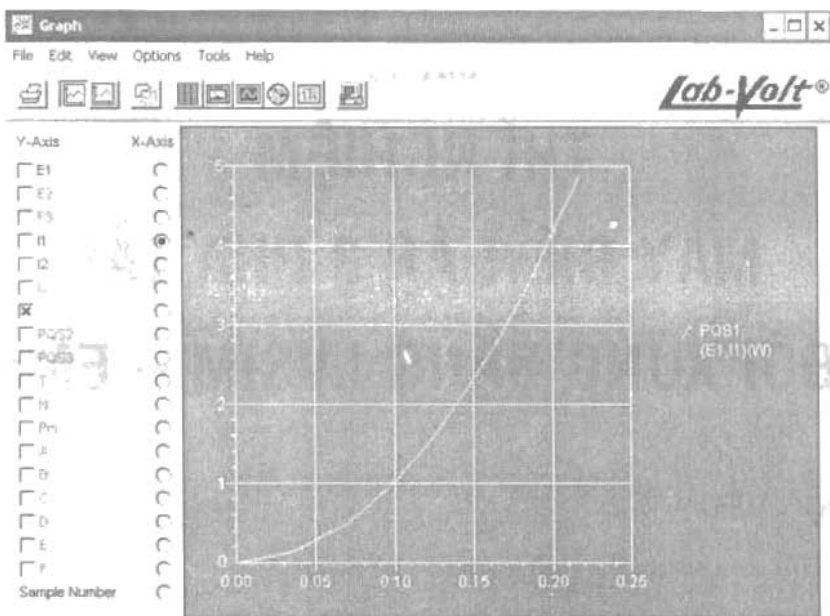
Hình 18.9. Màn hình đo kết quả thí nghiệm ngắn mạch

Data Table - [Untitled]

File Edit View Options Tools Help

	E1 [AC](V)	I1 [AC](A)	I2 [AC](A)	PQS1 (E1,I1) (W)
1	0.21	0.002	0.001	0.00
2	5.12	0.035	0.069	0.13
3	10.02	0.069	0.137	0.49
4	12.20	0.084	0.166	0.73
5	14.54	0.100	0.199	1.03
6	17.37	0.120	0.236	1.47
7	18.84	0.130	0.256	1.74
8	21.07	0.145	0.287	2.17
9	24.06	0.166	0.327	2.84
10	26.79	0.185	0.364	3.51
11	29.45	0.202	0.401	4.24
12	31.66	0.218	0.432	4.91

Hình 18.10. Màn hình đo kết quả thí nghiệm ngắn mạch



Hình 18.11. Đồ thị biểu diễn quan hệ $P_n = f(I_n)$

D. NHIỆM VỤ THÍ NGHIỆM

- Thực hiện các thí nghiệm không tải và ngắn mạch trên LVSIM - EMS.
- Dựa vào kết quả thí nghiệm tính toán các thông số máy biến áp $R_0, X_0, R_1, X_1, R_2, X_2$.
- Làm các thí nghiệm không tải và ngắn mạch trên mô hình vật lý tương ứng.
- Báo kết quả thí nghiệm thực hiện trên phần mềm LVSIM - EMS.
- Báo kết quả thí nghiệm thực hiện trên mô hình vật lý tương ứng.

Bài 19

THÍ NGHIỆM MÁY BIẾN ÁP 3 PHA TẢI ĐỐI XỨNG BẰNG LVSIM – EMS

A. MỤC TIÊU

Học xong bài này sinh viên có khả năng:

- Xây dựng các đặc tính khi máy biến áp lần lượt làm việc với tải R, L, C bằng LVSIM – EMS.
- Thực hiện được các thí nghiệm trên mô hình vật lý tương ứng.

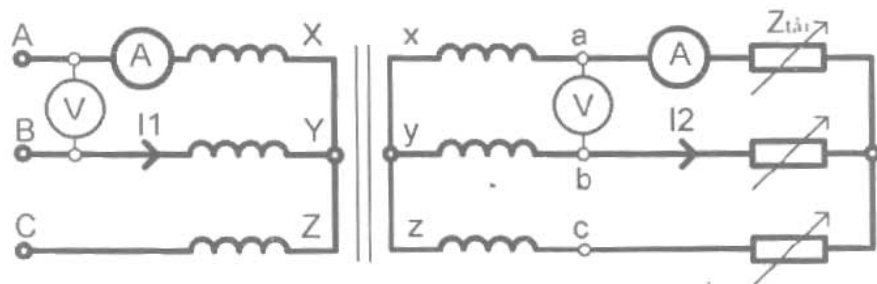
B. PHƯƠNG TIỆN, THIẾT BỊ

Phương tiện, thiết bị dùng cho thực hành bao gồm:

<i>STT</i>	<i>Chủng loại – qui cách kỹ thuật</i>	<i>Số lượng</i>	<i>Ghi chú</i>
1	Máy tính sử dụng cho sinh viên có cài đặt phần mềm LVSIM – EMS.	4 bộ	Số lượng có thể thay đổi tùy theo phòng thí nghiệm.
2	Máy tính chủ sử dụng cho giáo viên có cài đặt phần mềm LVSIM – EMS.	1 bộ	
3	Máy chiếu Projector	1 cái	

C. NỘI DUNG THÍ NGHIỆM

I. SƠ ĐỒ THÍ NGHIỆM



Hình 19.1. Sơ đồ thí nghiệm máy phát AC đồng bộ

II. QUY TRÌNH THÍ NGHIỆM THUẬN TẢI TRỞ

Bước 1: Tìm hiểu sơ đồ thí nghiệm ở hình 19.1

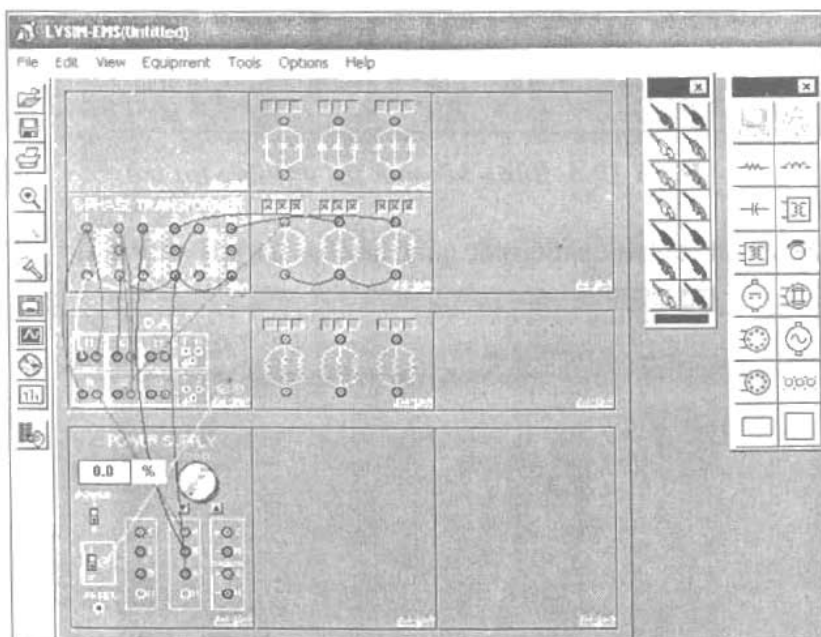
Bước 2: Khởi động phần mềm LVSIM trên máy tính

Bước 3: Vào cửa sổ Equipment để chọn các thiết bị thí nghiệm và chọn màu dây kết nối các module theo sơ đồ thí nghiệm, hình 19.2

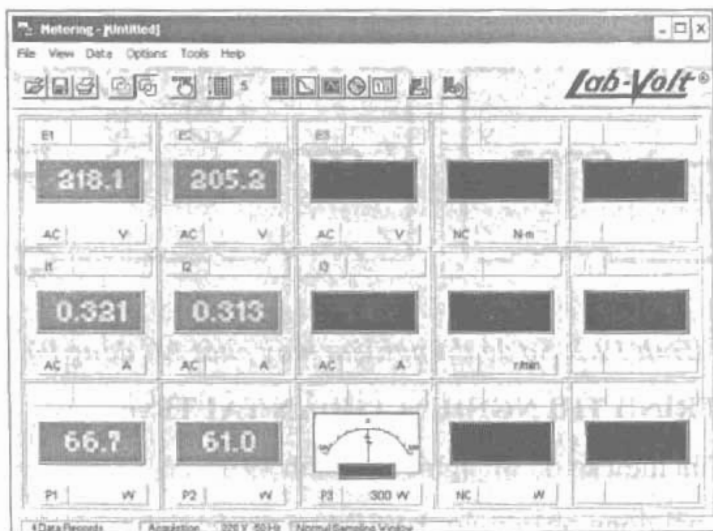
Bước 4: Bật công tắc và chỉnh điện áp nguồn để điện áp pha khoảng 220V.

Bước 5: Lần lượt đóng từng cấp tải vào mạch thứ cấp.

Bước 6: Ghi lại các giá trị E, I, P lần lượt của sơ cấp và thứ cấp, hình 19.3.



Hình 19.2. Kết nối các module thí nghiệm tải trở



Hình 19.3. Màn hình đo kết quả thí nghiệm không tải:

Bước 7: Xem lại bảng kết quả đã lưu, hình 19.4.

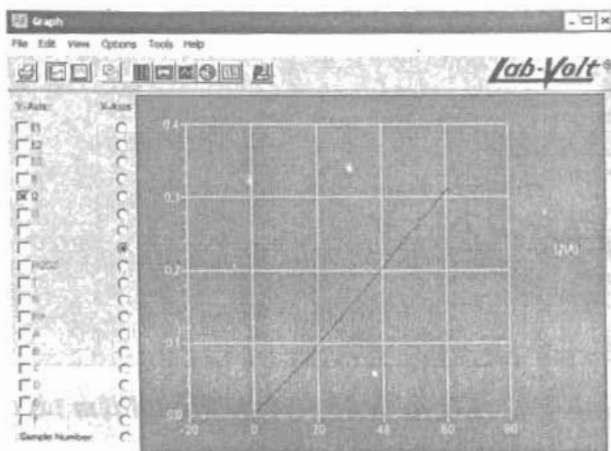
Data Table - [Untitled]

File Edit View Options Tools Help

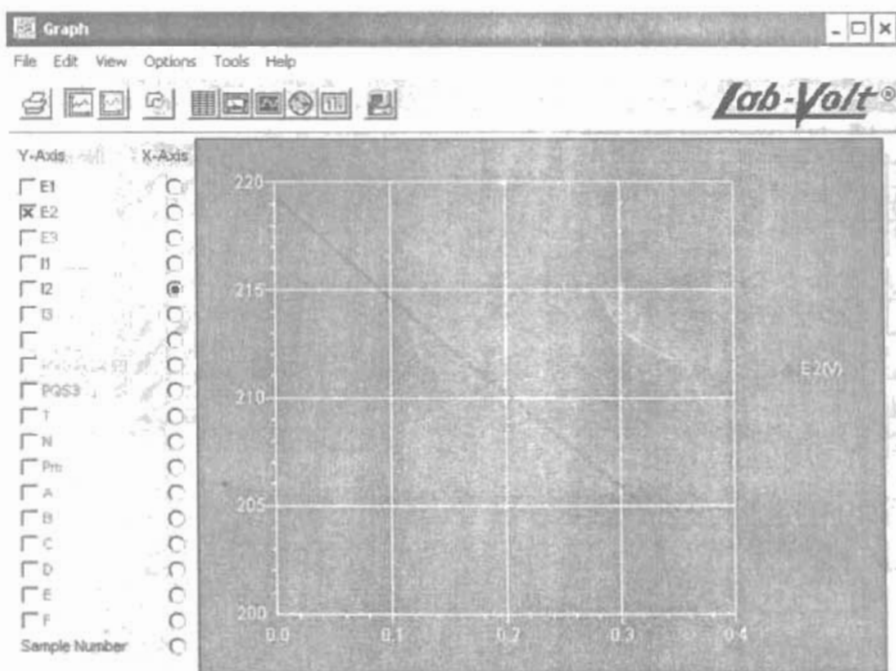
	E1 [AC][V]	E2 [AC][V]	I1 [AC][A]	I2 [AC][A]	PQS1 (E1,I1) (W)	PQS2 (E2,I2) (W)
1	220.4	219.2	0.010	0.002	1.40	-0.02
2	219.9	217.1	0.054	0.047	11.2	9.89
3	219.1	212.8	0.146	0.139	30.4	28.0
4	218.2	205.3	0.321	0.313	66.7	60.9

Hình 19.4. Bảng kết quả thí nghiệm tải trở

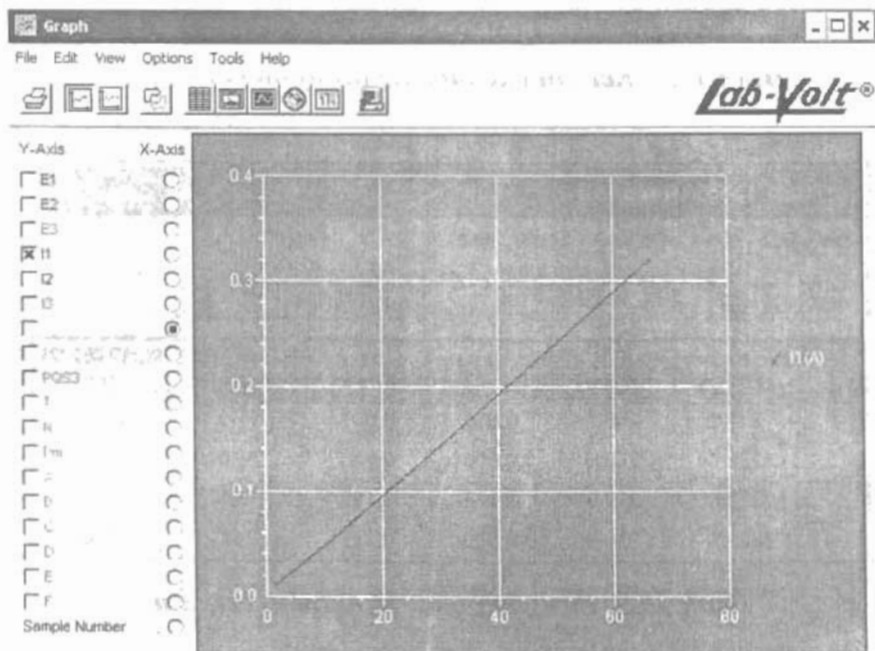
Bước 8: Vẽ đặc tính biểu diễn các quan hệ $E_2 = f(I_2)$, $I_2 = f(P_2)$, $I_1 = f(P_1)$.



