



ปีการศึกษา 2530

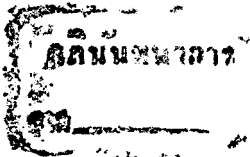
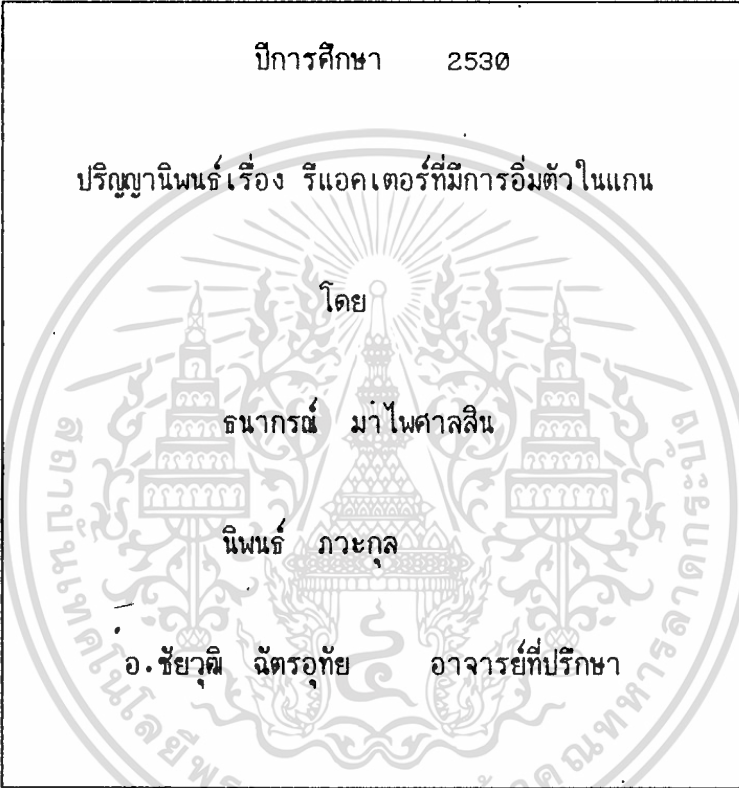
ปริศณานิพนธ์ เรื่อง รีแอกเตอร์ที่มีการอิมตัวในแกน

โดย

ธนากรณ์ มาไพศาลสิน

นิพนธ์ ภาะกุล

อ. ชัยวุฒิ จิตรอภัย อาจารย์ที่ปรึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 253๐

ภาควิชา ไฟฟ้ากำลัง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง รีแอกเตอร์ที่มีการอิมิตัวในแกนเหล็ก

ผู้จัดทำ



1) นาย จนากรณ์ มาไพศาลสิน 271073

2) นาย นิพนธ์ ภาวะกุล 271093

นาย ชัยวุฒิ ฉัตรอุทัย อาจารย์ที่ปรึกษา

(..........)

สารบัญ

1. บทนำ	1
2. ทฤษฎีและหลักการของแชนทูปเรเบิลรีแอคเตอร์	2
2.1 คุณสมบัติทั่วไปของรีแอคเตอร์แกนเหล็ก	2
2.2 คุณสมบัติของเหล็กในการรวมกันของแรงเคลื่อนแม่เหล็กตรงและสลับ	4
2.3 พฤติกรรมของรีแอคเตอร์แกนเหล็กที่มีการกระตุ้นโดยแรงเคลื่อนแม่เหล็กทิศเดียวและสลับทิศ	6
3. การคำนวณและการสร้างแชนทูปเรเบิลรีแอคเตอร์	8
3.1 การออกแบบแชนทูปเรเบิลรีแอคเตอร์	8
3.2 การสร้างแชนทูปเรเบิลรีแอคเตอร์	9
3.3 การทดสอบรีแอคเตอร์เบื้องต้น	11
3.3.1 การทดสอบเพื่อหาเส้นโค้งกำเนิดแม่เหล็ก	11
3.3.2 การทดลองด้วยวิธี V-I method	12
4. การทดลองและผลการทดลอง	13
5. บทวิจารณ์และสรุป	60
6. กิตติกรรมประกาศ	
7. หนังสืออ้างอิง	

สารบัญรูป

	หน้า
บทที่ 2 -วงจรมุมลู่ของรีแอกเตอร์ (a, b)	2
-เส้นโค้งกำเนิดแม่เหล็กขณะมีแรง เคลื่อนแม่เหล็กทั้งตรงและสลับ(c)	4
-ลักษณะของค่าความซึมซาบแม่เหล็กที่เพิ่มขึ้น(d)	5
-เส้นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กในรีแอกเตอร์(e)	7
บทที่ 3 -ขนาดแกนเหล็ก(1)	9
-ขนาดบ็อบบิน(2)	10
-การต่อเทอร์มินอล(3)	10
บทที่ 4 -วงจรถูกที่ 1(1)	13
-วงจรถูกที่ 2(2)	14
-วงจรถูกที่ 3(3)	15
-วงจรถูกที่ 4(4)	16
-วงจรถูกที่ 5(5)	17
-กราฟความต้านทานเสมือนของวงจรถูกที่ 2 (Nac=144)	50
-กราฟรีแอกแตนซ์เสมือนของวงจรถูกที่ 2 (Nac=144)	51
-กราฟความต้านทานเสมือนของวงจรถูกที่ 2 (Nac=133)	52
-กราฟรีแอกแตนซ์เสมือนของวงจรถูกที่ 2 (Nac=133)	53
-กราฟความต้านทานเสมือนของวงจรถูกที่ 3 (Nac=144)	54
-กราฟรีแอกแตนซ์เสมือนของวงจรถูกที่ 3 (Nac=144)	55
-เฟสเซอร์ของวงจรถูกที่ 4	56
-เฟสเซอร์ของวงจรถูกที่ 4	57
-เฟสเซอร์ของวงจรถูกที่ 2	58
-เส้นโค้งกำเนิดแม่เหล็กของเหล็ก Z-10	59

สารบัญตาราง

	หน้า
-ผลการทดลองเพื่อหาเส้นโค้งกำเนิดแม่เหล็กของขดลวดกระแสสลับแต่ละชุด	11
-ผลการทดลองเพื่อแสดงค่าความต้านทานของขดลวดควบคุม	12
-ผลการทดลองของวงจรรูปที่ 1 ($N_{ac}=144, N_{dc}=3000$)	18
144 2000	19
144 1000	20
133 3000	21
133 2000	22
133 1000	23
122 3000	24
122 2000	25
122 1000	26
111 3000	27
111 2000	28
111 1000	29
-ผลการทดลองของวงจรรูปที่ 2 ($N_{ac}=144, N_{dc}=1000$)	30
144 2000	31
144 3000	32
133 1000	33
133 2000	34
133 3000	35
122 1000	36
122 2000	37
122 3000	38
111 1000	39
111 2000	40
111 3000	41

-ผลการทดลองของวงจรรูปที่ 3 ที่ความต้านทาน R_1 ($N_{ac}=144, N_{dc}=1000$) 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต

-ผลการทดลองของวงจรรูปที่ 3 ที่ความต้านทาน $R_2 > R_1$ ($N_{ac}=144, N_{dc}=1000$) 43

