

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองใช้โปรแกรมออกแบบหม้อแปลง

หลังจากที่ได้ทำการสร้างโปรแกรมออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel เสร็จ จึงได้ทำการทดลองใช้โปรแกรมออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้า ดังนี้


Input Voltage, V_{in}	=	220 volts
Output Voltage, V_o	=	220 volts
Output Power, P_o	=	500 watts
Frequency, f	=	50 Hz
Efficiency, η	=	95%
Regulation, α	=	5%
Operating Flux Density, B_{ac}	=	1.5 tesla
Core Material	=	Silicon 24M
Window Utilization, K_u	=	0.4

แล้วทำการคำนวณเปรียบเทียบผลระหว่าง การคำนวณผลด้วยมือ และ การคำนวณผลด้วยโปรแกรม ได้ผลการคำนวณดังตารางต่อไปนี้

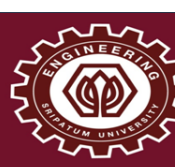
ตารางที่ 4.1 ตารางการเปรียบเทียบผลระหว่างการคำนวณผลด้วยมือ และ การคำนวณผลด้วยโปรแกรม

ลำดับที่	ค่าพารามิเตอร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม	หน่วย	ค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยมือ	หน่วย
1	P_t	1026.32	VA	1026.32	VA
2	K_c	1.61		1.61	
3	K_g	63.83	Cm^5	63.83	Cm^5
4	เลือกแกน	EI เบอร์ EI133.2/60		EI เบอร์ EI133.2/60	
5	N_p	248	รอบ	248	รอบ
6	J	195.62	A/Cm^2	195.60	A/Cm^2
7	I_{in}	2.39	A	2.39	A

ลำดับที่	ค่าพารามิเตอร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ ด้วยโปรแกรม	หน่วย	ค่าที่ได้จากการ คำนวณด้วยมือ	หน่วย
8	$A_{wp(B)}$	12.23	Cm^2	12.23	Cm^2
9	เลือกขนาดลวด	เบอร์ 16 AWG		เบอร์ 16 AWG	
10	R_p	0.943	Ω	0.943	Ω
11	P_p	5.40	W	5.40	W
12	N_s	261	รอบ	261	รอบ
13	$A_{ws(B)}$	11.62	Cm^2	11.62	Cm^2
14	เลือกขนาดลวด	เบอร์ 17 AWG		เบอร์ 17 AWG	
15	R_s	1.249	Ω	1.249	Ω
16	P_s	6.45	W	6.45	W
17	P_{cu}	11.85	W	11.85	W
18	α	2.37	%	2.37	%
19	W/K	4.508		4.508	
20	P_{fe}	38.86	W	38.86	W
21	P_{Σ}	50.70	W	50.70	W
22	K_u	0.403		0.403	



School of Engineering
SRIPATUM UNIVERSITY
web.spu.ac.th/engineer

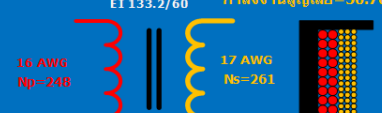


Power Transformers

Vin	<input type="text" value="220"/>	* Vrms (0-400)
Vout	<input type="text" value="220"/>	* Vrms (0-400)
Po	<input type="text" value="500"/>	* VA
Frequency	<input type="text" value="50"/>	* Hz
วิธีเลือกแกน	<input type="text" value="เลือกเอง"/>	
ชนิดแกน	<input type="text" value="EI"/>	Core
เบอร์แกน	<input type="text" value="EI 133.2/60"/>	เพิ่มข้อมูลแกน
Wave Form	<input type="text" value="Sine wave"/>	* Sine wave
Bm	<input type="text" value="1.5"/>	* Tesla

หากไม่ทราบคลิกที่นี่

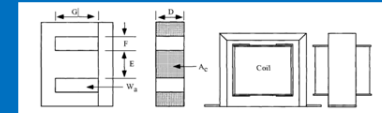
EI 133.2/60



กำลังงานสูงสุด=1139.44W
กำลังงานสูญเสีย=50.70W

16 AWG $N_p=248$

17 AWG $N_s=261$



Dimension DATA

Part No.	D (cm)	E (cm)	F (cm)	G (cm)	H (cm)
EI 133.2/60	6	4.44	2.22	6.66	-

ก. การป้อนข้อมูลและการแสดงผลของโปรแกรม

แกนที่ใช้			ปรุณภูมิ		
เบอร์แกน	EI 133.2/60		จำนวนรอบทางค่านปรุณภูมิ, Np	248	รอบ
ความยาวเส้นแรงแม่เหล็ก, MPL	0.00	cm	ความหนาแน่นของกระแส, J	195.62	Amps/cm ²
น้ำหนักแกน, Wtfe	8620.00	grams	กระแสทางค่านปรุณภูมิ, Iin	2.39	Amps
น้ำหนักลวดทองแดง, Wtcu	2819.00	grams	ค่าAwp(B) ที่ใช้เลือกตัวนำ	12.23	(10 ⁻³)cm ²
ความยาวรอบเฉลี่ย, MLT	28.85	cm	ขนาดตัวนำที่ใช้	16	#AWG
พื้นที่หน้าตัดแกน, Ac	26.64	cm ²	Awp(B)	13.07	(10 ⁻³)cm ²
พื้นที่ช่องว่างการพัน, Wa	14.79	cm ²	Awp	14.73	(10 ⁻³)cm ²
Area product, Ap	393.88	cm ⁴	μΩ/cm	131.80	μΩ/cm
Core geometry, Kg	145.46	cm ⁵	ความต้านทานตัวนำปรุณภูมิ, Rp	0.943	Ω
Surface area, At	0.00	cm ²	กำลังไฟฟ้าสูญเสียในตัวนำ, Pp	5.40	Watts
จำนวนโดยประมาณ	8.62	กิโลกรัม			
ปรุณภูมิ			หุติยภูมิ		
ขนาดตัวนำ	16	#AWG	จำนวนรอบทางค่านปรุณภูมิ, Ns	261	รอบ
จำนวนรอบ	248	รอบ	ความหนาแน่นของกระแส, J	195.62	Amps/cm ²
หุติยภูมิ			กระแสทางค่านปรุณภูมิ, Iout	2.27	Amps
ขนาดตัวนำ	17	#AWG	ค่าAws(B) ที่ใช้เลือกตัวนำ	11.62	(10 ⁻³)cm ²
จำนวนรอบ	261	รอบ	ขนาดตัวนำที่ใช้	17	#AWG
น้ำหนักตัวนำรวม	2.819	กิโลกรัม	Aws(B)	10.39	(10 ⁻³)cm ²
ค่าที่ใช้เลือกขนาดแกน			Aws	11.68	(10 ⁻³)cm ²
Pt=	1026.32	VA	μΩ/cm	165.80	μΩ/cm
Ke=	1.61		ความต้านทานตัวนำปรุณภูมิ, Rs	1.249	Ω
Kg=	63.83	cm ⁵	กำลังไฟฟ้าสูญเสียในตัวนำ, Ps	6.45	Watts
Kf=	4.44				