Hình 19.5. Đặc tính biểu diễn quan hệ $I_2 = f(P_2)$ của tải trở



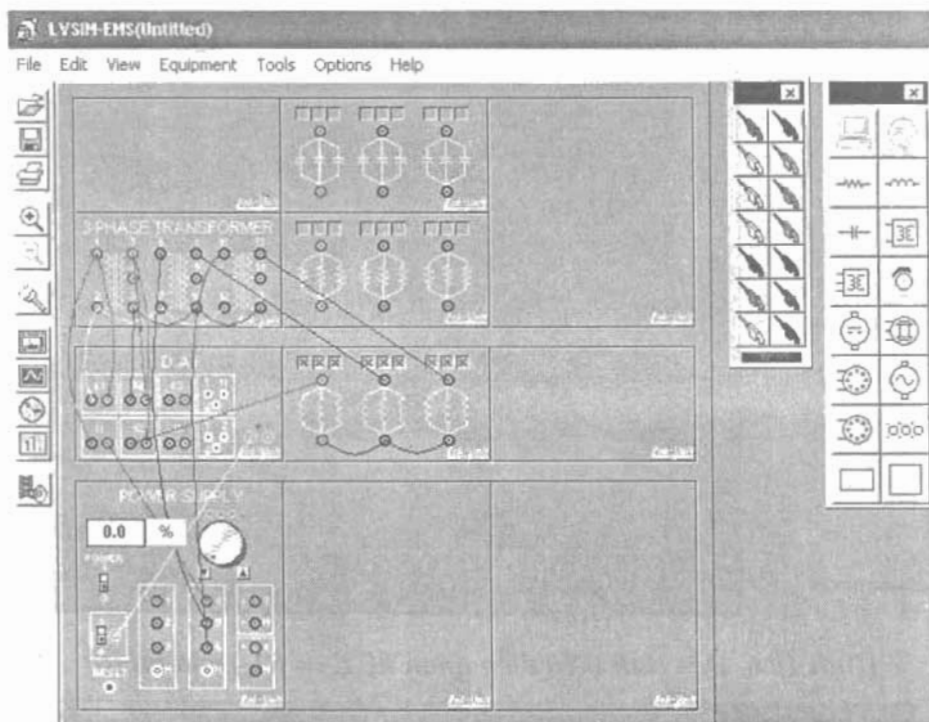
Hình 19.6. Đặc tính biểu diễn quan hệ $E_2 = f(I_2)$ của tải trở



Hình 19.7. Đặc tính biểu diễn quan hệ $I_1 = f(P_1)$ của tải trở

III. QUY TRÌNH THÍ NGHIỆM THUẦN CẢM

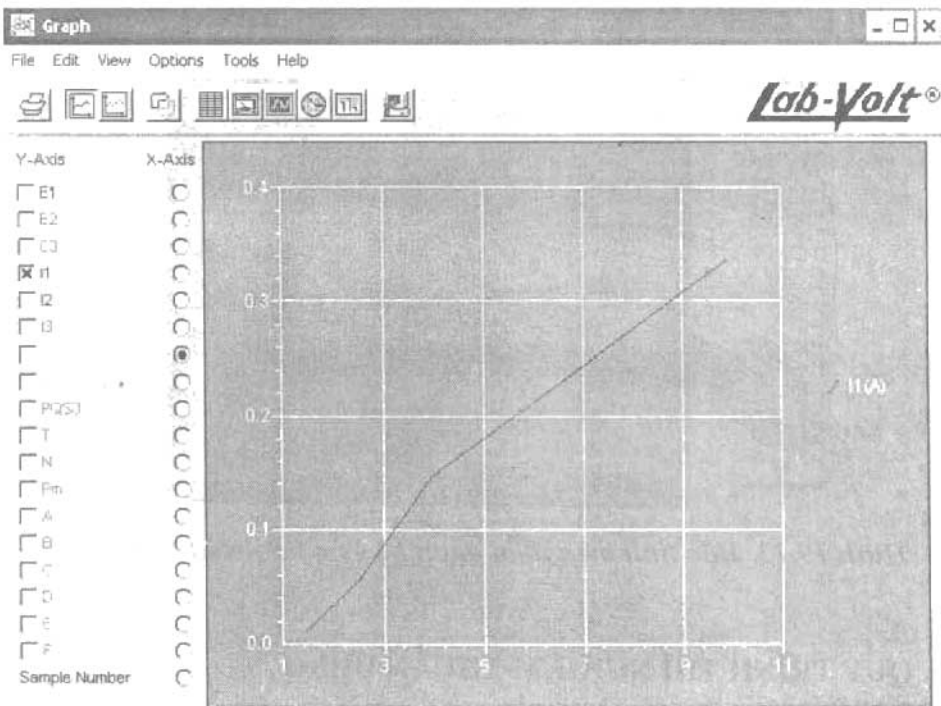
Tiến hành tương tự như tải thuần trở



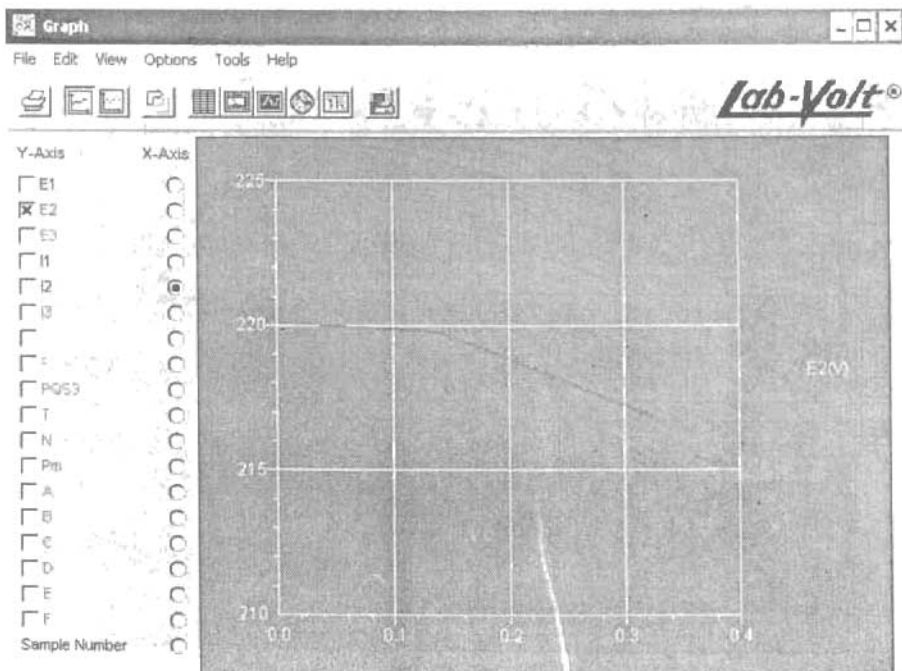
Hình 19.8. Kết nối các module thí nghiệm tải cảm

	E1 [AC](V)	E2 [AC](V)	I1 [AC](A)	I2 [AC](A)	PGS1 (E1,I1) (W)	PGS2 (E2,I2) (W)
1	221.2	220.1	0.010	0.001	1.42	0.00
2	221.7	220.0	0.056	0.048	2.49	0.97
3	222.5	219.8	0.147	0.139	3.98	1.73
4	221.7	216.8	0.338	0.329	9.91	4.16

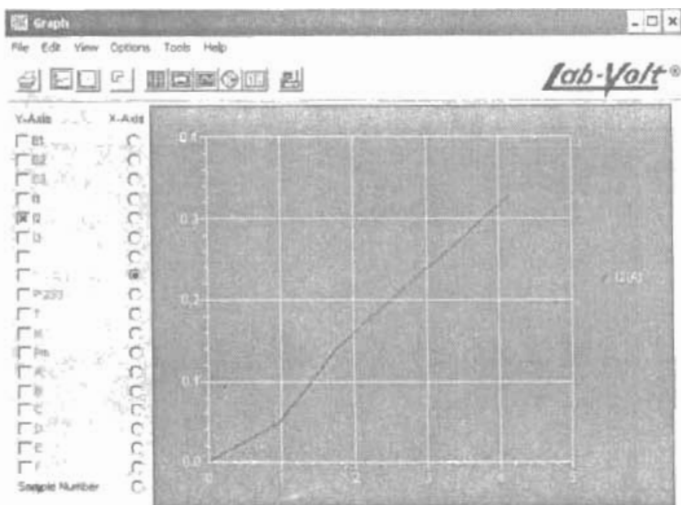
Hình 19.9. Bảng kết quả thí nghiệm tải cảm



Hình 19.10. Đặc tính biểu diễn quan hệ $I_1 = f(P_1)$ của tải cảm



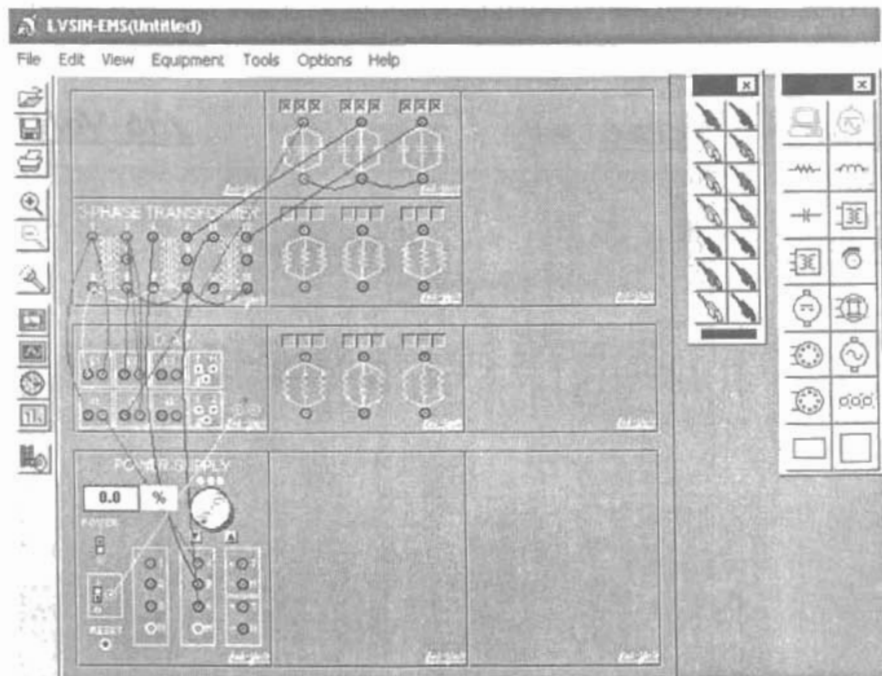
Hình 19.11. Đặc tính biểu diễn quan hệ $E_2 = f(I_2)$ của tải cảm



Hình 19.12. Đặc tính biểu diễn quan hệ $I_2 = f(P_2)$ của tải cảm

III. QUY TRÌNH THÍ NGHIỆM THUẦN DUNG

Tiến hành tương tự như tải thuần trở



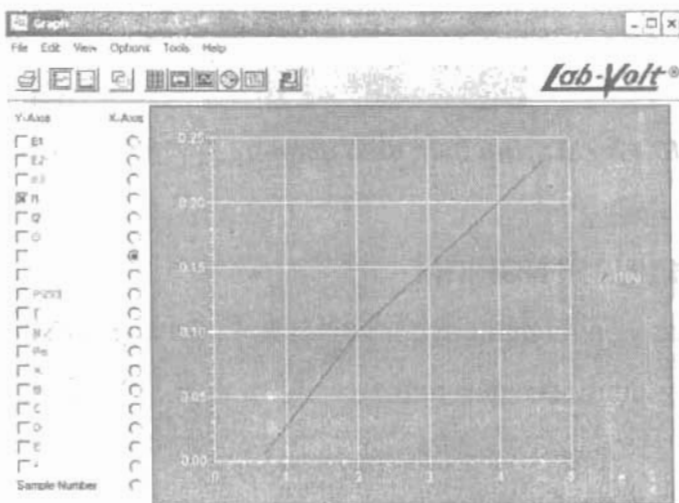
Hình 19.13. Kết nối các module thí nghiệm tải dung

Data Table - [Untitled]

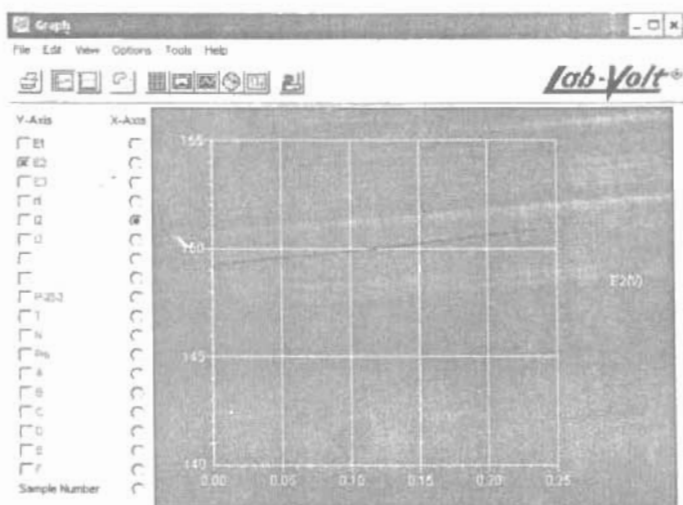
File Edit View Options Tools Help

	E1 [AC](V)	E2 [AC](V)	I1 [AC](A)	I2 [AC](A)	PQS1 (E1,I1) (W)	PQS2 (E2,I2) (W)
1	150.0	149.2	0.007	0.001	0.71	0.04
2	150.1	149.5	0.031	0.034	1.05	0.27
3	150.1	149.9	0.099	0.103	1.98	0.80
4	150.3	150.9	0.233	0.236	4.66	1.89