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ผลการทดลองของวงจรรูปที่ 3	ที่ความต้านทาน R1 (Nac=144,Ndc=3000)	44
-ผลการทดลองของวงจรรูปที่ 3	ที่ความต้านทาน R2>R1 (Nac=144,Ndc=3000)	45
-ผลการทดลองของวงจรรูปที่ 4	(Nac=144,Ndc=1000,Vtr fixed ที่ 202)	46
	144 1000	196 47
	144 3000	196 48
-ผลการทดลองของวงจรรูปที่ 5		49



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญสัญลักษณ์

Ra	ความต้านทานเสมือน
Xa	รีแอกแตนซ์เสมือน
rc	ความต้านทานสมมูลย์เนื่องจากการสูญเสียในแกนเหล็ก
R	ความต้านทานเนื่องจากขดลวดกระแสสลับ
L	ความเหนี่ยวนำ
Zr	อิมพีแดนซ์รวมของรีแอกเตอร์
Wto	กำลังสูญเสียรวม
Wtr	กำลังสูญเสียในหม้อแปลง
Wre	กำลังสูญเสียในรีแอกเตอร์
Wl	กำลังสูญเสียในภาวะ
N	จำนวนรอบของขดลวด
O	เส้นแรงแม่เหล็ก
A	พื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก
f	ความถี่
s.f.	แสตคกิ้งแฟคเตอร์
Idc	กระแสตรง
Iac	กระแสสลับ
Iac1	กระแสของขดรับไฟของหม้อแปลง
Iac2	กระแสของขดจ่ายไฟของหม้อแปลง
E	แรงเคลื่อนไฟฟ้าสวน
Vdc	ศักดาไฟกระแสตรง
Vtr	ศักดาของทางด้านรับไฟของหม้อแปลง
Vre	ศักดาของรีแอกเตอร์
Vs	ศักดาของแหล่งจ่ายไฟ
B	ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก
μ ac	ค่าความซิทซาบแม่เหล็กที่เพิ่มขึ้น
H	ความเข้มของสนามแม่เหล็ก
Hdc	ความเข้มของสนามแม่เหล็กทิศทางเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีแอกเตอร์ที่มีการอิ่มตัวในแกน (saturable reactor)

ธนากรณ์ มาไพศาลสิน

นิพนธ์ ภาวะกุล

อ.ชัยวุฒิ จัตรอุทัย อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 253๐

บทคัดย่อ

รีแอกเตอร์ที่มีการอิ่มตัวในแกนเหล็ก คือ ตัวเหนี่ยวนำที่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าอิมพีแดนซ์ของตัวเองได้ โดยอาศัยลักษณะของการอิ่มตัวในแกนเหล็ก ซึ่งจะทำให้ค่าของความเหนี่ยวนำเสมือน (apparent inductance) ค่าความต้านทานเสมือน (apparent resistance) ของตัวรีแอกเตอร์นี้มีค่าลดลงซึ่งจะส่งผลให้ค่าอิมพีแดนซ์ลดตาม ลักษณะของการควบคุมให้เกิดการอิ่มตัวในแกนเราจะนำมาพิจารณาในปริภูมิเฟสฉบับนี้ โดยการสร้างรีแอกเตอร์ขึ้นมาตัวหนึ่งและนำมาทดสอบ ด้วยการนำมาต่ออนุกรมระหว่างแหล่งจ่ายกระแสสลับที่มีศักดาคงที่และภาระชนิดต่าง ๆ จากนั้นทำการป้อนไฟกระแสสลับและกระแสตรง เพื่อสร้างแรงเคลื่อนแม่เหล็กทิศทางสลับและแรงเคลื่อนแม่เหล็กทิศทางเดียว จากคุณสมบัติของแกนเหล็กเนื่องจากผลของการเสริมและหักล้างกันของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากแรงเคลื่อนทั้งสองจะทำให้คุณสมบัติต่างของตัวรีแอกเตอร์มีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งเราจะนำผลที่ได้จากการทดสอบมาทำการเปรียบเทียบกับทฤษฎี

SATURABLE REACTOR

Thanakorn Mapaisarnsin .

Nipon Bhavakula

Chaivut Chatautai Advisor

1987

ABSTRACT

Saturable Reactor is inductance that could change its impedance by uses saturation in iron core which will reduce apparent inductance and apparent resistance of reactor that will effect impedance to reduce as well. We will consider characteristics of iron core saturation control in this thesis by build reactor and test it with series connection between alternating current source which has constant voltage and varied load. After that we will supply alternating current and direct current to produce alternating magnetomotive force and unidirectional magnetomotive force. By characteristics of iron core because of effect of additive and subtraction of flux produced by both magnetomotive force it will cause characteristics of reactor change from the original. In the following we will bring results from testing compare with theory.

บทนำ

ในสมัยแรกทฤษฎีเรเบิลรีแอกเตอร์ถูกใช้เป็นรีแอกเตอร์ปรับค่าได้สำหรับควบคุมกระแสไฟฟ้าสลับ เช่น ในการหรีไฟในโรงหนัง แต่การประยุกต์ใช้งานที่สำคัญคือ ใช้ปรับเปลี่ยนค่าอินพุตเล็กในส่วนขดลวดควบคุม เพื่อให้ได้การเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นสัดส่วนในเอาต์พุตค่าใหญ่ และการจัดทฤษฎีเรเบิลรีแอกเตอร์และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องนี้รวมเรียกว่าวงจรขยายทางแม่เหล็ก (magnetic amplifier) ปัจจุบันอุปกรณ์นี้ถูกแทนที่ด้วย SCR ที่มีขนาดเล็กกว่าและราคาถูกกว่าและให้อัตราขยายสูงแต่ข้อได้เปรียบของทฤษฎีเรเบิลรีแอกเตอร์คือมันสามารถถูกออกแบบสำหรับที่ แรงดัน, กระแส และกำลังไฟฟ้าใดก็ได้ มันยังทนต่อสภาพภาระเกินขนาด (over-load) ชั่วคราวได้และยังมีแนวโน้มการผลิตงานเขียนต์ความถี่สูง (high-voltage transient) น้อยกว่า SCR ที่มีปัญหาในการตอบสนองสัญญาณและในวงจรแรงดันสูง ทฤษฎีเรเบิลรีแอกเตอร์จะมีขดลวดควบคุมกระแสที่ไหลผ่านมันจะเป็นตัวกำหนดการอิมิตัวของแกนเหล็ก ซึ่งมีข้อกำหนด 2 ประการคือ แรงดันจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าสลับจะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันที่ไม่ต้องการในขดลวดควบคุม และ ช่วงเวลาการตอบสนองของวงจรจะช้า