ข. ข้อมูลการคำนวณ สำหรับการตรวจสอบ

กรุณาเลือกข้อมูลเพื่อคำนวณ Core Loss		
วัสดุที่ใช้ทำแผ่นLaminate	ความหนา(mil's)	
Silicon	24M non-or	
	K	m
	0.0386	1
		n
		2.092
ค่าวัดต่อกิโลกรัม W/K	4.508	watts/Kg
กำลังไฟฟ้าสูญเสียในแกน, P _{fe}	38.86	Watts
กำลังไฟฟ้าสูญเสียในตัวนำ, P _{cu}	11.85	Watts
กำลังงานสูญเสียทั้งหมด, P _Σ	50.70	Watts
กำลังงานสูงสุดของหม้อแปลง	1139.44	Watts
ค่า %Regulation, α	2.37	%

K _p จากการออกแบบ	0.219
K _s จากการออกแบบ	0.183
K _u จากการออกแบบ	0.403

ค. การป้อนข้อมูลวัสดุแกนเพื่อคำนวณ

ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างผลการคำนวณด้วยโปรแกรม

4.2 ทดสอบหม้อแปลงตัวอย่าง

จากข้อมูลการออกแบบที่ได้จากโปรแกรมออกแบบหม้อแปลงในหัวข้อ 4.1 นำข้อมูลที่ได้มาผันหม้อแปลงตัวอย่าง เพื่อทดสอบความถูกต้องการทำงานของโปรแกรม เมื่อผันหม้อแปลงตัวอย่างเสร็จแล้วได้นำหม้อแปลงตัวอย่างนั้น มาทำการทดสอบดังนี้

4.2.1 อุปกรณ์การทดลอง

ชุดที่ 1

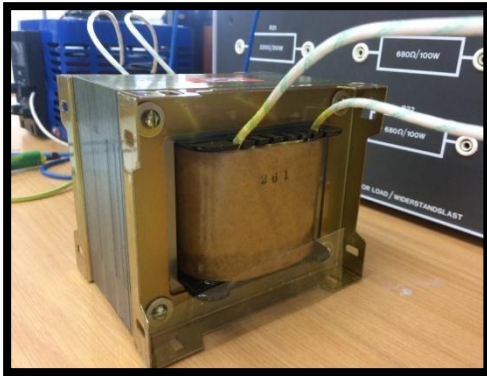
- 1.หม้อแปลงตัวอย่าง ขนาดพิกัด 500VA ,220/220 V.
2. Analog/Digital Multimeter, Wattmeter และ Power-factor Meter ยี่ห้อ LUCAS NULLE(LN)
3. Auto Transformer(Variac) 0 -250 V.
- 4.ตัวต้านทานปรับค่าได้ ขนาด $2.5k\Omega/850W$
- 4.สายประกอบวงจร

ชุดที่ 2

- 1.หม้อแปลงตัวอย่าง ขนาดพิกัด 500VA ,220/220 V.
2. AC Wattmeter ยี่ห้อ Yokogawa
3. AC Voltmeter ยี่ห้อ Yokogawa
4. AC Ampmeter ยี่ห้อ Yokogawa
- 3.Auto Transformer(Variac) 0 -250 V.
- 4.สายประกอบวงจร

ชุดที่ 3

- 1.หม้อแปลงตัวอย่าง ขนาดพิกัด 500VA ,220/220 V.
2. AC Wattmeter ยี่ห้อ MeBbereich
3. AC Voltmeter ยี่ห้อ Yokogawa
4. AC Ampmeter ยี่ห้อ Yokogawa
3. Auto Transformer (Variac) 0 -250 V.
- 4.สายประกอบวงจร



ก. หม้อแปลงตัวอย่าง ขนาดพิกัด 500VA , 220/220 V.



ข. Analog/Digital Multimeter, Wattmeter ยี่ห้อ LUCAS NULLE (LN)



ค. AC Wattmeter ยี่ห้อ Yokogawa



ง. AC Voltmeter ยี่ห้อ Yokogawa



จ. AC Ampmeter ยี่ห้อ Yokogawa



ฉ. AC Wattmeter ยี่ห้อ Meßbereich



๕. Auto Transformer (Variac) 0 -250 V.

ภาพที่ 4.2 อุปกรณ์การทดลอง

4.2.1 การทดสอบเปิดวงจร (Open Circuit Test)