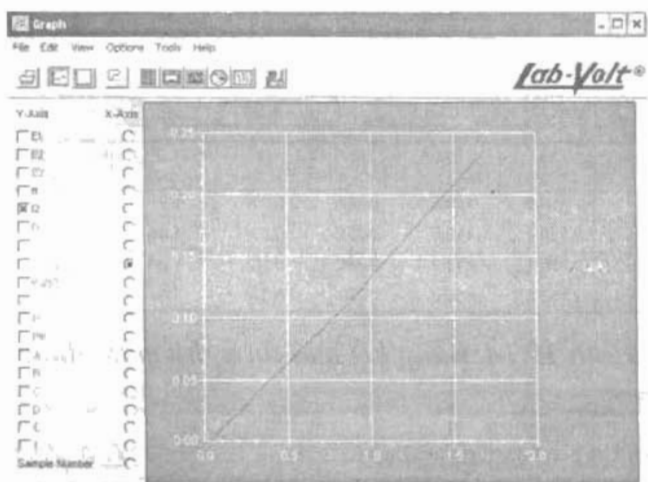
Hình 19.14. Bảng kết quả thí nghiệm tải dung



Hình 19.15. Đặc tính biểu diễn quan hệ $I_1 = f(P_1)$ của tải dung



Hình 19.16. Đặc tính biểu diễn quan hệ $E_2 = f(I_2)$ của tải dung



Hình 19.17. Đặc tính biểu diễn quan hệ $I_2 = f(P_2)$ của tải dung

D. NHIỆM VỤ THÍ NGHIỆM

- Thực hiện thí nghiệm đối với tải R, L, C bằng LVSIM - EMS.
- Xây dựng các đặc tính $E_2 = f(I_2)$, $I_2 = f(P_2)$, $I_1 = f(P_1)$ bằng LVSIM - EMS.
- Thực hiện các thí nghiệm trên mô hình vật lý tương ứng.
- Báo kết quả thí nghiệm thực hiện trên phần mềm LVSIM – EMS.
- Báo kết quả thí nghiệm thực hiện trên mô hình vật lý tương ứng.

Bài 20

THÍ NGHIỆM MÁY PHÁT ĐIỆN AC ĐỒNG BỘ BẰNG LVSIM – EMS

A. MỤC TIÊU

Học xong bài này sinh viên có khả năng:

- Thí nghiệm không, có tải và xây dựng các đặc tính không tải, đặc tính ngoài cho máy phát điện AC đồng bộ bằng phần mềm LVSIM - EMS.

- Thí nghiệm trên mô hình vật lý tương ứng.

B. PHƯƠNG TIỆN, THIẾT BỊ

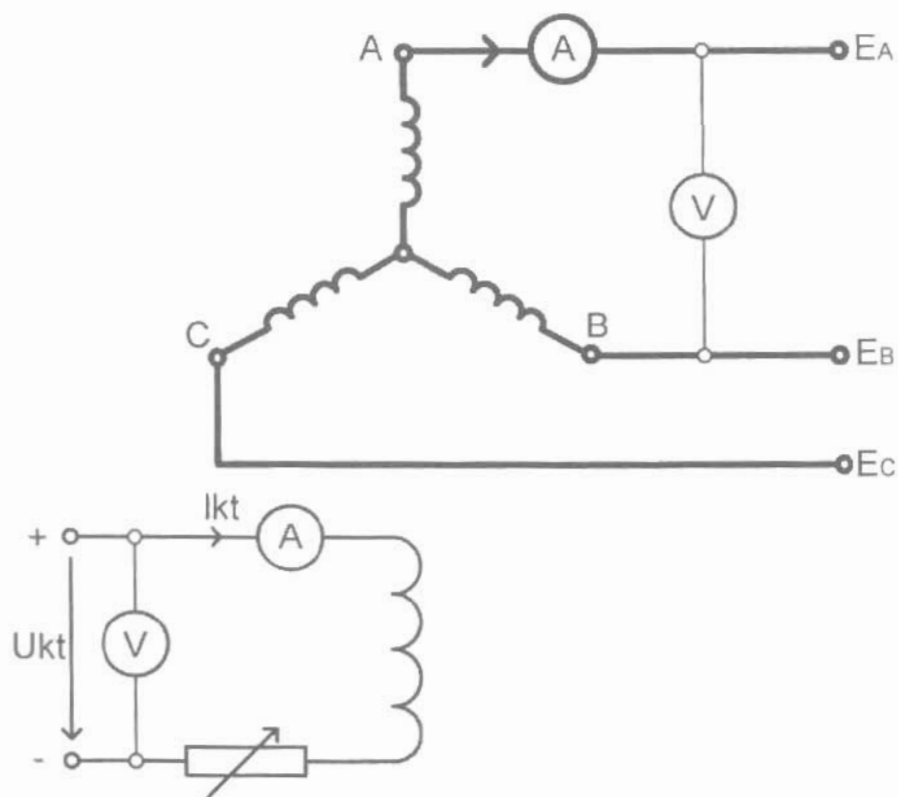
Phương tiện, thiết bị dùng cho thực hành bao gồm:

<i>STT</i>	<i>Chủng loại – qui cách kỹ thuật</i>	<i>Số lượng</i>	<i>Ghi chú</i>
1	Máy tính sử dụng cho sinh viên có cài đặt phần mềm LVSIM – EMS.	4 bộ	Số lượng có thể thay đổi tùy theo phòng thí nghiệm.
2	Máy tính chủ sử dụng cho giáo viên có cài đặt phần mềm LVSIM – EMS.	1 bộ	
3	Máy chiếu Projector	1 cái	

C. NỘI DUNG THÍ NGHIỆM

I. THÍ NGHIỆM KHÔNG TẢI VÀ XÂY DỰNG ĐẶC TÍNH CƠ KHÔNG TẢI

$$E_0 = f(I_f), I = 0, n = \text{const.}$$

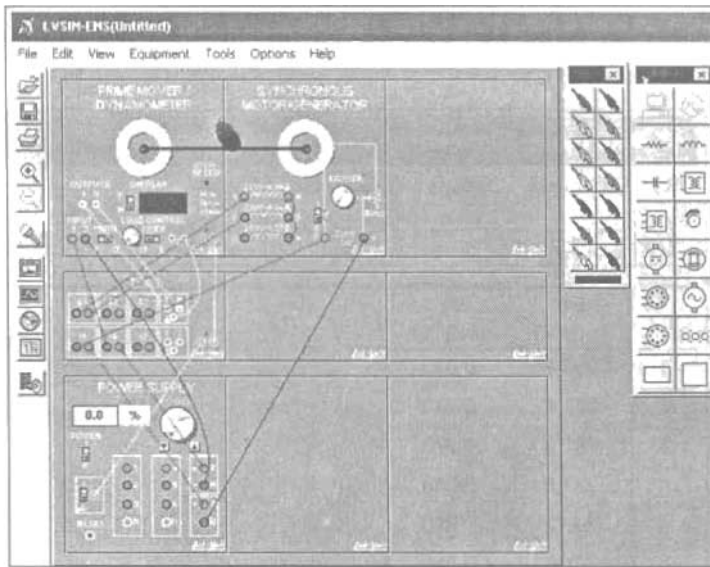


Hình 20.1. Sơ đồ thí nghiệm máy phát AC đồng bộ

Bước 1: Tìm hiểu sơ đồ thí nghiệm ở hình 20.1

Bước 2: Khởi động phần mềm LVSIM trên máy tính

Bước 3: Vào cửa sổ Equipment để chọn các thiết bị thí nghiệm và chọn màu dây kết nối các module theo sơ đồ thí nghiệm, hình 20.2

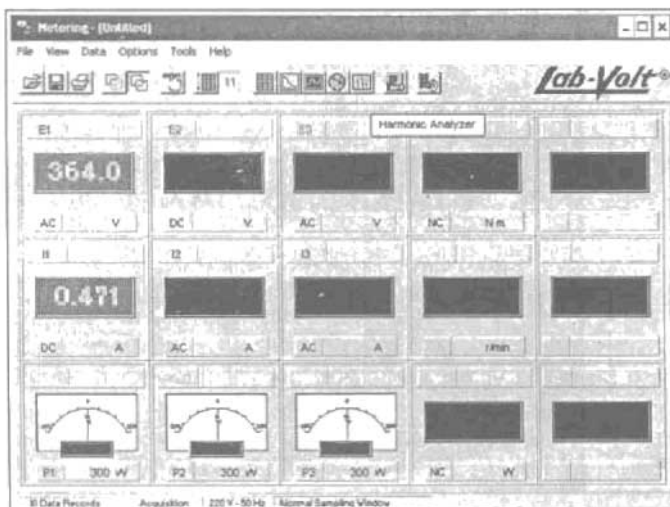


Hình 20.2. Kết nối các module thí nghiệm không tải

Bước 4: Bật công tắc nguồn, chỉnh biến trở kích từ về 0, và đóng công tắc kích từ.

Bước 5: Điều chỉnh điện áp nguồn để máy phát quay 1500 rpm (điện áp nguồn không quá 150V).

Bước 6: Điều chỉnh biến trở kích từ EXCITER từ vị trí Min đến Max (chia đều 10 lần). Sau đó lần lượt ghi lại dòng kích từ và điện áp phát ra của máy phát.

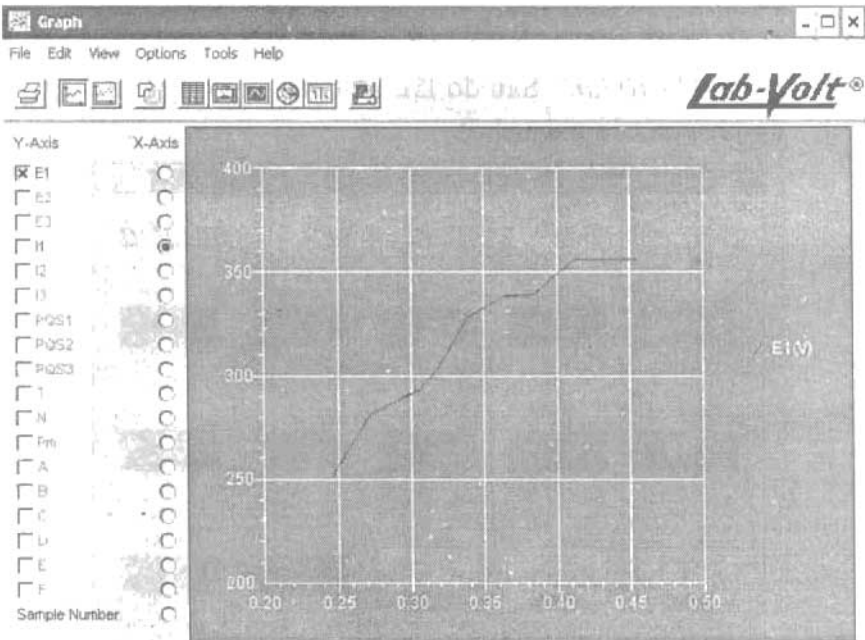


Hình 20.3. Màn hình đo kết quả thí nghiệm không tải

Bước 7: Xem lại bảng kết quả và vẽ đồ thị biểu diễn quan hệ $E_0 = f(I_f)$, hình 20.5.

	E1 [AC](V)	I1 [DC](A)
1	295.4	0.245
2	251.1	0.246
3	281.8	0.273
4	292.8	0.306
5	303.2	0.318
6	327.8	0.338
7	338.2	0.363
8	338.9	0.383
9	356.2	0.412
10	356.4	0.455

Hình 20.4. Bảng kết quả thí nghiệm không tải



Hình 20.5. Đặc tính biểu diễn quan hệ $E_0 = f(I_f)$

II. THÍ NGHIỆM CÓ TẢI VÀ XÂY DỰNG ĐẶC TÍNH NGOÀI

$$U = f(I), I_f = \text{const}, n = \text{const}.$$

1. Tải thuần trở

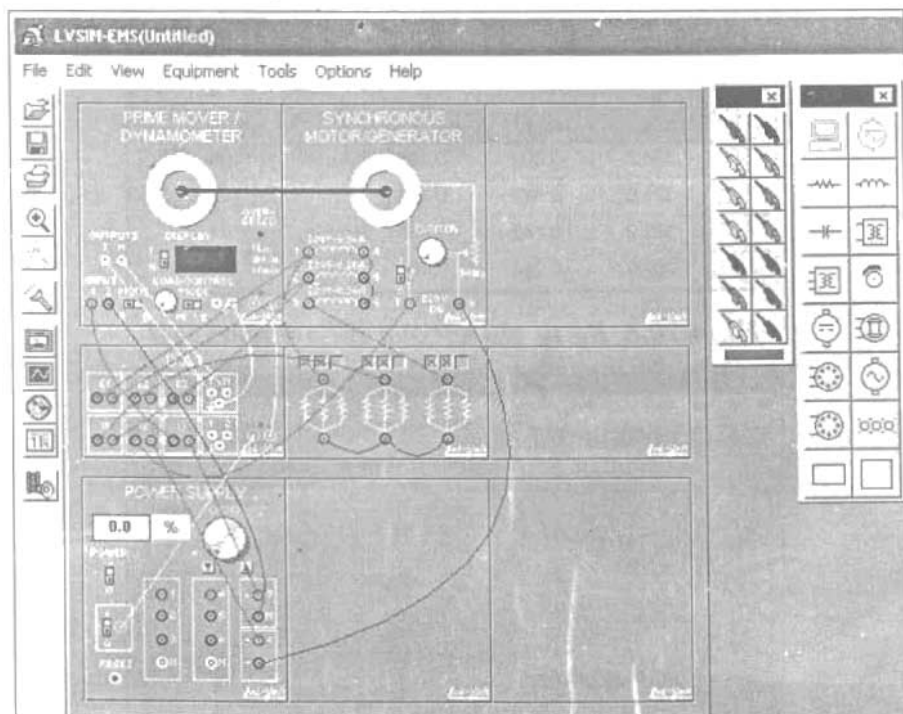
Bước 1: Tìm hiểu sơ đồ thí nghiệm có tải.