จุดประสงค์ที่ใช้สัญญาณกระแสตรงก็คือจะให้รีแอกเตอร์อิมิตัวและมีผลให้ค่าอิมิตัวแดนซ์ของตัวมันเปลี่ยนแปลง ลักษณะการทำงานของรีแอกเตอร์นั้นเป็นเหมือนสวิตช์ที่มีการเปลี่ยนแปลงอิมิตัวแดนซ์ในแต่ละครึ่งไซเคิลของแหล่งจ่ายไฟสลับ เมื่อรีแอกเตอร์ยังไม่อิมิตัวค่าอิมิตัวแดนซ์ของตัวมันจะสูง เมื่อเทียบกับภาระที่ต่ออยู่ ดังนั้นกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายส่วนใหญ่จะจ่ายให้กับตัวรีแอกเตอร์ แต่เมื่อรีแอกเตอร์อิมิตัวค่าอิมิตัวแดนซ์ของตัวมันจะต่ำลงมากทำให้กำลังไฟฟ้าที่จ่ายมาตกคร่อมที่ภาระเกือบหมด เนื่องจากเราใช้สัญญาณไฟตรงควบคุมจึงสามารถใช้ควบคุมการอิมิตัวของรีแอกเตอร์เพื่อควบคุมกำลังไฟฟ้าที่จ่ายไปยังภาระ จากหลักการนี้เองจึงมีการนำไปประยุกต์ใช้งานหลายอย่างนอกจากวงจรหรีไฟในโรงหนังที่กล่าวในตอนแรกแล้วก็ยังมีนำไปใช้รักษาแรงดันของหม้อแปลง (ซึ่งต่อเป็นภาระของรีแอกเตอร์) ให้คงที่โดยใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ป้อนกลับไปยังขดลวดควบคุม เพื่อเพิ่มหรือลดสัญญาณกระแสตรงซึ่งเป็นการเพิ่มหรือลดแรงดันตกคร่อมหม้อแปลงนั่นเอง การประยุกต์ใช้งานอีกแบบคือใช้เป็นวงจรกระแสตรงในวงจรแบบแยกจากวงจร (isolated current-sensing) หลักการก็คล้ายกับหม้อแปลงกระแส (current transformer) แต่แทนที่จะใช้หม้อแปลงก็ใช้รีแอกเตอร์ที่มีแหล่งจ่ายไฟสลับแทน และสัญญาณที่ได้ก็แปลงเป็นสัญญาณกระแสตรงเพื่อนำไปตรวจสอบกระแสตรงที่สอดผ่านตัวรีแอกเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการของแทรกเตอร์เบิลรีแอกเตอร์

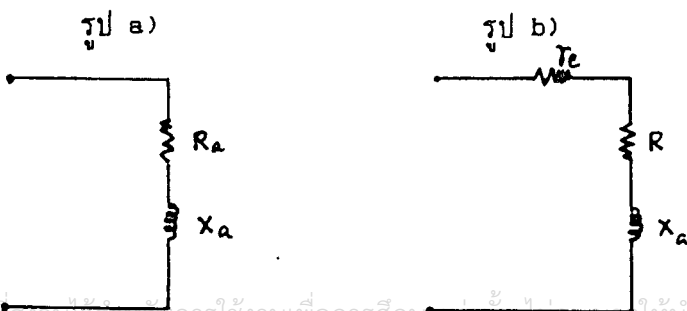
2.1 คุณสมบัติทั่วไปของรีแอกเตอร์แกนเหล็ก

รีแอกเตอร์ที่สร้างขึ้นเพื่อนำเอาคุณสมบัติเกี่ยวกับค่าความเหนี่ยวนำมาใช้งานเราเรียกว่า รีแอกเตอร์ เราสามารถใช้ได้ทั้งที่แกนเป็นเหล็ก หรือ แกนที่ไม่มีคุณสมบัติความเป็นแม่เหล็ก (nonmagnetic core) ที่มีค่าความเหนี่ยวนำคงที่ แต่โดยมากเราจะใช้แกนที่เป็นเหล็กแทน เพื่อที่จะลดขนาดของขดลวด, ความต้านทานที่เกิดจากการพันขดลวด, น้ำหนักของรีแอกเตอร์หรือทั้งสามอย่าง และข้อที่ได้เปรียบอีกอย่างของแกนเหล็กก็คือ ลักษณะทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กเกือบทั้งหมดจะอยู่ในแกนเหล็ก ดังนั้นที่ค่าความเหนี่ยวนำเดียวกันการกระจายของเส้นแรงแม่เหล็กไปในบริเวณรอบนอกตัวรีแอกเตอร์จะน้อยกว่าแกนที่เป็นอากาศ ด้วยเหตุนี้ลักษณะการเกี่ยวพันทางแม่เหล็กของรีแอกเตอร์แกนเหล็ก ก็บวกรอื่นที่อยู่ใกล้เคียงกันจะมีน้อยกว่าแกนอากาศ

แต่การใช้แกนที่เป็นเหล็กจะเกิดผลที่เราไม่ต้องการ คือ ค่าความสูญเสียในแกนเหล็ก ซึ่งจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นที่แกน และจะจำกัดการใช้ประโยชน์ของอุปกรณ์นี้ คุณสมบัติความไม่เป็นเชิงเส้นของการสร้างอำนาจแม่เหล็ก จะทำให้ค่าความเหนี่ยวนำขึ้นอยู่กับค่าเส้นแรงแม่เหล็ก ซึ่งเราจะนำเอาคุณสมบัติอันนี้มาใช้งานในลักษณะของ รีแอกเตอร์ที่มีการอิ่มตัวในแกนเหล็ก

วงจรสมมูลย์:

ในการวิเคราะห์วงจรของรีแอกเตอร์แกนเหล็ก (iron-core reactor) เราสามารถที่จะแสดงวงจรสมมูลย์โดยมีพารามิเตอร์ (parameter) ต่าง ๆ อยู่ในวงจรโดยคุณสมบัติของพารามิเตอร์แต่ละตัวที่ประกอบอยู่ในวงจรจะแสดงผลที่มีต่อรีแอกเตอร์ (reactor)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น. อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_a = P / (I)^2 \quad (1)$$

$$X_a = \text{SQRT} < (V/I)^2 - (R_a)^2 > \quad (2)$$

R_a = ค่าความต้านทานเสมือน

X_a = ค่ารีแอกแตนซ์เสมือน (apparent reactance)

R = ค่าความต้านทานของขดลวด (effective resistance of winding)

r_c = ค่าความต้านทานสมมูลที่ทำให้เกิดการสูญเสียในแกนเหล็ก

ค่า R_a และ R, r_c เป็นตัวที่ทำให้เกิดกำลังสูญเสียมีค่าเท่ากับกำลังสูญเสียทั้งหมด (P) ในรีแอกเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยกำลังที่สูญเสียในแกนเหล็ก (core loss, P_c) รวมกับกำลังที่สูญเสียในตัวนำทองแดง ($I^2 R$) ซึ่งค่า R เป็นค่าความต้านทานจริงของขดลวด เราสามารถที่จะชี้ให้เห็นองค์ประกอบของการสูญเสีย โดยการแยกความต้านทานออกจากกันในรูปแบบ **๑), ๒)** จึงมีความจำเป็น ซึ่ง R คือค่าความต้านทานจริง และ r_c คือค่าความต้านทานสมมูลที่ทำให้เกิดความสูญเสียในแกน ซึ่งเราสามารถที่จะแสดงในรูปของสมการได้ดังนี้

$$\text{ค่าความสูญเสียในรีแอกเตอร์} = \text{ค่าสูญเสียในขดลวด} + \text{ค่าสูญเสียในแกน} \quad (3)$$

$$I^2 R_a = I^2 R + \text{core loss} \quad (4)$$

$$\text{core loss} = \text{eddy current loss} + \text{hysteresis loss} \quad (5)$$

ในทางทฤษฎีของหม้อแปลงมีการกระจายค่ารีแอกแตนซ์เสมือน (X_a) เป็นองค์ประกอบของเส้นแรงแม่เหล็กที่รั่วไหล (flux leakage) และองค์ประกอบของเส้นแรงแม่เหล็กในแกน (core-flux) แม้ว่าในหม้อแปลงที่จ่ายภาระอยู่ ค่าการรั่วไหลของเส้นแรงแม่เหล็กจะมีความสำคัญแต่ในหม้อแปลงที่ไม่ได้จ่ายภาระ และในรีแอกเตอร์ที่มีแกนเหล็กค่าการรั่วไหลของเส้นแรงแม่เหล็กจะมีค่าน้อยมาก ด้วยเหตุนี้ค่ารีแอกแตนซ์เสมือนในทางปฏิบัติจะถือว่าเป็น รีแอกแตนซ์เนื่องจากเส้นแรงแม่เหล็กในแกนเหล็ก