ขั้นตอนการทดลอง

1. การทดลองเปิดวงจร (Open Circuit Test) ของหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อหาค่ากำลังสูญเสียในแกนเหล็ก (Core Loss) โดยต่อวงจรตามภาพที่ 4.3 โดยเปิดวงจรทางด้านแรงต่ำ และป้อนแรงดันไฟฟ้าเท่ากับพิกัดทางด้านแรงสูง
2. ใช้อุปกรณ์การทดลองชุดที่ 1 วัดค่าของ กระแส แรงดัน และค่ากำลังงานไฟฟ้าแล้วบันทึกผลในตารางที่ 4.2 ครั้งที่ 1
3. ทำซ้ำข้อที่ 2 แต่เปลี่ยนชุดทดลองเป็นชุดที่ 2 และ 3 บันทึกผลในตารางที่ 4.2 ครั้งที่ 2 และ 3 ตามลำดับ
4. คำนวณหาค่า $\cos\theta$, I_c , I_m , R_c และ X_m จากสมการ

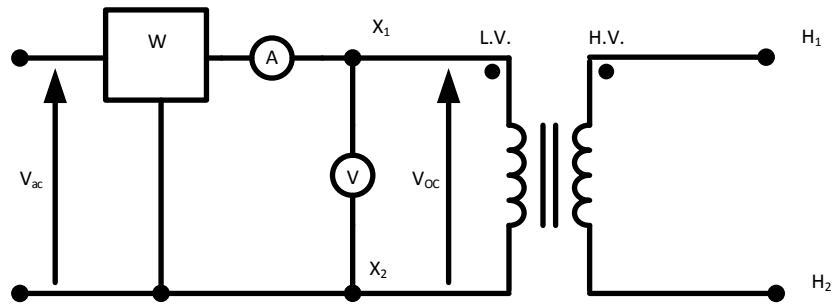
$$\cos\theta = \frac{P_{oc}}{V_{oc} \cdot I_{oc}} \quad (4.1)$$