Bước 2: Vào cửa sổ Equipment để chọn module tải trở kết nối các module theo sơ đồ thí nghiệm, hình 20.6.

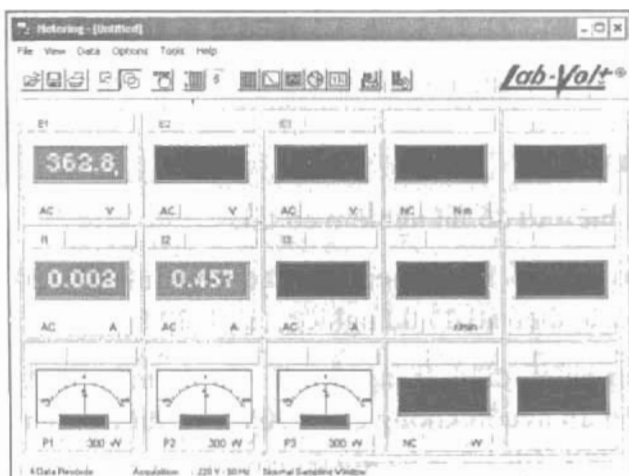
Bước 3: Điều chỉnh điện áp nguồn để tốc độ máy phát đạt 1500rpm (điện áp nguồn không quá 150V), và điều chỉnh biến trở kích từ EXCITER về vị trí Max.

Bước 4: Đóng lần lượt 3 cấp tải vào máy phát và ghi lại các kết quả dòng tải và điện áp tải.

Bước 5: Xem lại kết quả và vẽ đặc tính $U = f(I)$, hình 20.9.



Hình 20.6. Kết nối các module thí nghiệm tải R

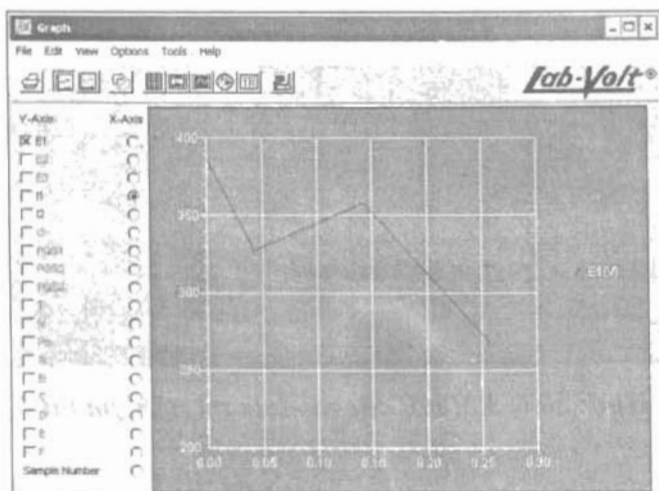


Hình 20.7. Màn hình đo kết quả thí nghiệm tải R

Data Table - [Untitled]			
	E1 [AC](V)	I1 [AC](A)	I2 [AC](A)
1	364.8	0.002	0.483
2	327.6	0.043	0.473
3	353.2	0.142	0.468
4	267.0	0.258	0.462

$I1 = I$
 $E1 = U$
 $I2 = I_r$

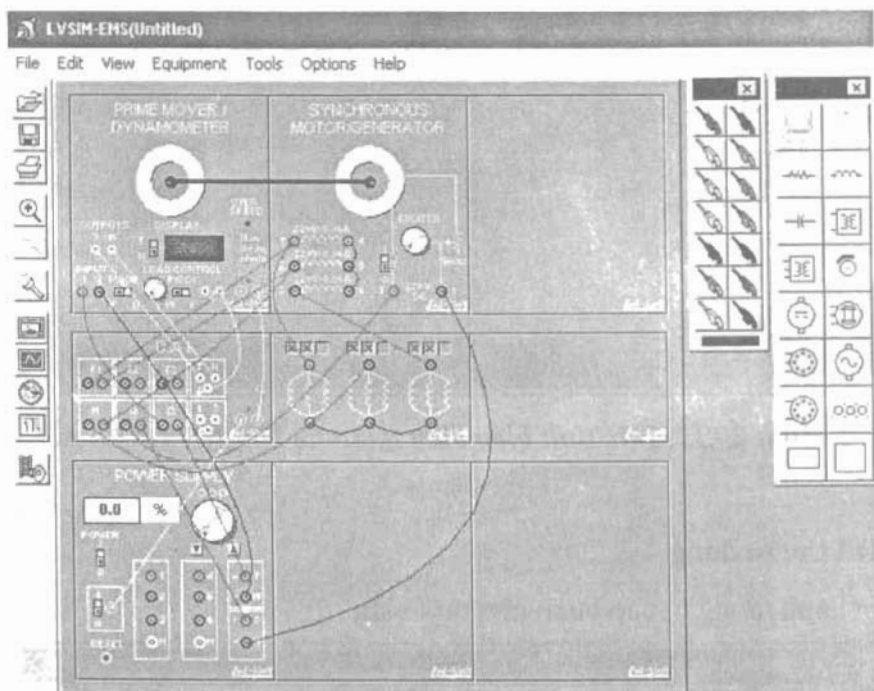
Hình 20.8. Bảng ghi kết quả thí nghiệm tải R



Hình 20.9. Đặc tính biểu diễn quan hệ $U = f(I)$ với tải R

2. Tải thuần cảm

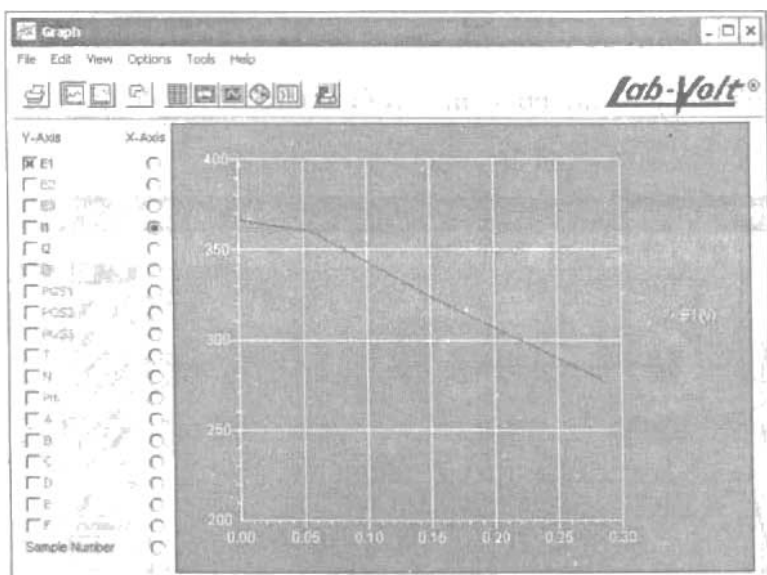
Tiến hành tương tự các bước như tải thuần trở



Hình 20.10. Kết nối các module thí nghiệm tải L

	E1 [AC][V]	I1 [AC][A]	I2 [DC][A]	$I_1 = I$ $E_1 = U$ $I_2 = I_f$
1	366.3	0.002	0.487	
2	360.4	0.057	0.479	
3	322.8	0.153	0.472	
4	278.4	0.284	0.465	

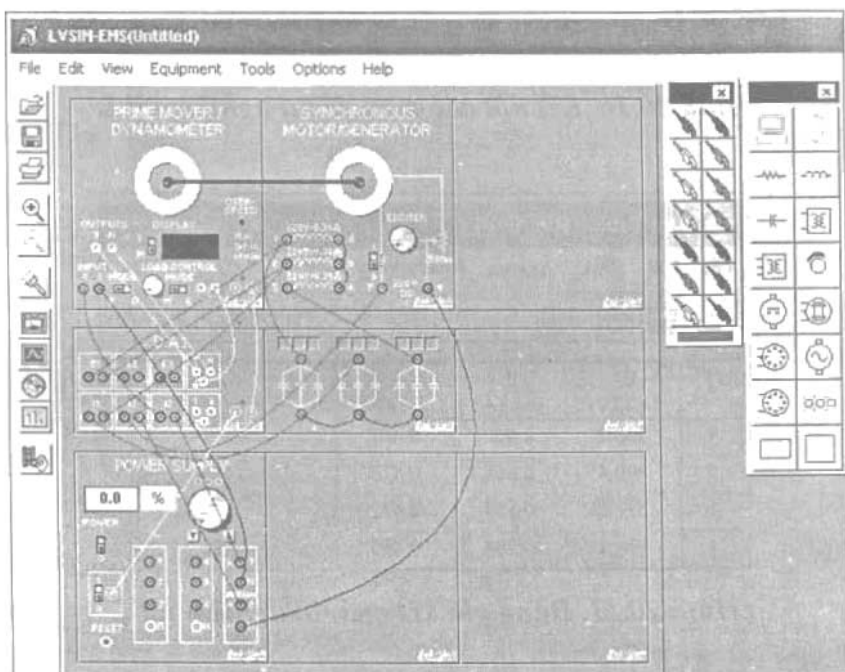
Hình 20.11. Bảng ghi kết quả thí nghiệm tải L



Hình 20.12. Đặc tính biểu diễn quan hệ $U = f(I)$ với tải L

3. Tải thuần dung

Tiến hành tương tự các bước như tải thuần trở

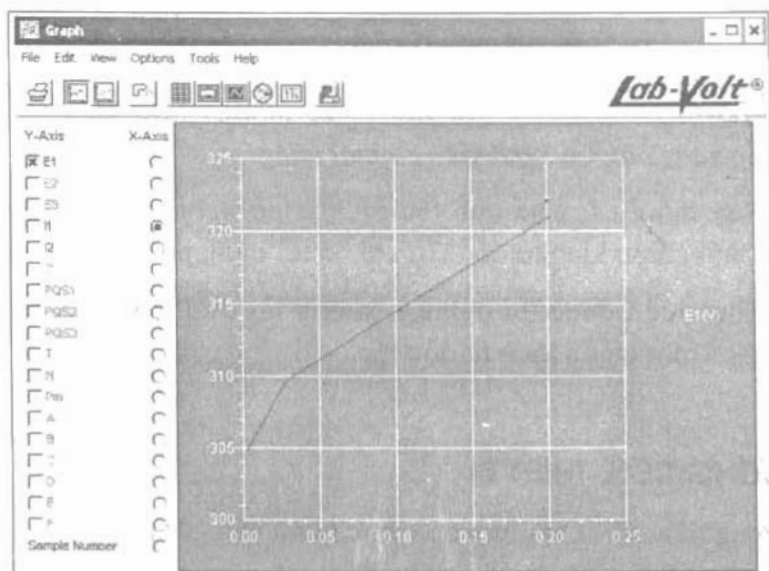


Hình 20.13. Kết nối các module thí nghiệm tải C

Data Table - [Untitled]			
File Edit View Options Tools Help			
	E1 [AC](V)	I1 [AC](A)	I2 [DC](A)
1	304.8	0.002	0.397
2	309.7	0.028	0.393
3	313.5	0.085	0.388
4	321.1	0.202	0.386

$I_1 = I_2$
 $E_1 = U$
 $I_2 = I_f$

Hình 20.14. Bảng ghi kết quả thí nghiệm tải C



Hình 20.15. Đặc tính biểu diễn quan hệ $U = f(I)$ với tải C

D. NHIỆM VỤ THÍ NGHIỆM

- Thực hiện thí nghiệm không tải và xây dựng đặc tính cơ không tải bằng LVSIM - EMS.

- Thực hiện thí nghiệm xây dựng các đặc tính ngoài bằng LVSIM - EMS..

- Thực hiện các thí nghiệm trên mô hình vật lý tương ứng.

- Báo kết quả thí nghiệm thực hiện trên phần mềm LVSIM – EMS.

- Báo kết quả thí nghiệm thực hiện trên mô hình vật lý tương ứng.

Bài 21

THÍ NGHIỆM ĐỘNG CƠ DC KÍCH ĐỘC LẬP BẰNG LVSIM – EMS

A. MỤC TIÊU

Học xong bài này sinh viên có khả năng:

- Xây dựng các đặc tính tốc độ khi mở máy và đặc tính cơ của động cơ một chiều kích từ độc lập khi có tải bằng phần mềm LVSIM.

- Thực hiện được thí nghiệm không tải (mở máy) và có tải đối với động cơ một chiều kích từ độc lập.