เนื่องจากคุณสมบัติทางแม่เหล็กของแกนเหล็ก แซททูเรเบิลรีแอกเตอร์สามารถจะ

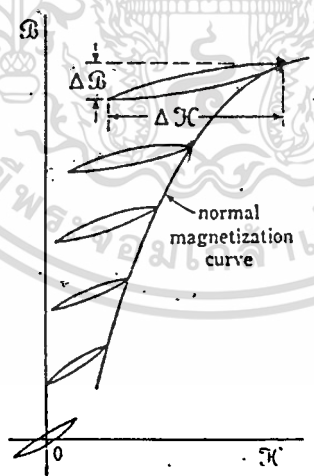
แสดงเป็นวงจรสมมูลที่มีความละเอียดได้อสมการซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ที่เราสมมติให้มีค่าคงที่ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และไม่ขึ้นอยู่กับการตัดค่าไฟฟ้าและความถี่ ถ้าความถี่คงที่การสมมุติให้ค่าพารามิเตอร์ r_c, X_a ในรูป a), b) ไม่ขึ้นกับการตัดค่าไฟฟ้า ก็เท่ากับเป็นการสมมุติให้ค่ากระแสเป็นสัดส่วนกับเส้นแรงแม่เหล็กและค่าความสูญเสียในแกนจะเป็นสัดส่วนกับกำลังสองของเส้นแรง

วงจรสมมุติทั้งคู่จะให้ผลที่เหมือนกันอันไหนมีความสะดวกมากกว่าในการใช้งานก็จะนำมาใช้ ในรีแอกเตอร์ค่าของกระแสจะเพิ่มเร็วกว่าเส้นแรง การสูญเสียเนื่องจากกระแสไหลวนจะเปลี่ยนตามกำลังสองของเส้นแรงและการสูญเสียเนื่องจากฮิสเทอเรซิสสมมุติได้ว่าเปลี่ยนแปลงตามกำลังสองของเส้นแรงเหมือนกัน

2.2 คุณสมบัติของเหล็ก ในการรวมกันของแรงเคลื่อนแม่เหล็กตรงและสลับ

เมื่อแรงเคลื่อนแม่เหล็กทิศเดียวและสลับ ถูกป้อนพร้อม ๆ กันโดยชุดกระตุ้น จะมีผลทำให้วัฏจักรของการสร้างแรงเคลื่อนแม่เหล็ก (hysteresis loop) ไม่สมมาตรและแตกต่างกันที่ค่าแรงเคลื่อนแม่เหล็กทิศเดียวต่างกัน ลักษณะของวัฏจักร (loop) ต่าง ๆ จะแสดงดังรูป c)



รูป c)

ค่าองค์ประกอบมีทิศทางเดียวของแรงเคลื่อนแม่เหล็ก (H) ของแต่ละวัฏจักรจะมีค่าที่ต่างกัน แต่ค่าแอมพลิจูด (amplitude) ขององค์ประกอบสลับของความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (B) จะมีค่าเหมือนกัน

คุณสมบัติที่สำคัญของเหล็กคือ ค่าเฉลี่ยเสมือนของความซึมซาบแม่เหล็กที่เพิ่มขึ้น (incremental permeability) สำหรับองค์ประกอบสลับของแรงเคลื่อนแม่เหล็ก ความซึมซาบไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม่เหล็กที่เพิ่มขึ้นนี้จะประมาณได้ว่าเป็นสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยของความชัน $(\Delta B)/(\Delta H)$ ของวัฏจักรเล็ก ๆ (minor loop) ขนาดของมันสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{incremental permeability} = \Delta B / \Delta H \quad (6)$$

$$= \text{ประมาณ } (\Delta B) / (\Delta H) \quad (7)$$

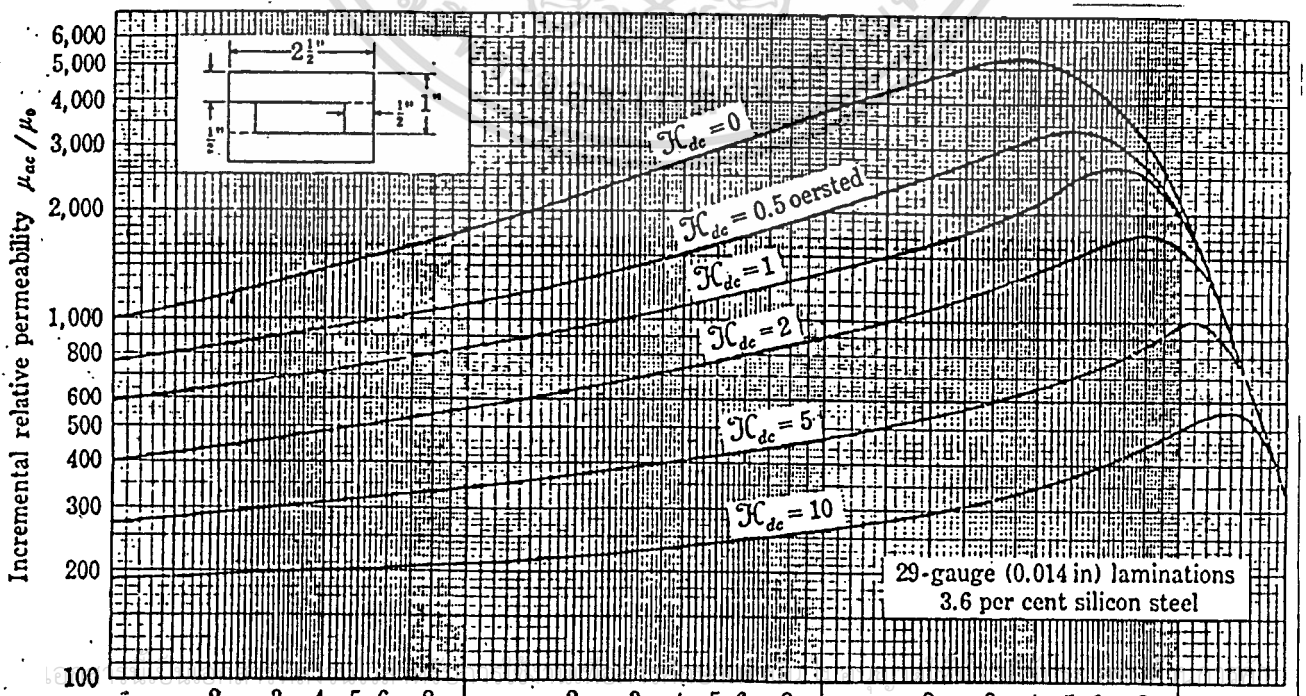
หรือเมื่อสมมติให้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะซายน์ (sinusoidal)

$$\text{incremental permeability } (\mu_{ac}) = B_{rms} / H_{rms} \quad (8)$$

หลัก 2 อย่างที่เราสามารถที่จะพิจารณาได้จากรูปของวัฏจักรการสร้างแรงเคลื่อนแม่เหล็ก (hysteresis loop) รูป c)