$$I_c = I_{oc} \cos\theta \quad (4.2)$$

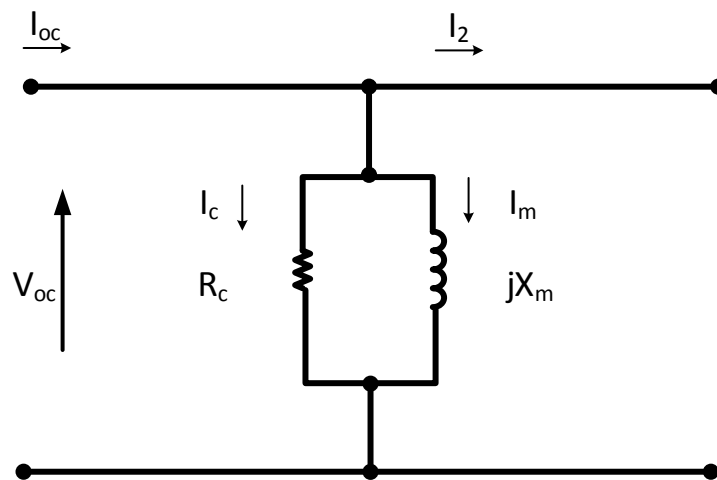
$$I_m = I_{oc} \sin\theta \quad (4.3)$$

$$R_c = \frac{V_{oc}}{I_c} \quad (4.4)$$

$$X_m = \frac{V_{oc}}{I_m} \quad (4.5)$$



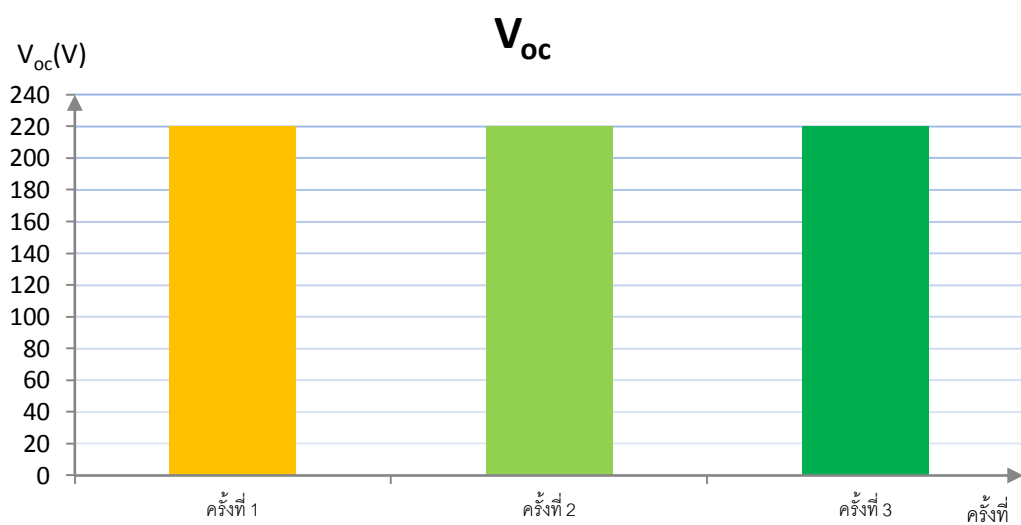
ภาพที่ 4.3 วงจรการทดลองที่ 1



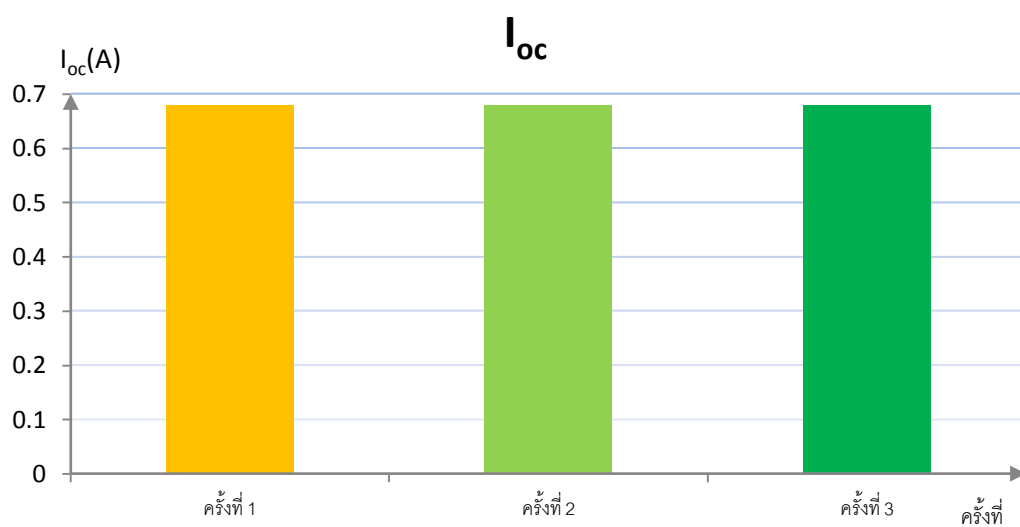
ภาพที่ 4.4 วงจรสมมูลหม้อแปลง

ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลการทดลอง ที่ 1

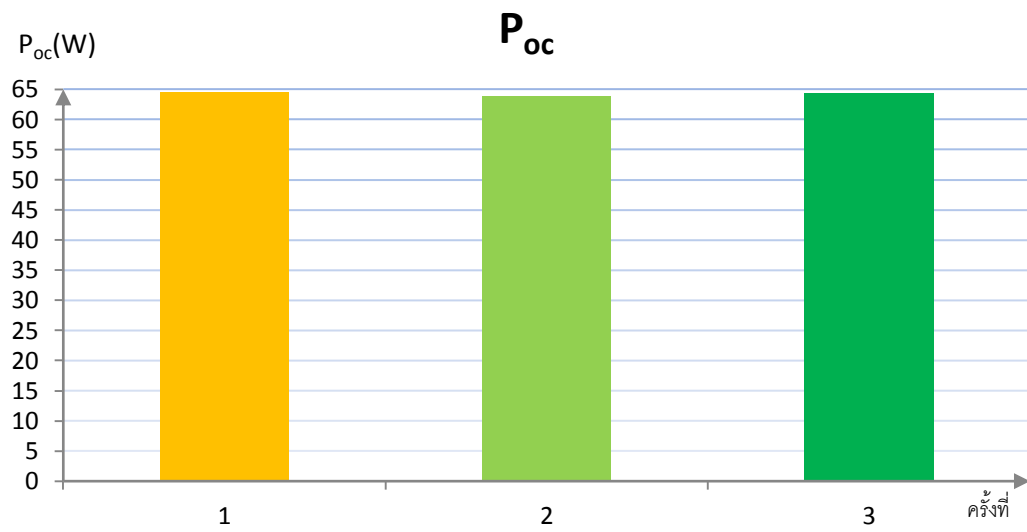
ครั้งที่	V_{oc}	I_{oc} (A)	P_{oc} (w)	$\cos\theta$	θ (องศา)	I_c (A)	I_m (A)	R_c (Ω)	X_m (Ω)
1	220	0.68	64.5	0.431	64.459	0.293	0.613	323.529	358.89
2	220	0.68	63.71	0.425	64.794	0.289	0.615	323.529	357.72
3	220	0.68	64.38	0.430	64.510	0.292	0.613	323.529	358.89



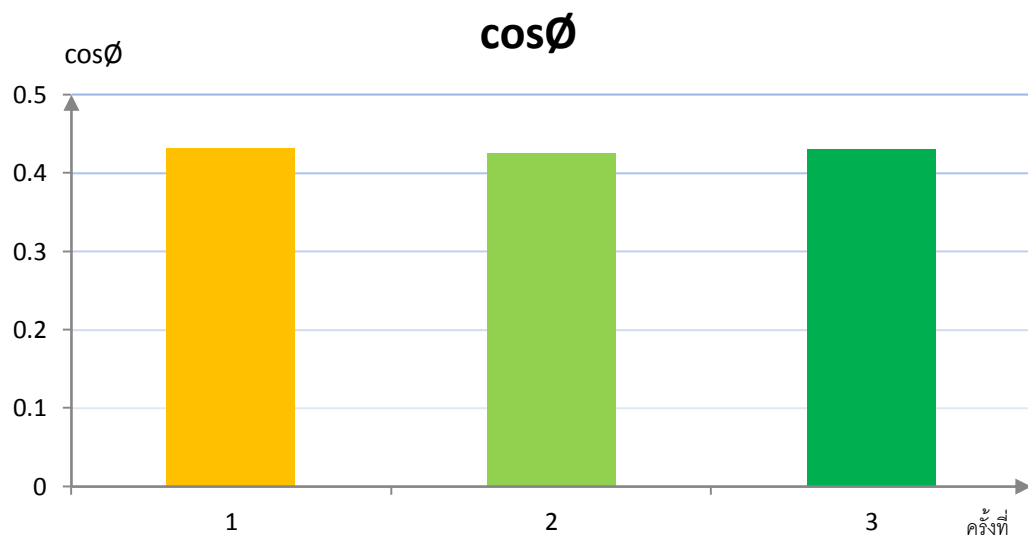
ก. แรงดันขณะเปิดวงจร



ข. กระแสขณะเปิดวงจร



ค. กำลังงานขณะเปิดวงจร



ง. ค่า $\cos\phi$ ขณะเปิดวงจร

ภาพที่ 4.5 ผลการทดลองที่ 1

4.2.2 การทดสอบลัดวงจร (Short Circuit Test)

ขั้นตอนการทดลอง

1. การทดลองลัดวงจร (Short Circuit Test) ของหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อหาค่ากำลังสูญเสียในขดลวดตัวนำ (Copper Loss) และ ค่าของ R_{eq} และ X_{eq} โดยลัดวงจรตามภาพที่ 4.6 โดยลัดวงจรทางด้านแรงต่ำ และ ค่อยๆ เพิ่มแรงดันไฟฟ้าทางด้านแรงสูง จนกระทั่งค่ากระแสลัดวงจรเท่ากับพิกัด