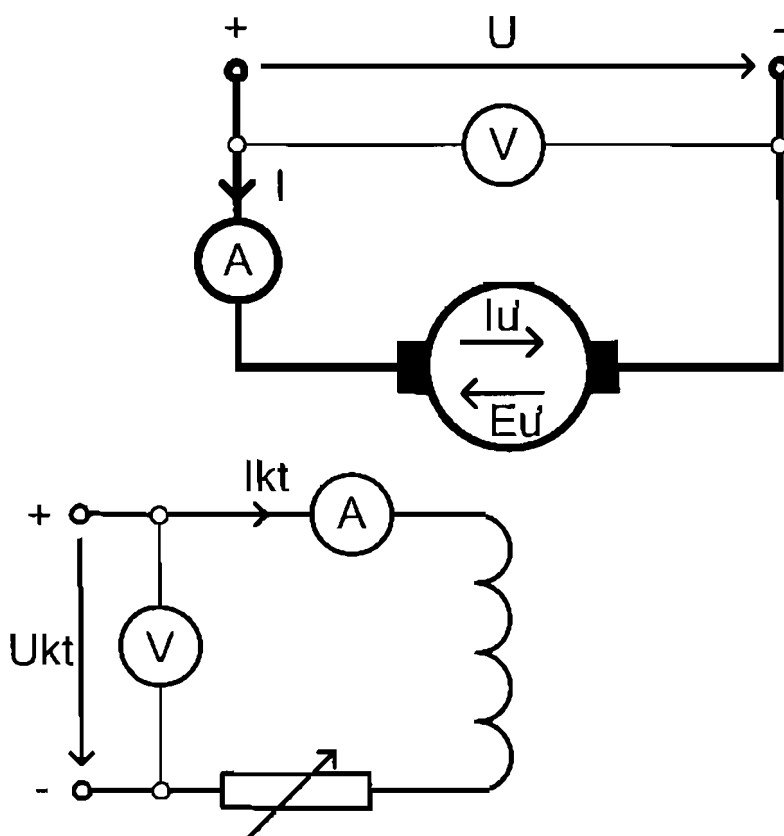
B. PHƯƠNG TIỆN, THIẾT BỊ

Phương tiện, thiết bị dùng cho thực hành bao gồm:

<i>STT</i>	<i>Chủng loại – qui cách kỹ thuật</i>	<i>Số lượng</i>	<i>Ghi chú</i>
1	Máy tính sử dụng cho sinh viên có cài đặt phần mềm LVSIM – EMS.	4 bộ	Số lượng có thể thay đổi tùy theo phòng thí nghiệm.
2	Máy tính chủ sử dụng cho giáo viên có cài đặt phần mềm LVSIM – EMS.	1 bộ	
3	Máy chiếu Projector	1 cái	

C. NỘI DUNG THÍ NGHIỆM

I. SƠ ĐỒ THÍ NGHIỆM



Hình 21.1. Sơ đồ thí nghiệm động cơ DC kích từ độc lập

II. THÍ NGHIỆM MỞ MÁY VÀ ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ

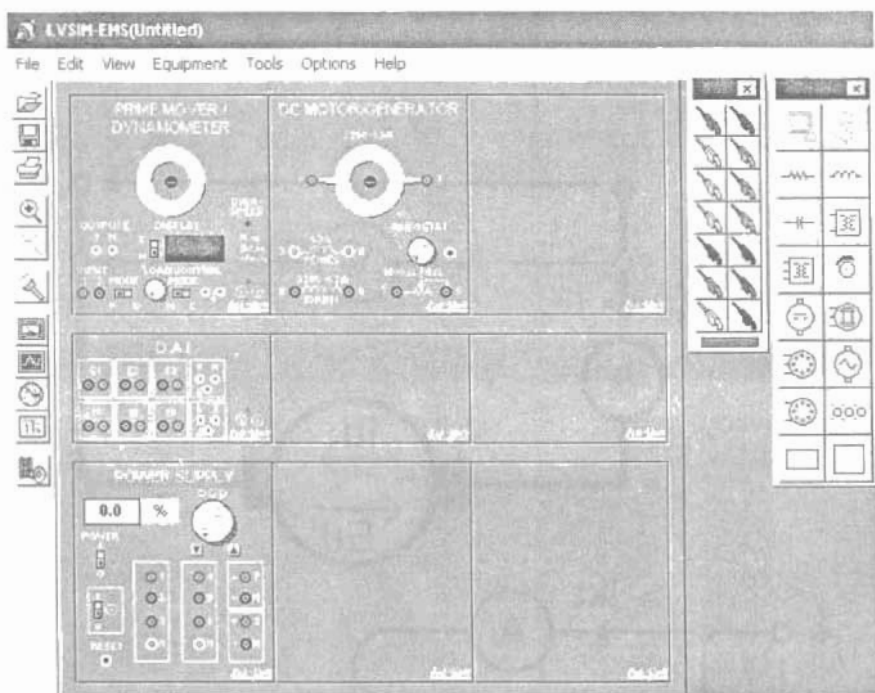
1. Quy trình thí mở máy bằng phương pháp điều chỉnh điện áp nguồn

Bước 1: Tìm hiểu sơ đồ thí nghiệm ở hình 21.1

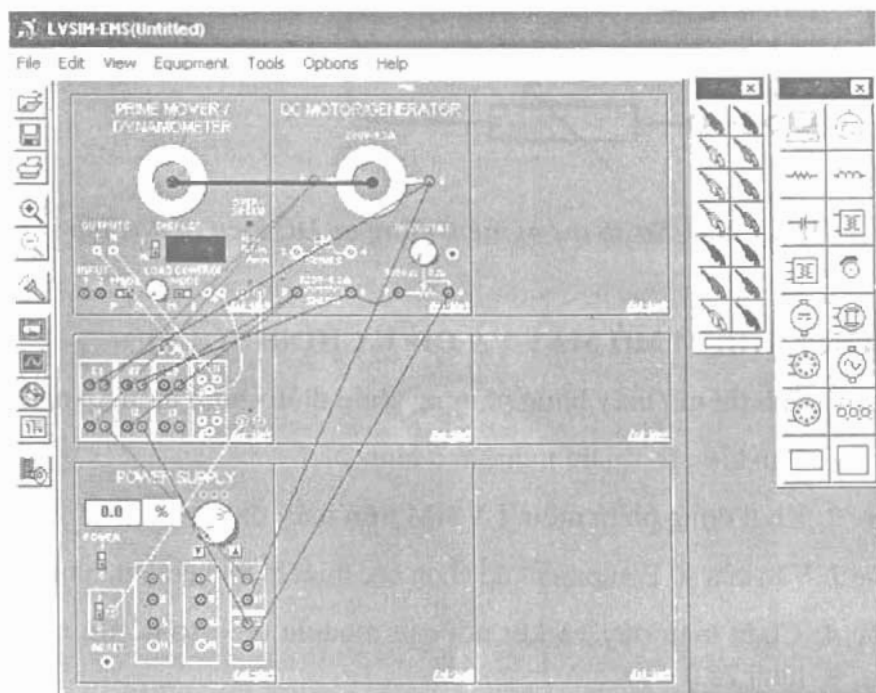
Bước 2: Khởi động phần mềm LVSIM trên máy tính

Bước 3: Vào cửa sổ Equipment để chọn các thiết bị thí nghiệm, hình 21.2

Bước 4: Chọn màu dây và kết nối các module theo sơ đồ thí nghiệm hình 21.3



Hình 21.2. Bố trí các module trên panel thí nghiệm



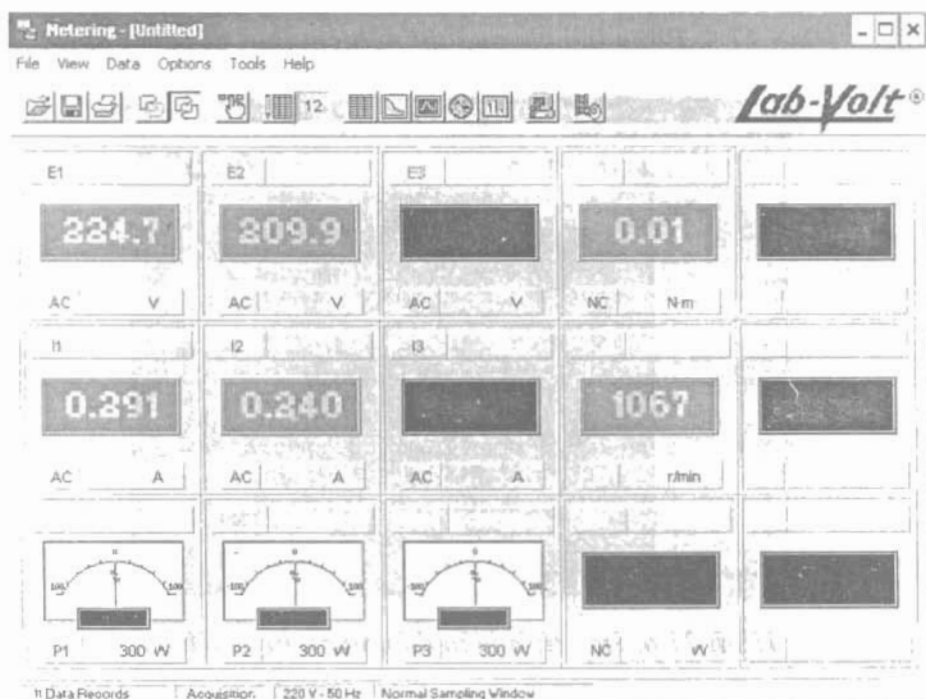
Hình 21.3. Kết nối các module theo sơ đồ thí nghiệm

Bước 5: Bật công tắc nguồn chính và công tắc nguồn 24V

Bước 6: Điều chỉnh biến trở kích từ của động cơ (RHEOSTAT) để dòng kích từ 0,3A.

Bước 7: Điều chỉnh Điện áp nguồn thay đổi từ 0 – 220V (chia làm 10 lần, mỗi lần khoảng 22V). Ghi lại lần lượt các giá trị điện áp và tốc độ động cơ trên màn hình thiết bị đo, hình 21.4. Sau đó xem lại kết quả đo ở bảng dữ liệu trên màn hình thiết bị đo, hình 21.5.

Bước 8: Vẽ đặc tính biểu diễn quan hệ $n = f(E)$, hình 21.6.

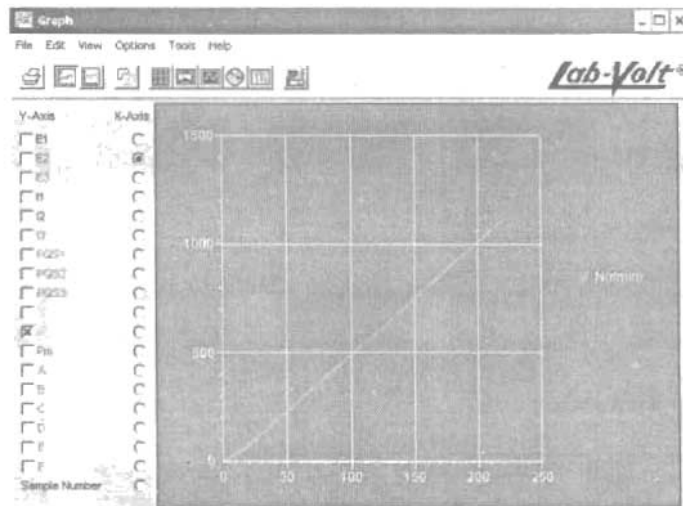


Hình 21.4. Màn hình đo kết quả thí nghiệm thay đổi điện áp

Data Table - [Untitled]
File Edit View Options Tools Help

	E1 [AC](V)	E2 [AC](V)	I1 [AC](A)	I2 [AC](A)	T [NC](N.m)	N (r/min)
1	225.5	0.37	0.294	0.006	0.00	2
2	226.1	18.18	0.294	0.160	0.00	68
3	225.6	43.82	0.293	0.173	0.01	201
4	225.9	62.52	0.292	0.188	0.00	300
5	225.6	85.48	0.291	0.201	0.00	416
6	225.7	105.2	0.291	0.211	0.00	521
7	225.5	126.4	0.291	0.215	0.01	621
8	225.4	147.0	0.291	0.233	0.01	733
9	225.2	168.6	0.291	0.237	0.01	851
10	225.1	189.0	0.291	0.247	0.01	952
11	224.8	220.4	0.292	0.257	0.00	1114

Hình 21.5. Bảng lưu kết quả thí nghiệm thay đổi điện áp



Hình 21.6. Đặc tính biểu diễn quan hệ $n = f(U)$

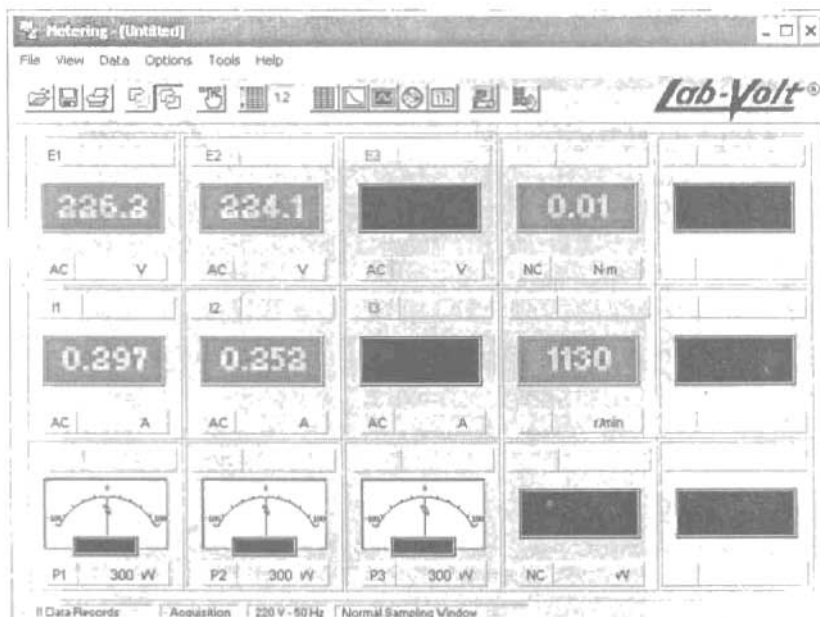
2. Quy trình thí nghiệm điều khiển tốc độ bằng phương pháp thay đổi từ thông

Bước 1: Đặt điện áp nguồn cố định ở 220V.

Bước 2: Điều chỉnh biến trở kích từ của động cơ (RHEOSTAT) để dòng kích từ thay đổi từ 0,15A đến 0,3A (chia làm 10 lần).

Bước 3: Ghi lại lần lượt các giá trị dòng kích từ và tốc độ động cơ trên màn hình thiết bị đo, hình 21.7. Sau đó xem lại kết quả đo ở bảng dữ liệu trên màn hình thiết bị đo, hình 21.8.

Bước 4: Vẽ đặc tính biểu diễn quan hệ $n = f(I_f)$, hình 21.9.



Hình 21.7. Màn hình đo kết quả thí nghiệm thay đổi dòng kích từ

The screenshot shows the Data Table software interface with a table of experimental results. The table has 7 columns: E1 [AC](V), E2 [AC](V), I1 [AC](A), I2 [AC](A), T [NC](N-m), and N (r/min). The data is recorded for 11 trials.