อย่างแรก: พบว่าค่าความซึมซาบแม่เหล็กที่เพิ่มขึ้น (incremental permeability, μ_{ac}) มีค่าความชันน้อยกว่าค่าความชันของความชันของโค้งแรงเคลื่อนแม่เหล็กที่การทำงานปกติ ตามอัตราส่วนของแรงเคลื่อนแม่เหล็กที่คิดเดี่ยว นั่นคือ ค่า apparent permeability ของสารเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของแรงเคลื่อนแม่เหล็กที่เป็นวัฏจักร ไม่สามารถหาได้จากกราฟวัดจากความชันของ โค้งแรงเคลื่อนแม่เหล็กปกติ

อย่างที่สอง: ค่าแรงเคลื่อนแม่เหล็กทางเดียวที่มีค่ายิ่งมาก จะทำให้ความซึมซาบแม่เหล็กที่เพิ่มขึ้น (incremental permeability) ยิ่งน้อย หลักการนี้แสดงในรูป c) เป็นการเพิ่มช่วงของวัฏจักรของแรงเคลื่อนแม่เหล็ก (H) โดยต้องการวัฏจักรของความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก (B) อันเดิม เมื่อค่าแรงเคลื่อนแม่เหล็กทางเดียวมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนยิ่งขึ้นในรูป d)



ในกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้เปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิง 1,000 ของเอกสารทุกครั้งที่มีกา 10,000 ใช้

การใช้หลักคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์มักจะไม่นิยมในทางปฏิบัติ เนื่องจากมีลักษณะของความไม่เชิงเส้นเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยใช้วิธีการประมาณค่าในการวิเคราะห์โดยนำข้อมูลมาแสดงอยู่ในรูปกราฟมาอธิบายปรากฏการณ์ของรีแอคเตอร์แกนเหล็ก ที่มีการรวมกันของแรงเคลื่อนแม่เหล็กทีศเดียวและสลับทิศโดยใช้โด่งของความซึมซาบแม่เหล็กที่เพิ่มขึ้น (μ_{ac}) เป็นฟังก์ชันของค่ามากที่สุดของความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก ซึ่งมีแรงเคลื่อนแม่เหล็กทีศเดียว (H_{dc}) เป็นตัวพารามิเตอร์

ค่าของความซึมซาบแม่เหล็กที่เพิ่มขึ้น (incremental permeability) จะมีค่าขึ้นอยู่กับแรงเคลื่อนแม่เหล็กทีศเดียว (H_{dc}) โดยจะมีค่าแปรผกผันกับ H_{dc} เมื่อ H_{dc} เพิ่มขึ้น ทำให้ ความซึมซาบแม่เหล็กที่เพิ่มขึ้น (incremental permeability) ลดลง ทำให้ค่าความเหนี่ยวนำเสมือน (apparent inductance) มีค่าน้อยลง จากสมการของค่า ความเหนี่ยวนำแกนเหล็กที่มีคุณสมบัติของการสร้างเส้นแรงแม่เหล็กที่ไม่เชิงเส้น ค่าของความซึมซาบแม่เหล็กจะไม่คงที่

$$L = N \cdot d(\phi) / dI \quad (9)$$

$$dI = (1/N) / dH \quad (10)$$

$$d(\phi) = A \cdot dB \quad (11)$$

$$L = (N^2 A / l) \cdot (dB/dH) \quad (12)$$

$$L = (N^2 A \cdot \mu_{ac}) / l \quad (13)$$

$$X_a = \omega L \quad (14)$$

N = จำนวนรอบ

l = ความยาวของวงจรมแม่เหล็ก

A = พื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก

μ_{ac} = ความซึมซาบแม่เหล็กที่เพิ่มขึ้น

L = ค่าความเหนี่ยวนำ

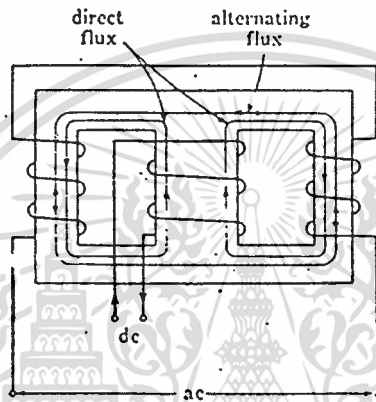
X_a = รีแอคแตนซ์เสมือน

2-3 พฤติกรรมของรีแอคเตอร์แกนเหล็กที่มีการกระตุ้นโดยแรงเคลื่อนแม่เหล็กทีศเดียวและสลับทิศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารตัวอย่าง จะเห็นว่ารีแอคเตอร์มีลักษณะแกนเหล็กเป็นแบบเชลล์ (shell type)

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการต่อของขดลวดกระแสสลับในแบบอนุกรม ขณะที่ไม่มีภาระกระตุ้นกระแสตรง ตามลักษณะการพันของขดลวด เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสสลับจะหักล้างกันพอดีในขากลางที่เราพันขดสำหรับกระแสตรงไว้ และรวมกันนอกขากลาง เมื่อเราป้อนกระแสตรงจะเกิดเส้นแรงแม่เหล็กที่มีทิศทางเดียววิ่งในขากลาง ซึ่งเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะไปเสริมและหักล้างเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสสลับในขาด้านข้างทั้งสอง ทำให้แกนเหล็กทั้งสองข้างอ้อมตัวข้างละครึ่งวัฏจักรของแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ



รูป e)

รีแอกเตอร์ที่เราสร้างขึ้นมานี้ เราจะนำมาต่ออนุกรมอยู่ระหว่างแหล่งจ่ายศักดาตรงที่และภาระ ในตอนแรกค่าของความซึมซาบแม่เหล็กจะมีค่าสูงและทำให้ค่าความเหนี่ยวนำ (reactance) มีค่ามากด้วย ศักดาไฟฟ้าส่วนใหญ่จะตกคร่อมอยู่ที่ตัวรีแอกเตอร์มาก จนกระทั่งเมื่อเราป้อนกระแสตรงให้กับขดลวดสำหรับกระแสตรง (หรือเรียกอีกนัยหนึ่งว่ากระแสกระตุ้น) จะทำให้ค่าความซึมซาบแม่เหล็กลดลง ค่าความเหนี่ยวนำก็จะลดลง ส่งผลให้ศักดาไฟฟ้าไปตกคร่อมที่ภาระมากขึ้น และเนื่องจากค่าศักดาไฟฟ้าที่ตกคร่อมรีแอกเตอร์ลดลง ก็จะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กลดลงจากเดิม นั่นคือค่าของความสูญเสียในแกนเหล็กจะลดลงเท่ากับว่าค่า ความต้านทานสมมูลย์ที่ทำให้เกิดความสูญเสียในแกนเหล็ก (r_c) ลดลงด้วย ในขณะที่ค่าความต้านทานเนื่องจากขดลวด (R) มีค่าคงที่เสมอ เมื่อค่าความต้านทานทั้งสองรวมกันเราจะได้ว่าค่าความต้านทานเสมือนมีค่าลดลง และเมื่อพิจารณาจากสมการที่ (15) จะเห็นว่าค่าอิมพีแดนซ์ของรีแอกเตอร์ลดลง

$$\text{ค่าอิมพีแดนซ์รวมของรีแอกเตอร์ } (Z_r) = R_a + jX_a \quad (15)$$

ซึ่งส่งผลให้กระแสที่ไหลในวงจรมีค่ามากขึ้น แสดงถึงลักษณะการควบคุมกระแสโดยใช้รีแอกเตอร์ค่า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณและการสร้างแซททูเรเบิลรีแอกเตอร์