2. ใช้อุปกรณ์การทดลองชุดที่ 1 วัดค่าของ กระแส แรงดัน และค่ากำลังงานไฟฟ้าแล้ว บันทึกผลในตารางที่ 4.2 ครั้งที่ 1

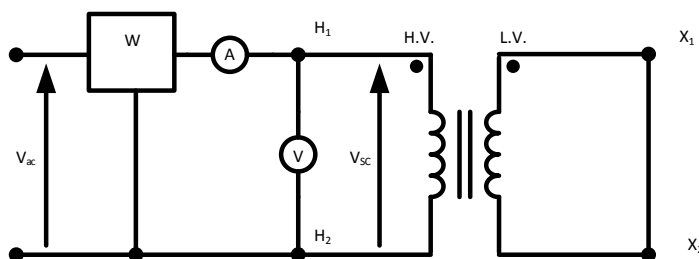
3. ทำซ้ำข้อที่ 2 แต่เปลี่ยนชุดทดลองเป็นชุดที่ 2 และ 3 บันทึกผลในตารางที่ 4.3 ครั้งที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

4. คำนวณหาค่า R_{eq} , Z_{eq} และ X_{eq} จากสมการ

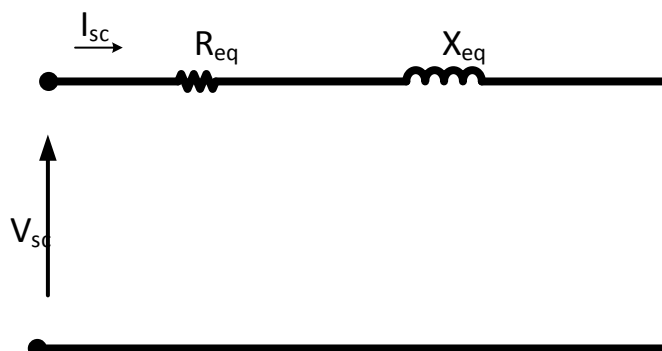
$$R_{eq} = \frac{P_{sc}}{I_{sc}^2} \quad (4.6)$$

$$Z_{eq} = \frac{V_{sc}}{I_{sc}} \quad (4.7)$$

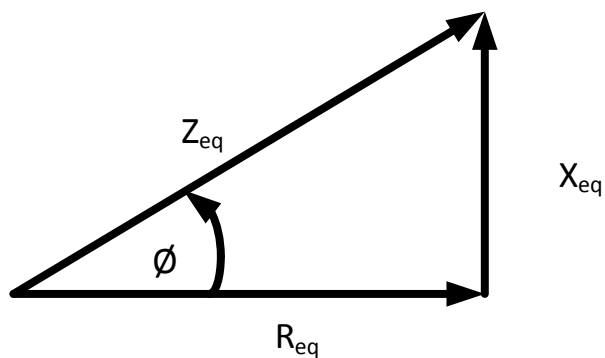
$$X_{eq} = \sqrt{Z_{eq}^2 - R_{eq}^2} \quad (4.8)$$



ภาพที่ 4.6 วงจรการทดลองที่ 2



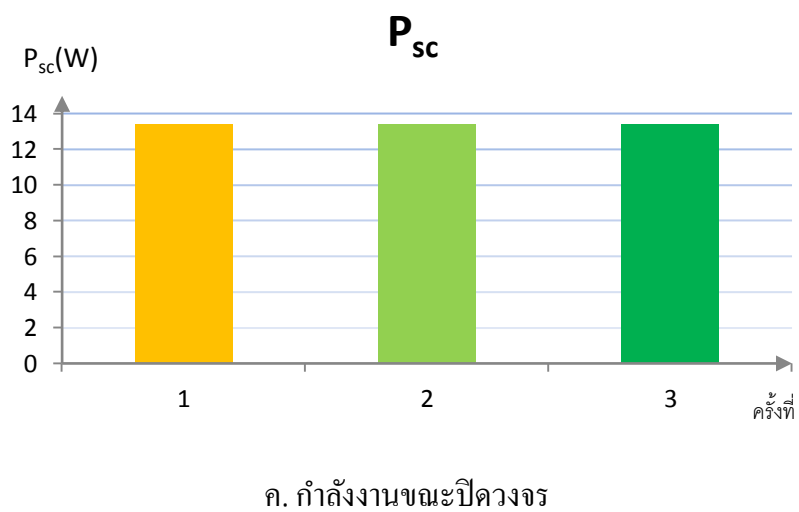
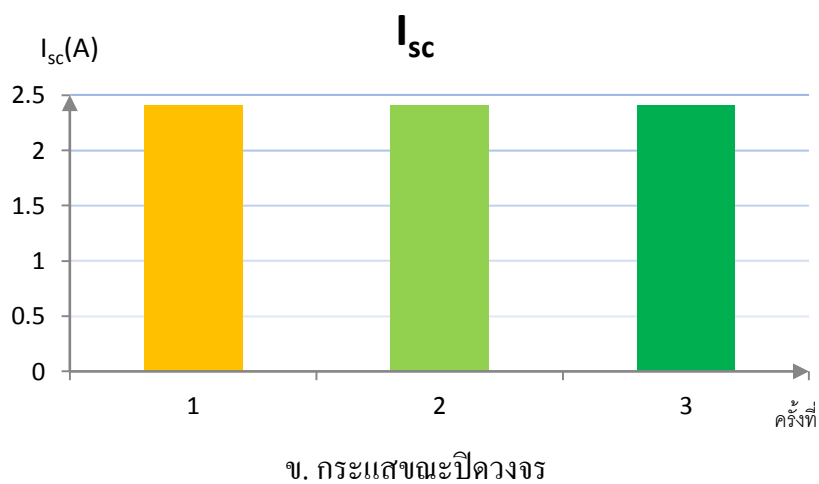
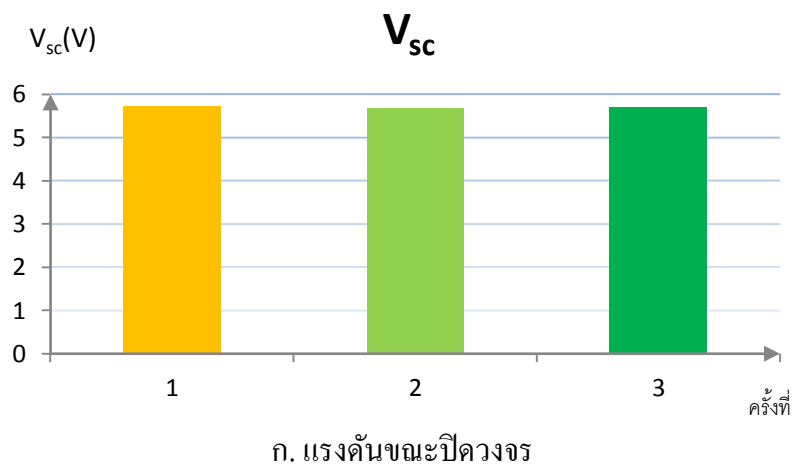
ภาพที่ 4.7 วงจรสมมูลของหม้อแปลง