	E1 [AC](V)	E2 [AC](V)	I1 [AC](A)	I2 [AC](A)	T [NC](N-m)	N (r/min)
1	227.5	220.0	0.150	0.330	0.01	1649
2	227.3	220.1	0.165	0.310	0.00	1565
3	226.8	219.9	0.180	0.296	0.00	1470
4	226.7	220.6	0.195	0.278	0.01	1398
5	227.7	221.9	0.211	0.272	0.00	1335
6	227.7	222.3	0.225	0.264	0.01	1290
7	227.2	222.1	0.241	0.255	0.01	1237
8	226.5	222.2	0.254	0.257	0.00	1208
9	226.0	222.5	0.268	0.254	0.00	1165
10	225.5	222.8	0.285	0.249	0.00	1139
11	226.5	224.9	0.301	0.248	0.01	1113

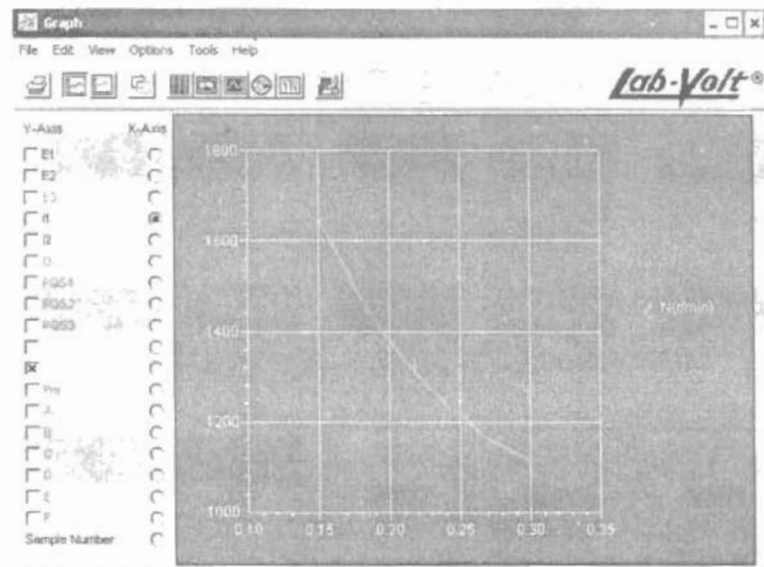
Hình 21.8. Bảng lưu kết quả thí nghiệm thay đổi dòng kích từ

Lưu ý: - E1, I1: Điện áp và dòng điện kích từ (I_f).

- E2, I2: Điện áp và dòng điện phản ứng (I_v).

- N: Tốc độ động cơ (n).

- T: Moment (M).



Hình 21.9. Đặc tính biểu diễn quan hệ $n = f(I_f)$

III. THÍ NGHIỆM CỐ TẢI VÀ XÂY DỰNG ĐẶC TÍNH CƠ

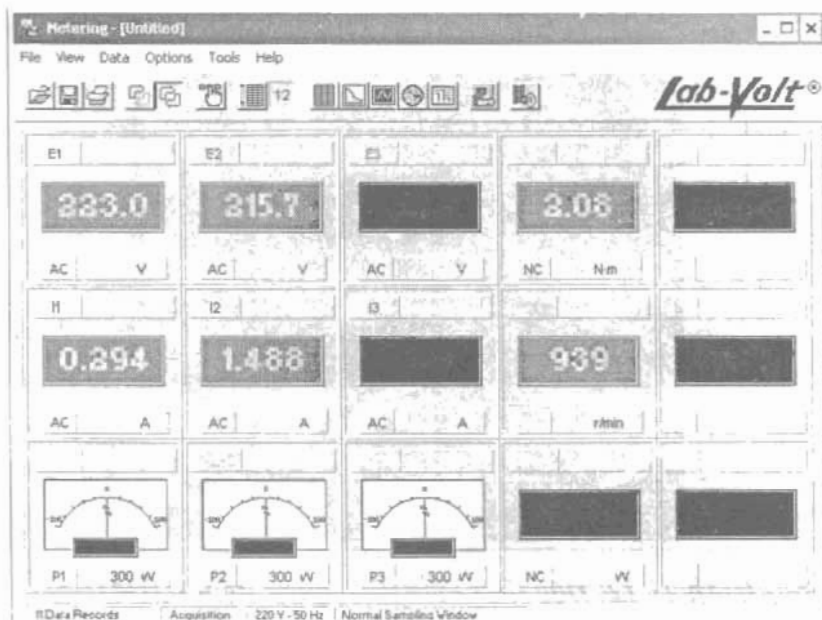
Bước 1: Đặt điện áp nguồn cố định ở 220V, và dòng điện kích từ cố định ở 0,3A.

Bước 2: Chuyển mode của module Prime Move/Dynamo Meter sang vị trí D và M (có tải).

Bước 3: Thay đổi moment tải của động cơ trên module Prime Move/Dynamo Meter bằng nút LOAD CONTROL để dòng điện phản ứng động cơ thay đổi từ 0 – 1,5A (chia làm 10 lần).

Bước 4: Ghi lại lần lượt các giá trị moment tải, dòng điện phản ứng động cơ và tốc độ động cơ trên màn hình thiết bị đo, hình 21.10. Sau đó xem lại kết quả đo ở bảng dữ liệu trên màn hình thiết bị đo, hình 21.11.

Bước 5: Vẽ đặc tính biểu diễn quan hệ $n = f(M)$, hình 21.12 và $n = f(I_U)$, hình 21.13.



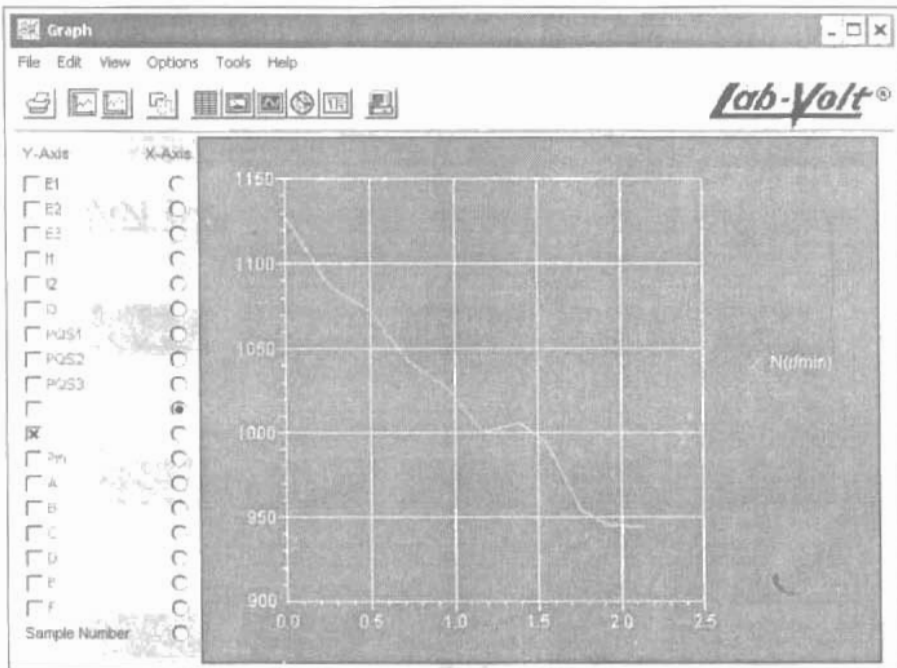
Hình 21.10. Màn hình đo kết quả thí nghiệm thay đổi moment tải

Data Table - [Untitled]

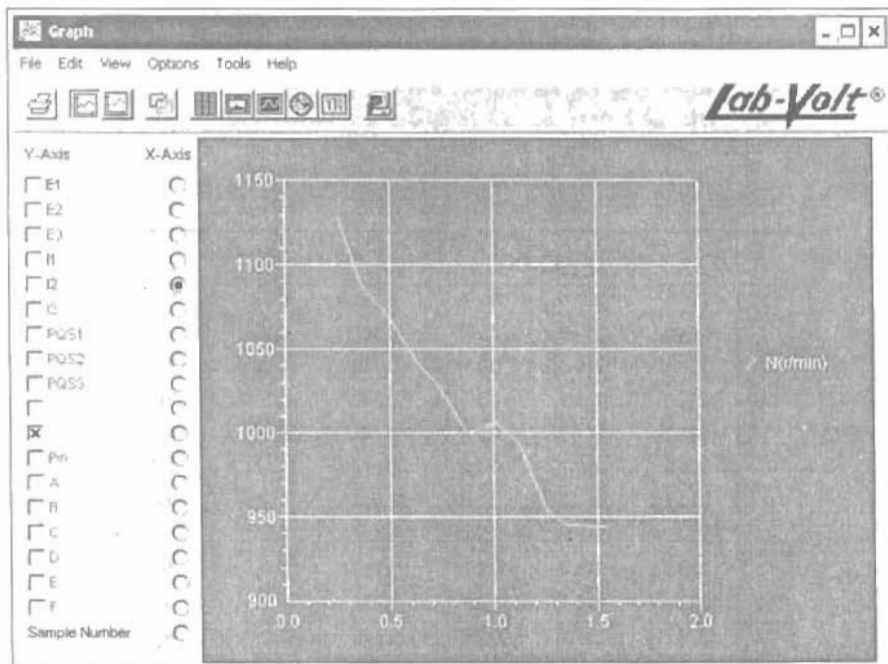
File Edit View Options Tools Help

	E1 [AC](V)	E2 [AC](V)	I1 [AC](A)	I2 [AC](A)	T [NC](N-m)	N (r/min)
1	225.1	221.6	0.296	0.251	0.00	1128
2	224.8	219.9	0.297	0.368	0.26	1087
3	224.6	219.3	0.297	0.482	0.50	1072
4	224.2	218.5	0.295	0.630	0.73	1043
5	223.7	217.8	0.297	0.745	0.96	1026
6	224.0	217.7	0.294	0.872	1.17	1000
7	223.5	217.0	0.293	1.015	1.39	1006
8	223.3	216.7	0.293	1.122	1.55	994
9	223.3	216.3	0.292	1.255	1.76	954
10	222.8	216.1	0.296	1.357	1.93	945
11	222.7	215.2	0.291	1.548	2.15	944

Hình 21.11. Bảng lưu kết quả thí nghiệm thay đổi moment



Hình 21.12. Đặc tính biểu diễn quan hệ $n = f(M)$



Hình 21.13. Đặc tính biểu diễn quan hệ $n = f(I_d)$

D. NHIỆM VỤ THÍ NGHIỆM

- Thực hiện các thí nghiệm mở máy và điều chỉnh tốc độ động cơ bằng LVSIM - EMS.

- Thực hiện thí nghiệm có tải và xây dựng đặc tính cơ bằng LVSIM - EMS.

- Thực hiện các thí nghiệm trên với mô hình vật lý tương ứng.

- Báo kết quả thí nghiệm thực hiện trên phần mềm LVSIM – EMS.

- Báo kết quả thí nghiệm thực hiện trên mô hình vật lý tương ứng.

Bài 22

THÍ NGHIỆM ĐỘNG CƠ KĐB 3 PHA LỒNG SÓC BẰNG LVSIM – EMS

A. MỤC TIÊU

Học xong bài này sinh viên có khả năng:

- Thí nghiệm không tải, có tải và xây dựng các đặc tính không tải và đặc tính tải của động cơ không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc bằng LVSIM – EMS.

Thí nghiệm trên mô hình vật lý tương ứng.

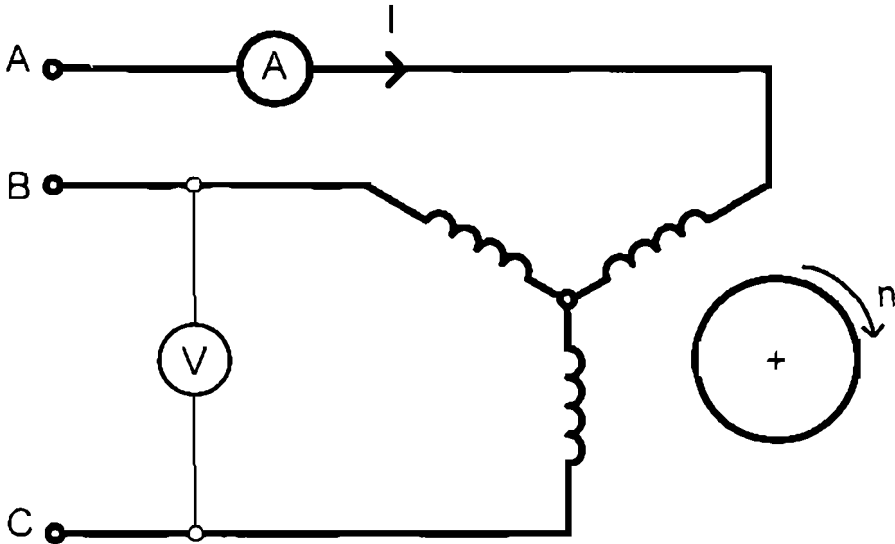
B. PHƯƠNG TIỆN, THIẾT BỊ

Phương tiện, thiết bị dùng cho thực hành bao gồm:

<i>STT</i>	<i>Chủng loại – qui cách kỹ thuật</i>	<i>Số lượng</i>	<i>Ghi chú</i>
1	Máy tính sử dụng cho sinh viên có cài đặt phần mềm LVSIM – EMS.	4 bộ	Số lượng có thể thay đổi tùy theo phòng thí nghiệm.
2	Máy tính chủ sử dụng cho giáo viên có cài đặt phần mềm LVSIM – EMS.	1 bộ	
3	Máy chiếu Projector	1 cái	

C. NỘI DUNG THÍ NGHIỆM

I. QUY TRÌNH THÍ NGHIỆM KHÔNG TẢI



Hình 22.1. Sơ đồ thí nghiệm động cơ không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc

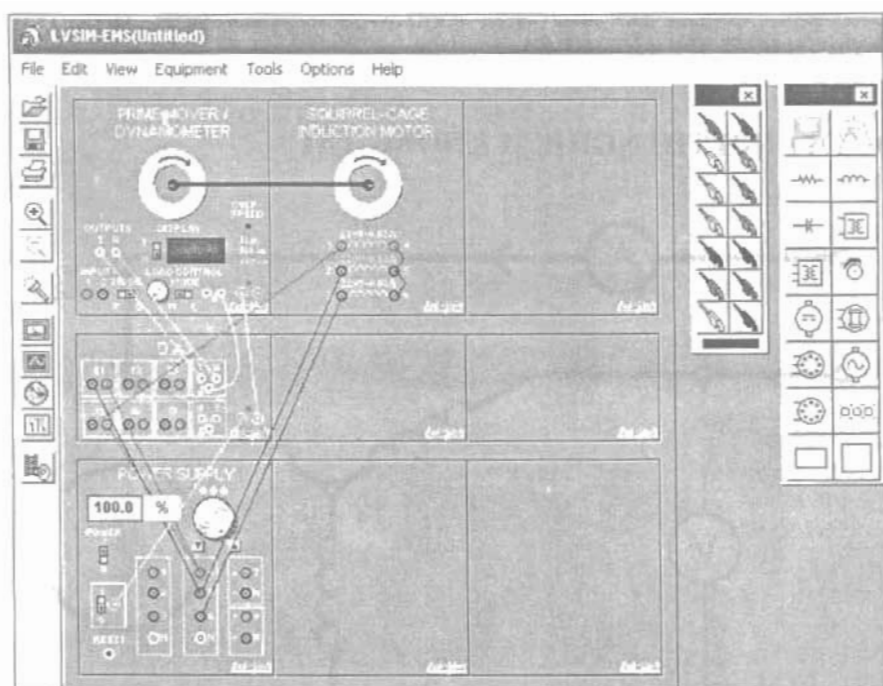
Bước 1: Tìm hiểu sơ đồ thí nghiệm ở hình 22.1.