3.1 การออกแบบแซททูเรเบิลรีแอกเตอร์

สำหรับการออกแบบและการสร้างแซททูเรเบิลรีแอกเตอร์เพื่อใช้ในโปรเจกต์นี้มีวิธีคล้ายกับการออกแบบและการสร้างหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟสต่างกันที่ขดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิของแซททูเรเบิลรีแอกเตอร์จะพันบนขาข้างของหม้อแปลงแบบเซลล์และจะมีขดลวดสำหรับไฟกระแสตรงพันบนขากลางของหม้อแปลง เนื่องจากในห้องทดลองมีแวลวี่แอกขนาดสูงสุด 260 โวลต์ ดังนั้นจึงออกแบบให้ขดลวดไฟกระแสสลับของแซททูเรเบิลรีแอกเตอร์รับไฟสูงสุดขดละ 130 โวลต์ ซึ่งเมื่อนำขดทั้งสองมาต่ออนุกรมกันจะเป็น 260 โวลต์ เหล็กที่ใช้ใช้แบบ Z-10 ซึ่งกำหนดให้ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กมีค่าเท่ากับ 1.3 เทสลา เพื่อให้จุดทำงานอยู่ในช่วงที่เป็นเชิงเส้นของเส้นโค้งกำเนิดแม่เหล็ก เหล็กนี้มีความหนา 0.2 มิลลิเมตร เมื่อประกอบเป็นแกน EI แล้วจะมี *staggering factor* (สแตกกิ้ง แฟคเตอร์) เท่ากับ 0.95 ที่ความถี่ไฟ 50 ไซเคิลต่อวินาที และจากเหล็กขนาดที่มีอยู่คือขนาด 8*16 กับ 4*24 ตาราง เซ็นติเมตร จึงกำหนดให้พื้นที่หน้าตัดของขาที่รับไฟสลับเท่ากับ 4*8 ตาราง เซ็นติเมตร และขาที่ใช้รับไฟตรงมีขนาด 8*8 ตาราง เซ็นติเมตร (เพราะว่าหม้อแปลงแบบเซลล์ขากลางจะต้องกว้างเป็นสองเท่าของขาข้าง) จากสมการ

$$E = 4.44 N f B A s f$$

N = จำนวนรอบของขดลวด

f = ความถี่ไฟจากแหล่งจ่าย (ไซเคิลต่อวินาที)

B = ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก (เทสลา)

A = พื้นที่หน้าตัดของขาข้าง (ตารางเมตร)

sf = สแตกกิ้ง แฟคเตอร์

E = แรงดันสูงสุดที่จ่ายได้ (โวลต์)

$$E/N = 4.44 * 50 * 1.3 * 32 * 0.0001 * 0.95$$

$$= 0.9 \text{ โวลต์ต่อรอบ}$$

เพื่อที่จะหาค่าที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานและศึกษาผลของจำนวนฟลักซ์แม่เหล็กกับคุณสมบัติต่างๆของแซททูเรเบิลรีแอกเตอร์จึงแทบขดลวดออกมาที่จำนวนรอบต่างๆกัน เนื่องจากแรงดันของแหล่งจ่ายไฟสูงสุดมีค่าเท่ากับ 260 โวลต์ ดังนั้นแรงดันคร่อมแต่ละขดสูงสุดเท่ากับ 130 โวลต์

$$\text{จาก } E/N = 0.9$$

และ $E = 130$ โวลต์ ดังนั้นต้องพันขดลวดในแต่ละขาเท่ากับ $130/0.9 = 144$ รอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า และแทบขดลวดออกมาให้แรงดันที่ $E = 120$ โวลต์ แทบขดลวดที่ 133 รอบ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ E=110 โวลท์ แทปขดลวดที่ 122 รอบ
และ ที่ E=100 โวลท์ แทปขดลวดที่ 111 รอบ

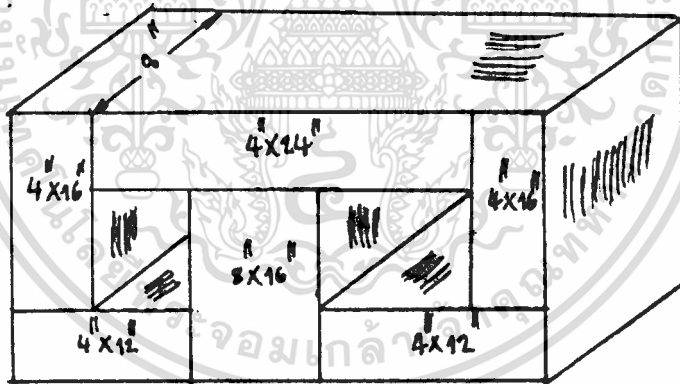
การพันใช้ลวดSWG เบอร์ 11 สำหรับขดลวดไฟฟ้ากระแสสลับหรือเรียกว่าขดลวดหลักที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร พื้นที่หน้าตัด 6.914 ตารางมิลลิเมตรและความต้านทาน 1.703 โอห์มต่อ100เมตร โดยพันเป็น 4 ขด

1. ขดละ 1000 รอบ
2. ขดละ 1000 รอบ
3. ขดละ 500 รอบ
4. ขดละ 500 รอบ

3.2 การสร้างแซกทูเรเบิลรีแอกเตอร์

การตัดประกอบแกนเหล็กและบ็อบบิ้นเพื่อใช้สร้างแซกทูเรเบิลรีแอกเตอร์นั้นใช้วิธีเดียวกับการสร้างหม้อแปลงไฟฟ้า รูป1.และ2. แสดงขนาดของแกนเหล็กและบ็อบบิ้นตามลำดับ

รูป1.แสดงขนาดของแกนเหล็ก

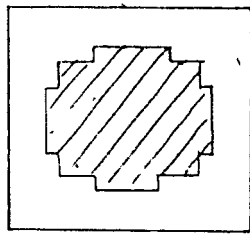


รูป2.แสดงขนาดของบ็อบบิ้น

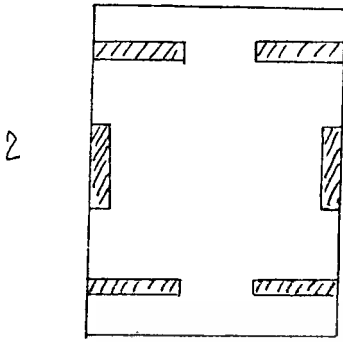
- สำหรับขากลาง
1. 15*15
 2. 15*9
 3. 12*9
- สำหรับขาข้าง
1. 11*15
 2. 15*5
 3. 12*9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

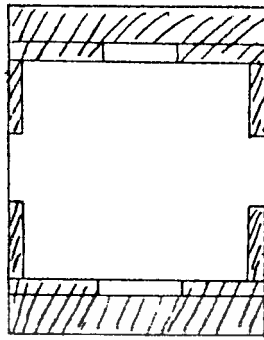
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1



2



3

หลังจากประกอบแกนE1แล้วก็ต่อเทอร์มินอลออกมาดังรูป3.

↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ INPUT DC.

⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗

1. ต้นขดด้านขาซ้าย
2. แทปที่ 111 ของขาซ้าย
3. แทปที่ 122 ของขาซ้าย
4. แทปที่ 133 ของขาซ้าย
5. แทปที่ 144 ของขาซ้าย(ปลายขด)
6. ต้นขดควบคุม 1000 รอบ(ชุดแรก)
7. ปลายขดควบคุม 1000 รอบ(ชุดแรก)
8. ต้นขดควบคุม 1000 รอบ(ชุดสอง)
9. ปลายขดควบคุม 1000 รอบ(ชุดสอง)
10. ต้นขดควบคุม 500 รอบ(ชุดแรก)
11. ปลายขดควบคุม 500 รอบ(ชุดแรก)
12. ต้นขดควบคุม 500 รอบ(ชุดสอง)
13. ปลายขดควบคุม 500 รอบ(ชุดสอง)
14. สำรอง
15. สำรอง
16. ปลายขดด้านขาขวา(144 รอบ)
17. แทปที่ 133 รอบ(ขาด้านขวา)
18. แทปที่ 122 รอบ(ขาด้านขวา)
19. แทปที่ 111 รอบ(ขาด้านขวา)
20. ต้นขดด้านขาขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การทดสอบรีแอกเตอร์เบื้องต้น

3.3.1 การทดสอบเพื่อหาเส้นโค้งกำเนิดแม่เหล็ก

จุดประสงค์ก็เพื่อเป็นการทดสอบหาชนิดแรงดันของขดลวดแต่ละแท่งสำหรับนำไปใช้
ในการทดสอบแบบอื่นๆ

ตารางแสดงผลการทดลองและกราฟแสดงเส้นโค้งกำเนิดแม่เหล็กของแต่ละขด

N1=N2

111		122		133		144	
โวลท์	แอมป์	โวลท์	แอมป์	โวลท์	แอมป์	โวลท์	แอมป์
108	0.2	120	0.2	125	0.2	146	0.2
121	0.4	136	0.4	142	0.4	164	0.2
130	0.6	144	0.6	153	0.6	177	0.6
138	0.8	152	0.8	161	0.8	186	0.8
143	1.0	160	1.0	168	1.0	194	1.0
149	1.2	166	1.2	174	1.2	200	1.2
153	1.4	170	1.4	199	1.4	207	1.4
157	1.6	178	1.6	184	1.6	212	1.6
161	1.8	180	1.8	188	1.8	217	1.8
164	2.0	184	2.0	192	2.0	222	2.0
168	2.2	188	2.2	196	2.2	226	2.2
170	2.4	190	2.4	199	2.4	229	2.4
173	2.6	194	2.6	202	2.6	232	2.6
176	2.8	198	2.8	205	2.8	235	2.8
178	3.0	200	3.0	207	3.0	238	3.0
180	3.2	202	3.2	210	3.2	242	3.2
182	3.4	204	3.4	212	3.4	245	3.4
184	3.6	206	3.6	214	3.6	247	3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การทดลองด้วยวิธี V-I method เพื่อหาความต้านทานของขดลวดควบคุม

I_{dc}	V_{dc}
0.1	4.5
0.2	8.8
0.3	13.2
0.4	17.7
0.5	22
0.6	26.4
0.7	31
0.8	35
0.9	39
1.0	44

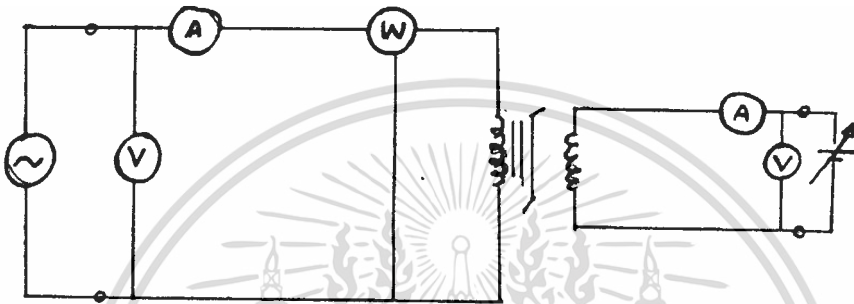


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

บทนี้จะอธิบายถึงที่ใช้วงจรทดสอบและวิธีที่ใช้ทดสอบรวมไปถึงผลการทดสอบที่ได้ โดยวงจรที่ใช้ทดลองมี 5 วงจร แต่ละวงจรก็มีการเปลี่ยนจำนวนรอบของขดลวดทั้งขดหลักและขดควบคุม นอกจากนั้นก็เขียนกราฟ และ เพลสเซอร์ที่ได้จากการทดลองด้วย

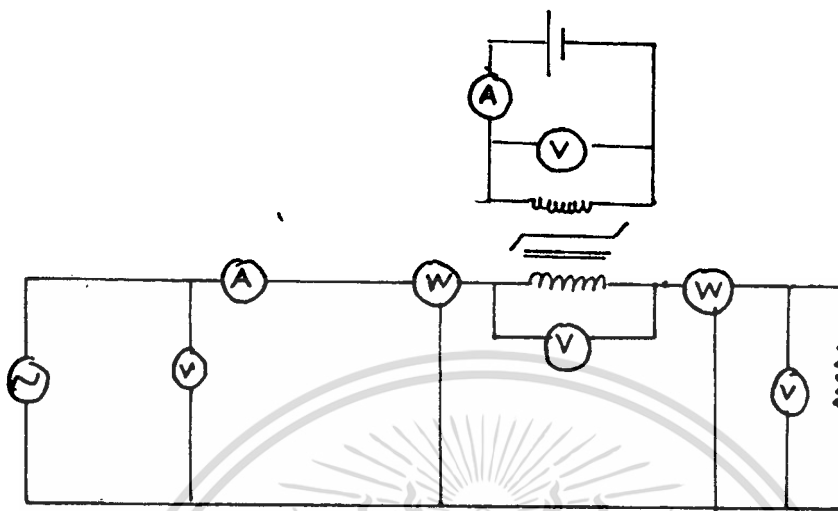


รูปที่ 1

วิธีการทดลอง:

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 1 โดยกำหนดจำนวนรอบของขดลวดกระแสสลับ (N_{ac}) และขดลวดกระแสตรง (N_{dc}) ที่จำนวนรอบหนึ่ง
2. ปรับค่าศักดาไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย (V_{ac}) ให้ได้ค่าที่เรากำหนด
3. บ่อนค่าของกระแสตรง (I_{dc}) โดยเพิ่มทีละ 0.1 แอมแปร์ จนกระทั่งค่าของกระแสสลับ (I_{ac}) ถึงค่าจำกัด
4. บันทึกค่าของศักดาไฟฟ้ากระแสตรง (V_{dc}), ค่าของกระแสสลับ, ค่าของพลังงานที่บ่อน (W_{ac}) ที่ทุกค่าของกระแสตรง (I_{dc})
5. เปลี่ยนจำนวนรอบของขดลวดกระแสตรง ที่ 1000, 2000, 3000 ทำการทดลองตามข้อ 1 ถึง 4
6. เปลี่ยนจำนวนรอบของขดลวดกระแสสลับ ทำการทดลองตามข้อ 1 ถึง 5
7. นำข้อมูลที่บันทึกได้มาคำนวณหาค่า ความต้านทานเสมือนของ (R_a) และค่ารีแอคแตนซ์เสมือน (X_a) ของรีแอคเตอร์
8. นำค่าของความต้านทานเสมือนและรีแอคแตนซ์เสมือน ไปเขียนกราฟเทียบกับค่าของกระแสตรงที่บ่อนให้รีแอคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