ภาพที่ 4.8 เฟสเซอร์

ตารางที่ 4.3 ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2

ครั้งที่	V_{sc} (V)	I_{sc} (A)	P_{sc} (W)	R_{eq} (Ω)	Z_{eq} (Ω)	X_{eq} (Ω)
1	5.73	2.41	13.40	2.307	3.377	0.574
2	5.70	2.41	13.38	2.303	2.365	0.535
3	5.71	2.41	13.38	2.307	2.369	0.539



ภาพที่ 4.9 ผลการทดลองที่ 2

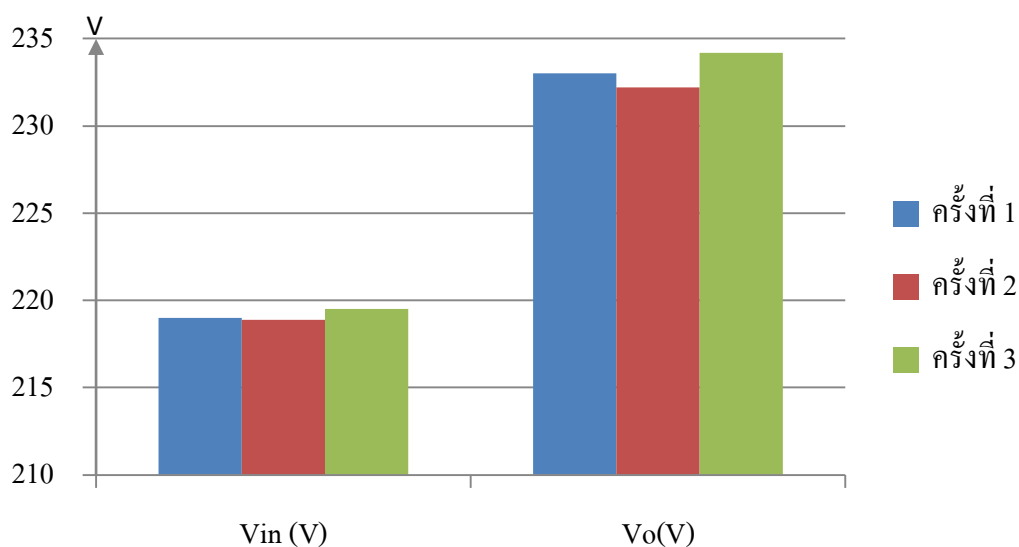
4.2.3 การทดสอบแรงดันของหม้อแปลงเมื่อไม่มีโหลด

ขั้นตอนการทดลอง

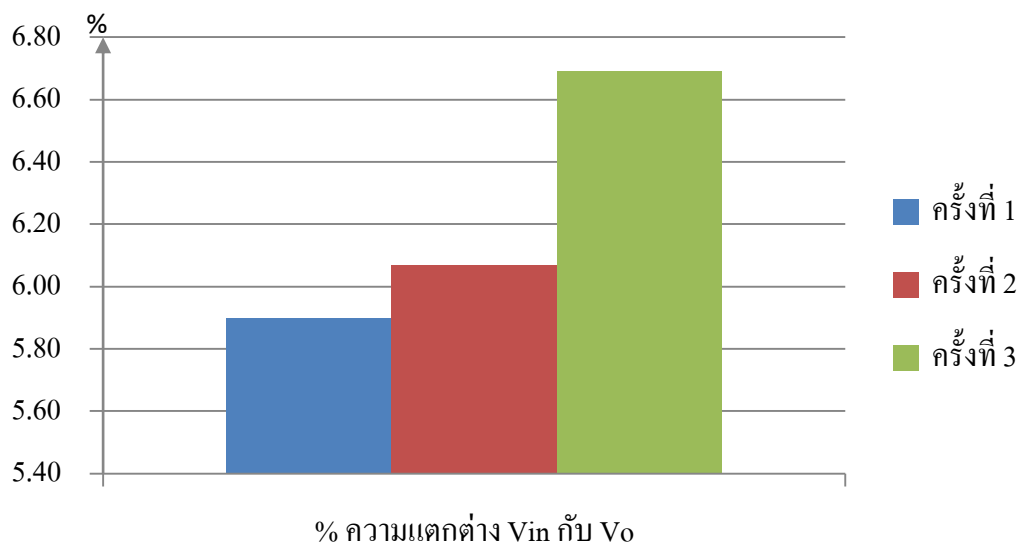
1. จ่ายแรงดันทางด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงด้วยขนาดแรงดัน 220 V
2. ใช้อุปกรณ์ ชุดที่ 1 วัดแรงดันทางด้านทุติยภูมิ
3. ทำซ้ำข้อ 1 และ 2 จำนวน 2 ครั้ง โดยเปลี่ยนอุปกรณ์เป็นชุดที่ 2 และ 3 ตามลำดับ
แล้วบันทึกผลลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.4 ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 3