Bước 2: Khởi động phần mềm LVSIM trên máy tính.

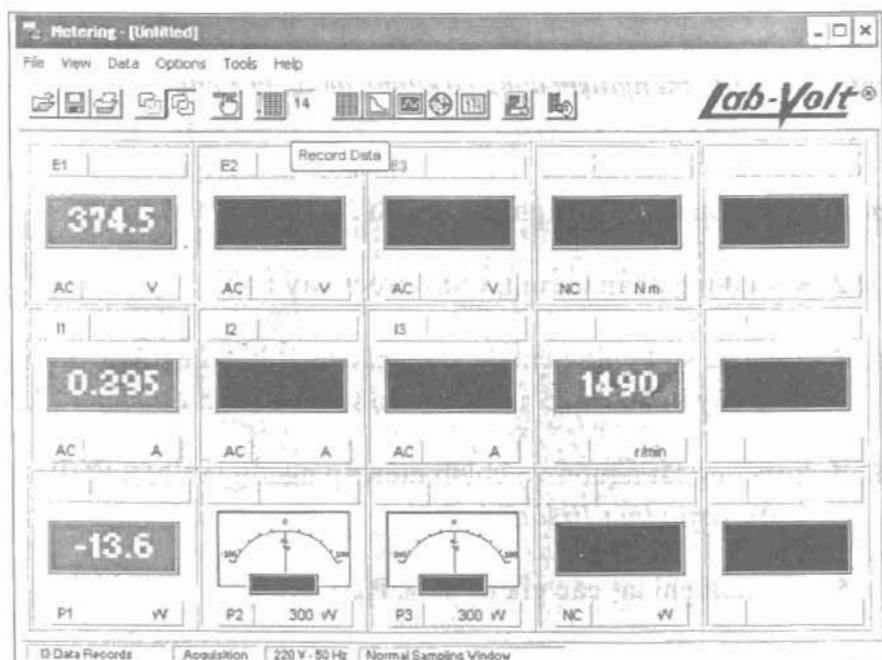
Bước 3: Vào cửa sổ Equipment để chọn các thiết bị thí nghiệm và chọn màu dây kết nối các module theo sơ đồ thí nghiệm, hình 22.2.

Bước 4: Bật công tắc nguồn và chỉnh điện áp nguồn lần lượt từ 0V đến 380V (chia làm 10 lần).

Bước 5: Lần lượt ghi lại các giá trị n , I_0 , P_0 .



Hình 22.2. Kết nối các module thí nghiệm động cơ không đồng bộ



Hình 22.3. Màn hình đo kết quả thí nghiệm không tải động cơ không đồng bộ

Bước 6: Xem lại các kết quả đo của thí nghiệm, hình 22.4.

Bước 7: Chỉnh điện áp nguồn về 0, tắt nguồn.

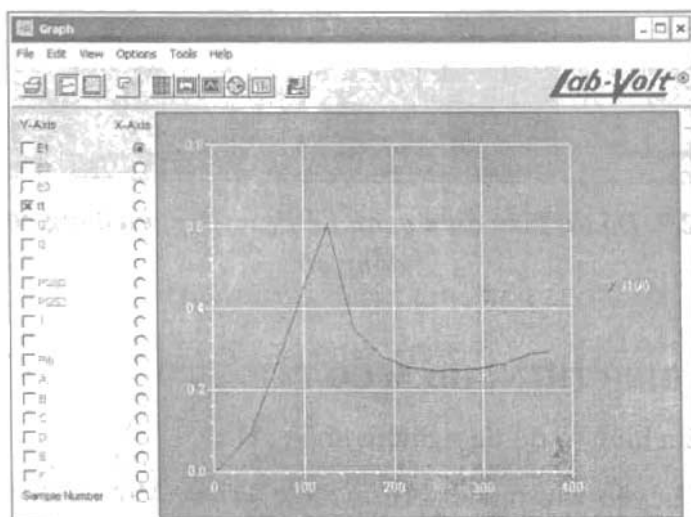
Bước 8: Vẽ đồ thị biểu diễn quan hệ $I = f(E)$, hình 22.5.

Bước 9: Vẽ đồ thị biểu diễn quan hệ $n = f(E)$, hình 22.6.

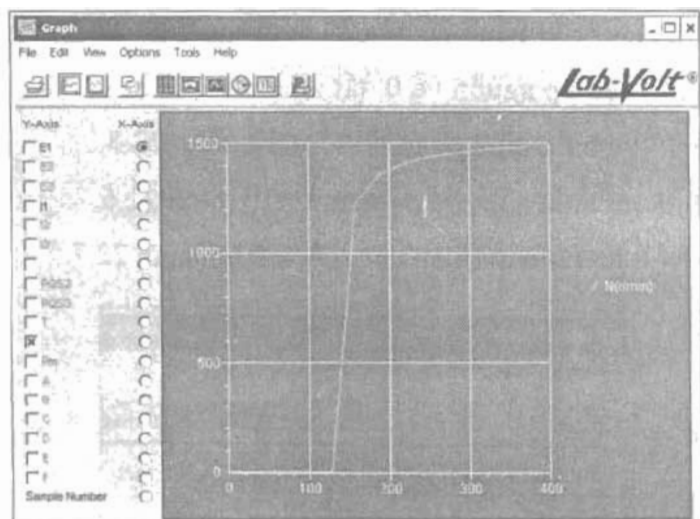
Bước 10: Vẽ đồ thị biểu diễn quan hệ $P_0 = f(I_0)$, hình 22.7.

	E1 [AC][V]	I1 [AC][A]	PQS1 (E1, I1) [W]	N (r/min)
1	2.31	0.003	0.00	2
2	39.10	0.089	-0.57	3
3	66.83	0.245	0.36	2
4	99.60	0.443	7.11	2
5	126.6	0.607	17.4	4
6	156.3	0.350	21.8	1219
7	187.0	0.281	19.1	1357
8	217.0	0.254	14.9	1409
9	245.1	0.246	10.7	1439
10	294.4	0.252	3.63	1464
11	324.0	0.266	-3.05	1475
12	354.3	0.290	-9.55	1483
13	375.3	0.295	-13.9	1485

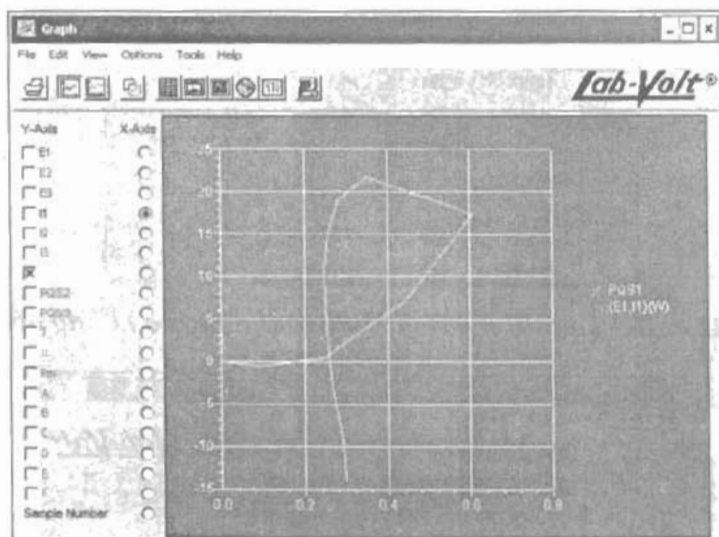
Hình 22.4. Kết quả thí nghiệm không tải động cơ không đồng bộ



Hình 22.5. Đồ thị biểu diễn quan hệ $I = f(E)$ của động cơ không đồng bộ



Hình 22.6. Đồ thị biểu diễn quan hệ $n = f(E)$ của động cơ không đồng bộ



Hình 22.7. Đồ thị biểu diễn quan hệ $P_0 = f(I_0)$ của động cơ không đồng bộ

II. QUY TRÌNH THÍ NGHIỆM CÓ TẢI

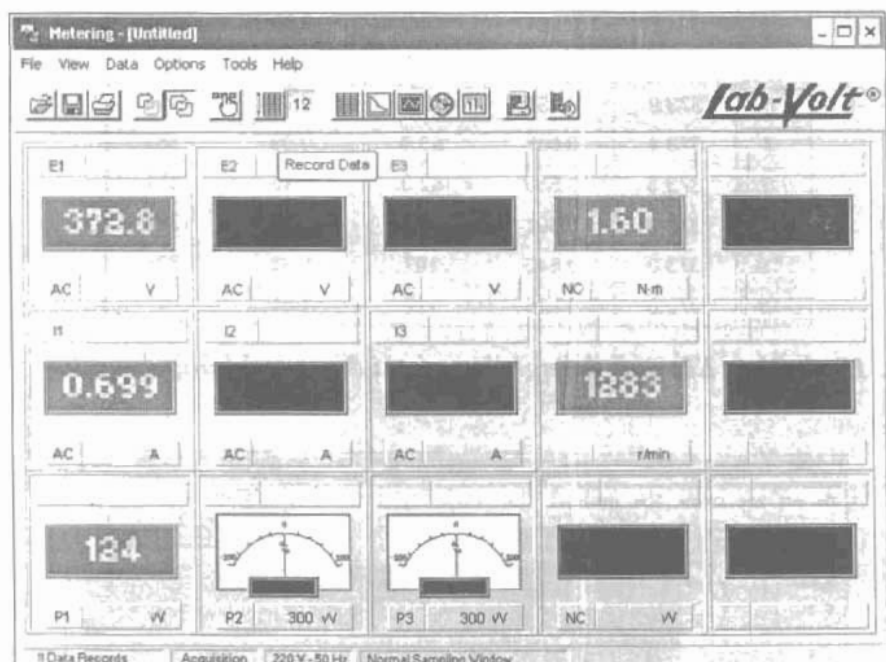
Bước 1: Tìm hiểu sơ đồ thí nghiệm không tải.

Bước 2: Chuyển các mode trên module Prime Mover/Dynamometer về vị trí D và M.

Bước 3: Điều chỉnh điện áp nguồn lên 380V.

Bước 4: Thay đổi tải moment tải bằng cách điều chỉnh núm xoay LOAD CONTROL cho đến khi dòng điện của động cơ đạt khoảng 0,7A (chia làm 10 lần). Lần lượt ghi lại các giá trị I, n, M, P ứng với từng giá trị tải, hình 22.7.

Bước 5: Xem lại kết quả thí nghiệm, hình 22.8.



Hình 22.8. Màn hình đo kết quả thí nghiệm có tải động cơ không đồng bộ

Bước 6: Chỉnh moment tải và điện áp nguồn về 0, tắt nguồn kết thúc thí nghiệm.

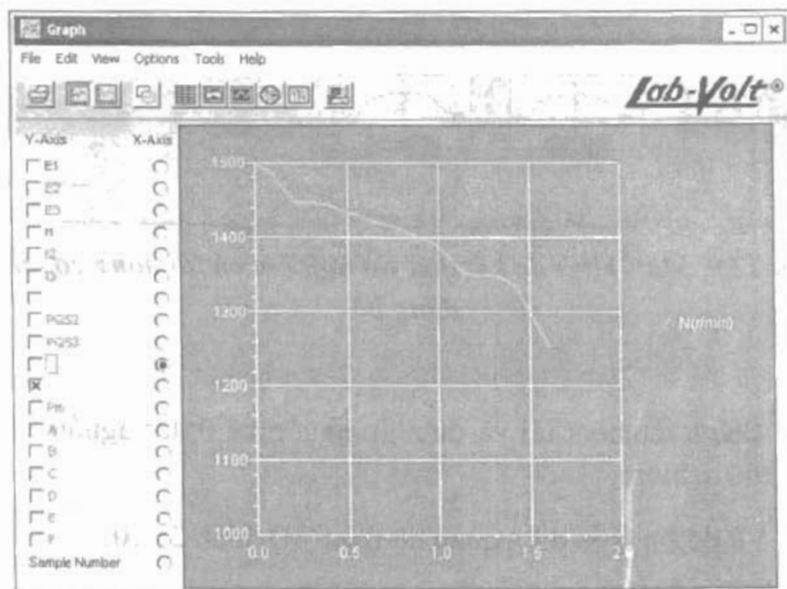
Bước 7: Vẽ đồ thị biểu diễn quan hệ $n = f(M)$, hình 22.10.

Bước 8: Vẽ đồ thị biểu diễn quan hệ $n = f(P)$, hình 22.11.