ครั้งที่	V_{in} (V)	V_o (V)	% ความแตกต่าง
1	219	233	5.90%
2	218.9	232.2	6.07%
3	219.5	234.2	6.69%



ก. เปรียบเทียบระหว่างแรงดันปฐมภูมิกับทุติยภูมิ



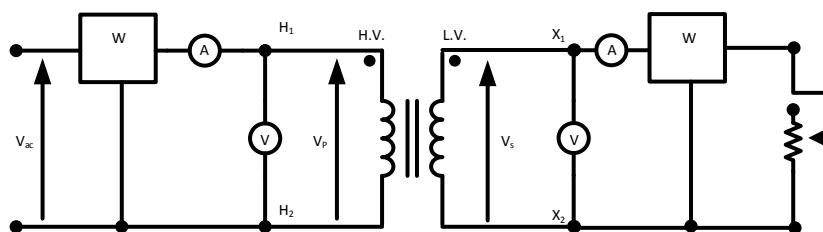
ข. แสดงความแตกต่างระหว่างแรงดันปฐมภูมิกับทุติยภูมิ

ภาพที่ 4.9 ผลการทดลองที่ 3

4.2.4 การทดสอบห่อแปลงเมื่อจ่ายโหลดเต็มพิกัด

ขั้นตอนการทดลอง

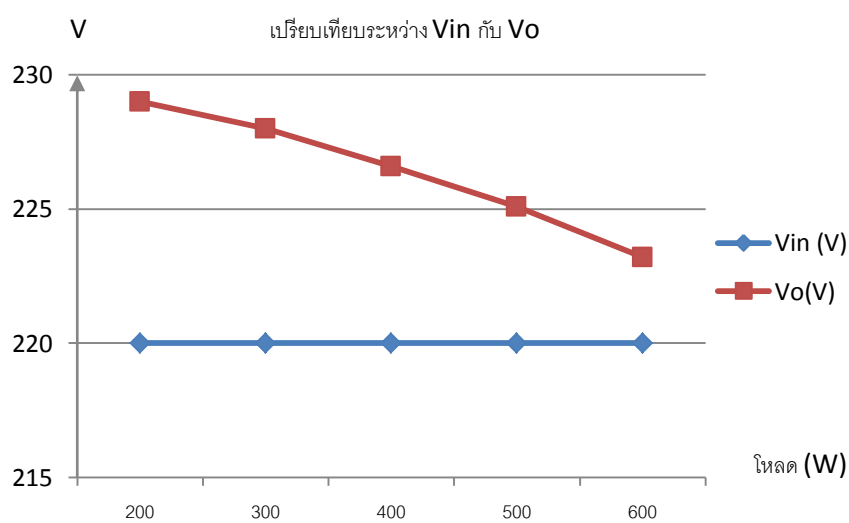
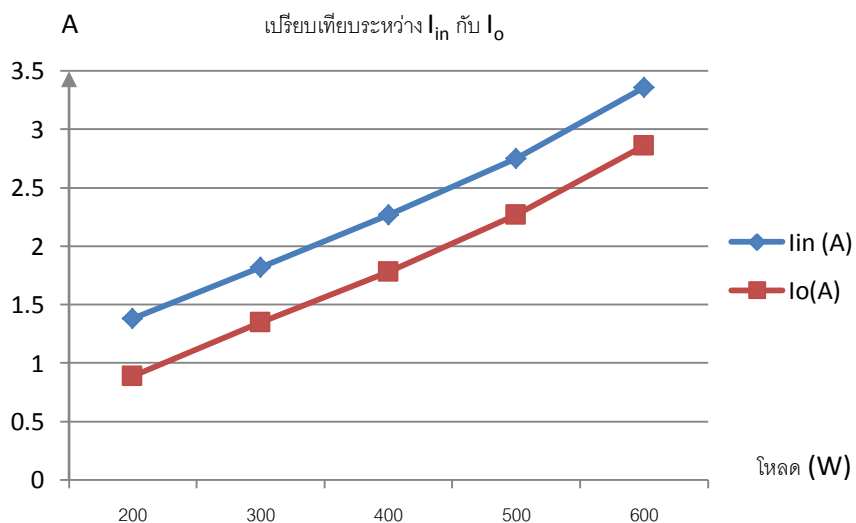
1. ใช้อุปกรณ์การทดลองชุดที่ 1 ต่อวงจรตามรูปที่ 4.10 ปรับความต้านทานให้ได้กำลังงานเอาต์พุต 200 W เป็นเวลา 10 นาที
2. ทำซ้ำข้อ 1 จำนวน 5 ครั้ง โดยเปลี่ยนกำลังงานเอาต์พุต จาก 200 W เป็น 300 W, 400W, 500 W และ 600 W ตามลำดับ
3. บันทึกผลลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4
- 4.