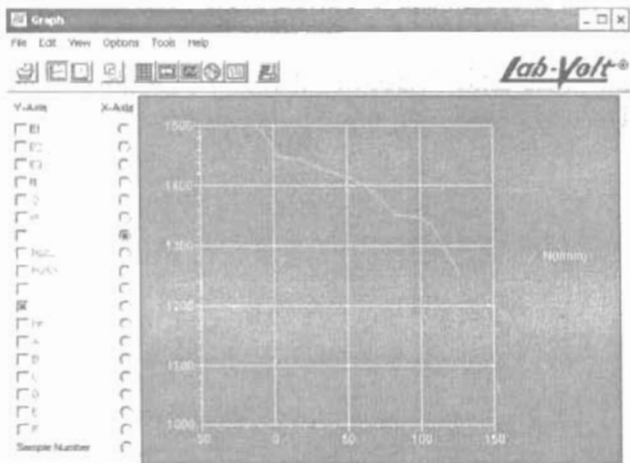
Bước 9: Vẽ đồ thị biểu diễn quan hệ $M = f(P)$, hình 22.12.

Data Table - [Untitled]					
File Edit View Options Tools Help					
	E1 [AC](V)	I1 [AC](A)	PQS1 (E1,I1) (W)	T [NC](N-m)	N (r/min)
1	375.6	0.298	-12.6	0.00	1497
2	375.0	0.308	-7.18	0.07	1489
3	374.4	0.330	3.10	0.21	1448
4	374.5	0.364	17.2	0.38	1444
5	373.8	0.411	37.0	0.62	1424
6	373.9	0.451	50.6	0.76	1415
7	373.4	0.507	68.8	0.99	1389
8	373.3	0.550	82.3	1.15	1351
9	373.0	0.601	97.2	1.32	1347
10	373.0	0.642	107	1.42	1336
11	372.6	0.715	127	1.61	1251

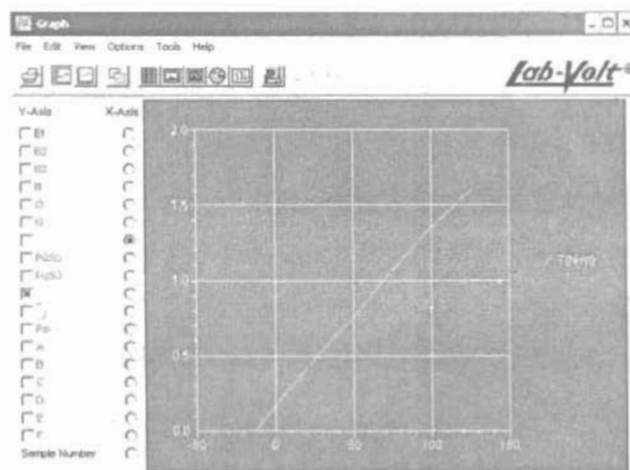
Hình 22.9. Kết quả thí nghiệm có tải động cơ không đồng bộ



Hình 22.10. Đồ thị biểu diễn quan hệ $n = f(M)$ của động cơ không đồng bộ



Hình 22.11. Đồ thị biểu diễn quan hệ $n = f(P)$ của động cơ không đồng bộ



Hình 22.12. Đồ thị biểu diễn quan hệ $M = f(P)$ của động cơ không đồng bộ

D. NHIỆM VỤ THÍ NGHIỆM

- Thực hiện các thí nghiệm không tải, có tải và xây dựng đặc tính cơ không tải và có tải bằng LVSIM - EMS.
- Thực hiện các thí nghiệm trên với mô hình vật lý tương ứng.
- Báo kết quả thí nghiệm thực hiện trên phần mềm LVSIM – EMS.
- Báo kết quả thí nghiệm thực hiện trên mô hình vật lý tương ứng.

MÁY ĐIỆN

(ELECTRICAL MACHINES)

THUẬT NGỮ ANH – VIỆT ĐỐI CHIẾU

A	
Air – gap power	Công suất điện từ
Alternating current synchronous alternator	Máy phát điện xoay chiều đồng bộ
Alternating current machines	Máy điện xoay chiều
Alternating current generators	Máy phát điện xoay chiều
Apparent power	Công suất biểu kiến
Approximate equivalent circuits	Mạch điện thay thế
Armature winding	Dây quấn phần ứng
Armature reaction	Phản ứng phần ứng
Armature voltage	Điện áp phần ứng
Armature resistance	Điện trở phần ứng
Autotransformer starting	Khởi động qua biến áp tự ngẫu
Autotransformer	Máy biến áp tự ngẫu
B	
Battery	Nguồn một chiều (Pin, ắc quy)
Breakdown	Đánh thủng cách điện

C

Capacitive load	Tải dung
Changing magnetic flux	Từ thông biến thiên
Central station	Trạm trung tâm
Compound excited DC machine	Máy điện một chiều kích từ hỗn hợp
Complex numbers	Số phức
Construction	Cấu tạo
Core-loss current	Dòng điện tổn hao trong lõi thép
Copper losses	Tổn hao đồng
Core losses	Tổn hao sắt
Current transformer	Máy biến dòng

D

Direct current generators	Máy phát điện một chiều
Direct current machines	Máy điện một chiều

E

Eddy current	Dòng điện xoáy
Eddy current losses	Tổn hao dòng điện xoáy
Efficiency	Hiệu suất
Electric power - Symbol: P - Unit of measurement: Watt [W]	Công suất - Ký hiệu: P - Đơn vị đo: Oát [W]
Electric wire	Dây dẫn

Electromagnet	Nam châm điện
Electromotive force	Sức điện động
F	
Field	Từ trường
Field excitation	Kích từ
Field current	Dòng điện kích từ
Field Strength	Cường độ điện trường
Field windings	Dây điện từ
Frequency	Tần số
G	
Generator	Máy phát điện
Generating station	Nhà máy phát điện
H	
Hysteresis	Hiện tượng từ trễ
I	
Ideal transformer	Máy biến áp cách ly
Impedance – inductive	Cảm kháng
Impedance – capacitive	Dung kháng
Impedance starting	Khởi động qua cuộn kháng
Inductive load	Tải cảm
Instantaneous voltage	Điện áp tức thời

Inductor wire	Dây điện từ
Induced electromotive force (EMF)	Sức điện động cảm ứng (EMF)
Induction machines	Máy điện cảm ứng
Induction motors	Động cơ cảm ứng
Induction generator	Máy phát cảm ứng
Input power	Công suất đầu vào
Induced torque	Mô men điện từ
Intensity	Cường độ
Iron – core	Mạch từ
L	
Laminations electrically	Thép kỹ thuật điện
Law of electromagnetic induction	định luật cảm ứng điện từ
Line voltage	Điện áp dây
Line current	Dòng điện dây
Load	Tải tiêu thụ điện
M	
Magnet	Nam châm
Magnetization current	Dòng điện từ hóa
Magnitude	Độ lớn
Magnetic flux	Từ thông
Magnetic field	Từ trường
Magnetomotive force (MMf)	Sức từ động
Mechanical shaft speed of rotor	Tốc độ trên trục rotor

Mechanical power	Công suất cơ
Mechanical losses	Tổn hao cơ
Moderate-slip	Hệ số trượt tới hạn
N	
No-load current	Dòng điện không tải
Non - Synchronous machines	Máy điện không đồng bộ
Non - Synchronous motors	Động cơ không đồng bộ
Non - Synchronous generator	Máy phát không đồng bộ
Non salient smooth rotors	Rotor cực ẩn
Non- salient poles rotors	Rotor cực ẩn
O	
Output power	Công suất đầu ra
Overexcited region	Vùng quá kích từ
P	
Phase shift	Sự lệch pha
Phase current	Dòng điện pha
Phase voltage	Điện áp pha
Power factor	Hệ số công suất
Potential Transformer	Máy biến áp đo lường
Power converted to mechanical	Công suất cơ
Primary	Sơ cấp
Pure waveforms	Dạng sóng điều hòa
Pull - out torque	Mô men cực đại

Q	
Quality	Chất lượng
R	
Rated quantities	Đại lượng định mức
Rated voltage	Điện áp định mức
Rated current	Dòng điện định mức
Rated power	Công suất định mức
Ratio of the transformer	Tỷ số biến áp
Resistive load	Tải trở
Reactive power	Công suất phản kháng
Root Mean Square (RMS)	Giá trị hiệu dụng
Rotor laminations	Mạch từ phần quay
Rotor windings	Dây quấn phần quay
Rotating magnetic field	Từ trường quay
S	
Salient-pole rotors	Rotor cực lồi
Secondary	Thứ cấp
Separately excited DC machine	Máy điện một chiều kích từ độc lập
Series excited DC machine	Máy điện một chiều kích từ nối tiếp
Shunt excited DC machine	Máy điện một chiều kích từ song song
Slip	Hệ số trượt

Slip speed of machine	Tốc độ trượt
Soft-starting	Khởi động mềm
Speed	Tốc độ
Special transformers	Máy biến áp đặc biệt
Speed control	Điều chỉnh tốc độ
Squirrel-cage	Rotor lồng sóc
Starting torque	Mô men khởi động
Starting current	Dòng điện khởi động
Starting motors	Khởi động động cơ
Stray losses	Tổn hao phụ
Steel laminated rotor	Mạch từ rotor
Step – up transformers	Máy biến áp tăng áp
Step – down transformer	Máy biến áp giảm áp
Stator laminations	Mạch từ phần tĩnh
Stator windings	Dây quấn phần tĩnh
Synchronous machines	Máy điện đồng bộ
Synchronous motors	Động cơ đồng bộ
Synchronous generator	Máy phát đồng bộ
T	
Theory of operation	Nguyên lý làm việc
Transformer	Máy biến áp
Three phase alternating circuits	Mạch điện xoay chiều 3 pha
Three-phase alternator	Máy phát điện xoay chiều 3 pha
Three pairs of windings	Dây quấn 3 pha

Three phase transformer	Máy biến áp 3 pha
Torque	Mô men
True power	Công suất tác dụng
U	
Underexcited region	Vùng thiếu kích từ
V	
Voltage regulation	Sự thay đổi điện áp
W	
Winding	Dây quấn (dùng trong máy điện)
Wire coil	Cuộn dây
Wound rotors	Rotor dây quấn
Wye-delta starting	Khởi động sao – tam giác

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Đặng Đào – Lê Văn Doanh. *Kỹ thuật điện*, NXB Khoa học Kỹ thuật, 2004.
- [2]. Bùi Văn Hồng. *Giáo trình thực tập điện cơ bản*, NXB Đại học Quốc gia Tp. HCM, 2009.
- [3]. Nguyễn Trọng Thắng. *Lý thuyết và bài tập tính toán sửa chữa máy điện*, NXB Đại học Quốc gia Tp. HCM, 2008.
- [4]. Chee-Mun Ong. *Dynamic Simulation Of Electric Machinery*, published by Prentice-Hall, 1997.
- [5]. *Electrical Equipment Handbook*, Copyright © 2004 The McGraw-Hill Companies.
- [6]. Ion Boldea. *Synchronous Generators*, Publisher CRC, 2005.
- [7]. LAB-VOLT LVSIM®-EMS Version 2.11, © Copyright Lab-Volt, 2003.

GIÁO TRÌNH THỰC HÀNH MÁY ĐIỆN

Bùi Văn Hồng – Đặng Văn Thành – Phạm Thị Nga

NHÀ XUẤT BẢN

ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP HỒ CHÍ MINH

Khu phố 6, Phường Linh Trung, Quận Thủ Đức, TPHCM

Số 3 Công trường Quốc tế, Quận 3, TP. HCM

ĐT: 38 239 172 - 38 239 170

Fax: 38 239 172 – E-mail: vnuhp@vnuhcm.edu.vn

Chịu trách nhiệm xuất bản:

TS. HUỖNH BÁ LÂN

Tổ chức bản thảo và chịu trách nhiệm về tác quyền

Giám đốc Cty Thuận Tâm Huy

Biên tập:

NGUYỄN ĐỨC MAILÂM

Sửa bản in:

THÂN THỊ HỒNG

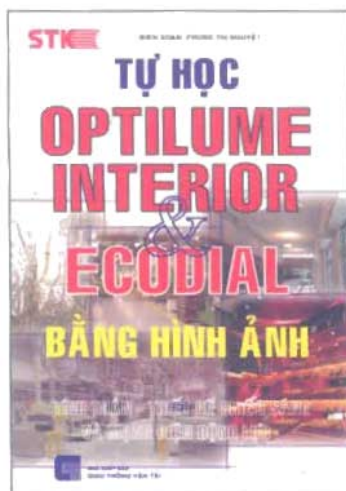
Trình bày bìa:

GT. 01 – KT(V) 191-2010/CXB/517-08/ĐHQGTPHCM
ĐHQG.HCM - 10

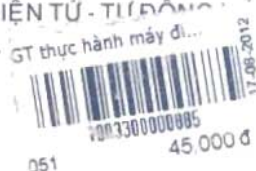
KT.GT.92-10 (T)

In 1200 cuốn khổ 16 x 24cm. Số đăng ký kế hoạch xuất bản: 191 - 2010/CXB/517-08/ĐHQGTPHCM. Quyết định xuất bản số: 73/QĐ-ĐHQGTPHCM cấp ngày 12/03/2010 của NXB ĐHQGTPHCM. In tại Công ty in Hưng Phú. In xong và nộp lưu chiểu quý II năm 2010.

TỦ SÁCH KỸ THUẬT ĐIỆN - ĐIỆN TỬ



- ✦ TỪNG BÀI TẬP LÀ NHỮNG VẤN ĐỀ CƠ BẢN, GIÚP NGƯỜI HỌC HIỂU RÕ HƠN MÔN HỌC MÁY ĐIỆN, NGƯỜI HỌC SẼ TIẾT KIỆM NHIỀU THỜI GIAN ĐỂ THỰC HÀNH CÓ HIỆU QUẢ MÁY ĐIỆN TRONG DÂN DỤNG CŨNG NHƯ CÔNG NGHIỆP.
- ✦ MỘT TÀI LIỆU KHÔNG THỂ THIẾU ĐƯỢC VỚI CÁC KỸ THUẬT VIÊN, HỌC SINH, SINH VIÊN, KỸ SƯ, GIÁO VIÊN CHUYÊN NGÀNH ĐIỆN - ĐIỆN TỬ - TỰ ĐỘNG CƠ ĐIỆN TỬ - GIAO THÔNG VẬN TẢI VÀ NHIỀU HƠN NỮA.



Công ty TNHH THUẬN TÂM HUY

742 Điện Biên Phủ, Q.10, Tp.HCM - (08) 38334168



Giá: 45.000đ