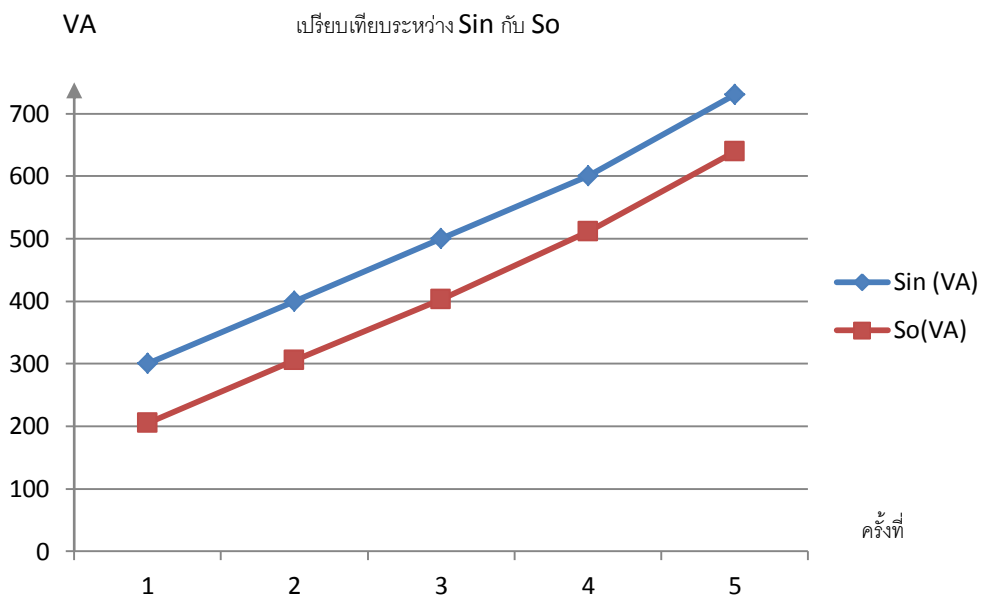


ภาพที่ 4.10 วงจรการทดลองที่ 4

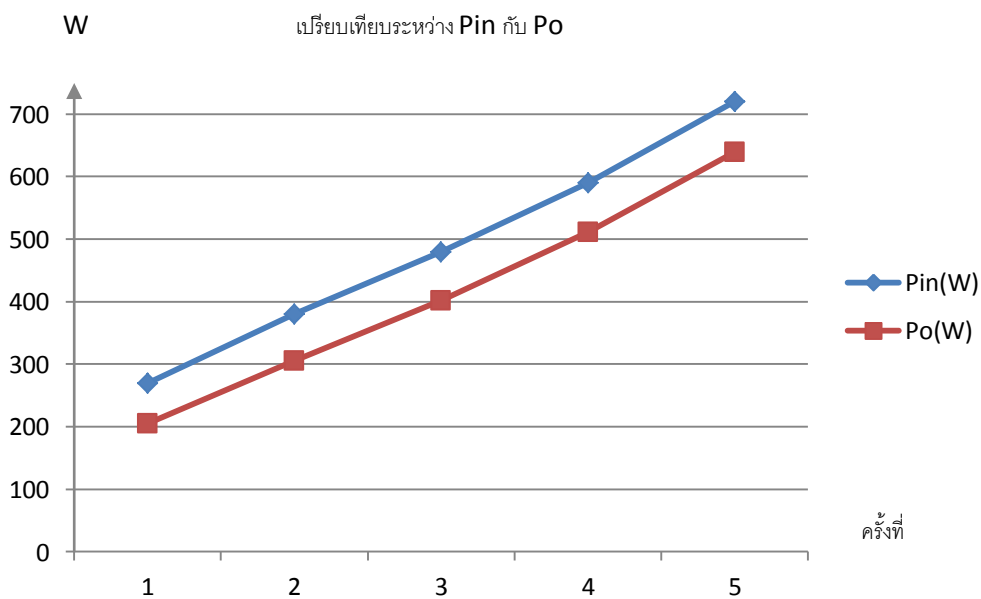
ตารางที่ 4.5 ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4

ครั้งที่	P_o (W)	V_{in} (V)	I_{in} (A)	S_{in} (VA)	P_{in} (W)	V_o (V)	I_o (A)	S_o (VA)	P_o (W)	η (%)
1	200	218.3	1.38	300	270	229	0.89	205	205.1	75.96
2	300	218.3	1.82	400	380	228	1.35	306	306	80.53
3	400	218.3	2.27	500	480	226.6	1.78	403	402	83.75
4	500	218.3	2.75	600	590	225.1	2.27	511	511	86.61
5	600	218.3	3.36	730	720	223.2	2.86	639	639	88.75

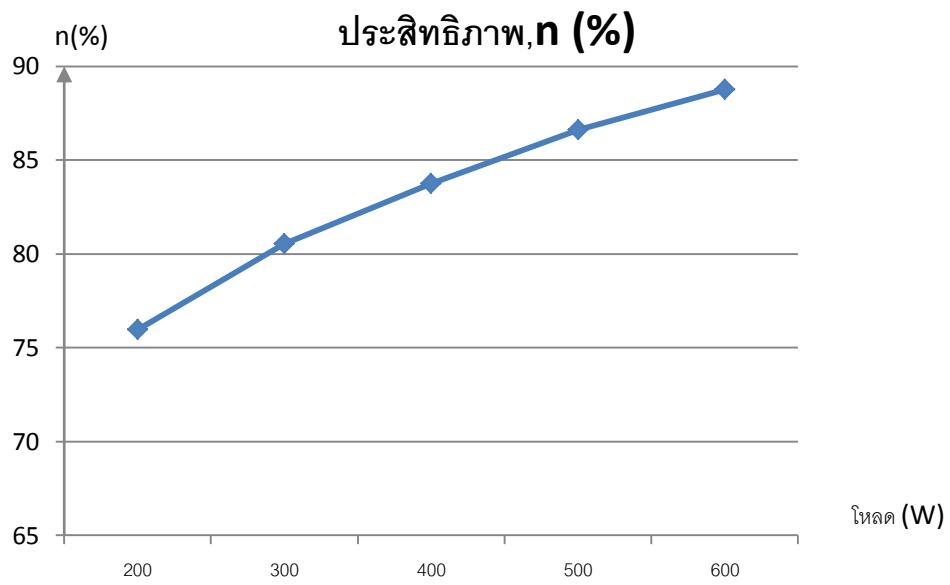
ก. เปรียบเทียบระหว่าง V_{in} กับ V_o ข. เปรียบเทียบระหว่าง I_{in} กับ I_o



ค. เปรียบเทียบระหว่าง Sin กับ So



ง. เปรียบเทียบระหว่าง Pin กับ Po



จ. เปรียบเทียบประสิทธิภาพกับการจ่ายโหลด

ภาพที่ 4.11 ผลการทดลองที่ 4