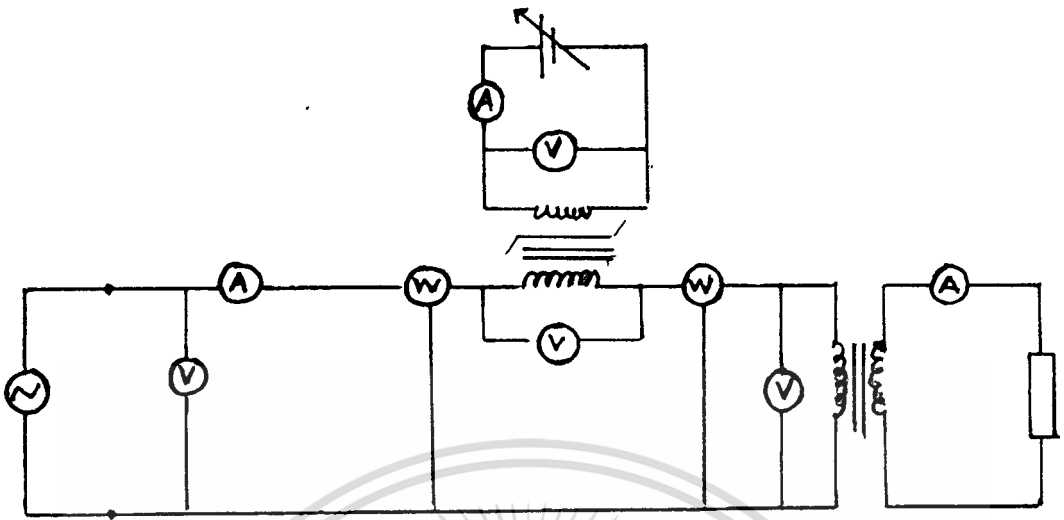


รูปที่ 2

วิธีการทดลอง:

1. ต่อดวงจรตามรูปที่ 2 โดยกำหนดจำนวนรอบของขดลวดกระแสสลับ (N_{ac}) และขดลวดกระแสตรง (N_{dc}) ที่จำนวนรอบหนึ่ง
2. ปรับค่าคักดาไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย (V_{ac}) ให้ได้ค่าที่เรากำหนด
3. บ่อนค่าของกระแสตรง (I_{dc}) โดยเพิ่มทีละ 0.1 แอมแปร์ จนกระทั่งค่าของกระแสสลับ (I_{ac}) ถึงค่าพิกัด
4. บันทึกค่าของคักดาไฟฟ้ากระแสตรง (V_{dc}), ค่าของพลังงานที่บ่อน (W_{tco}), ค่าของพลังงานที่สูญเสียในภาวะความต้านทาน (W_1), คักดาไฟฟ้าที่ตกคร่อมรีแอคเตอร์ (V_r), ค่าของกระแสสลับ (I_{ac}) ที่ทุกค่าของกระแสตรง (I_{dc})
5. เปลี่ยนจำนวนรอบของขดลวดกระแสตรง ที่ 1000, 2000, 3000 ทำการทดลองตามข้อ 1 ถึง 4
6. นำข้อมูลที่มีบันทึกได้มาคำนวณหาค่า ความต้านทานเสมือนของ (R_a), ค่ารีแอคแตนซ์เสมือน (X_a) ของรีแอคเตอร์, พลังงานที่สูญเสียในรีแอคเตอร์ (W_r) และค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์รวมของระบบ
7. นำค่าของความต้านทานเสมือนและรีแอคแตนซ์เสมือน ไปเขียนกราฟเทียบกับค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



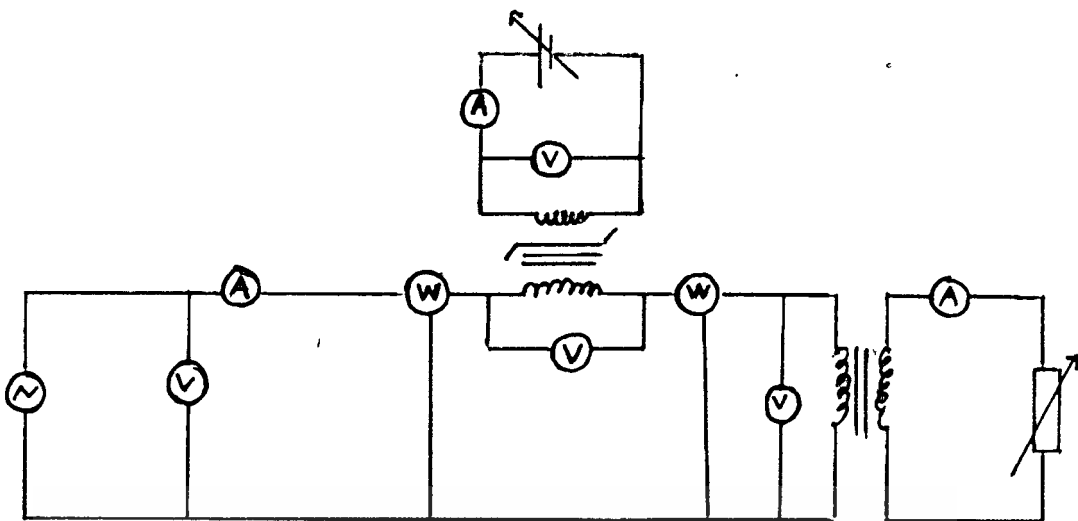
รูปที่ 3

วิธีการทดลอง:

1. ต่อดังรูปตามรูปที่ 3 โดยกำหนดจำนวนรอบของขดลวดกระแสสลับ (N_{ac}) และขดลวดกระแสตรง (N_{dc}) ที่จำนวนรอบหนึ่ง
2. ปรับค่าศักดาไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย (V_{ac}) ให้ได้ค่าที่เรากำหนด
3. บ่อนค่าของกระแสตรง (I_{dc}) โดยเพิ่มทีละ 0.1 แอมแปร์ จนกระทั่งค่าของกระแสสลับ (I_{ac}) ถึงค่าวิกฤต
4. บันทึกค่าของศักดาไฟฟ้ากระแสตรง (V_{dc}) ,ค่าของพลังงานที่บ่อน (W_{bo}) ,ค่าของพลังงานที่สูญเสียในหม้อแปลง (W_{tr}) , ศักดาไฟฟ้าที่ตกคร่อมรีแอคเตอร์ (V_r) , ศักดาไฟฟ้าที่ขดรับไฟของหม้อแปลง (V_t) ,ค่าของกระแสสลับทางด้านรับไฟของหม้อแปลง (I_{ac1}) ,ค่าของกระแสสลับทางด้านจ่ายไฟของหม้อแปลง (I_{ac2}) ที่ทุกค่าของกระแสตรง (I_{dc})
5. เปลี่ยนจำนวนรอบของขดลวดกระแสตรง ที่ 1000, 2000, 3000 ทำการทดลองตามข้อ 1 ถึง 4
6. เปลี่ยนจำนวนรอบของขดลวดกระแสสลับ ทำการทดลองตามข้อ 1 ถึง 5
7. นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหา ค่าความต้านทานเสมือนของ (R_a) ,ค่ารีแอคแตนซ์เสมือน (X_a) ของรีแอคเตอร์, พลังงานที่สูญเสียในรีแอคเตอร์ (W_r) ,ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของหม้อแปลงและค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์รวมของระบบ
8. นำค่าของความต้านทานเสมือนและรีแอคแตนซ์เสมือน ไปเขียนกราฟเทียบกับค่าของกระแสตรงที่บ่อนให้รีแอคเตอร์

เอกสารนี้เป็นของศูนย์วิจัยพลังงานเพื่อการเรียนรู้และการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



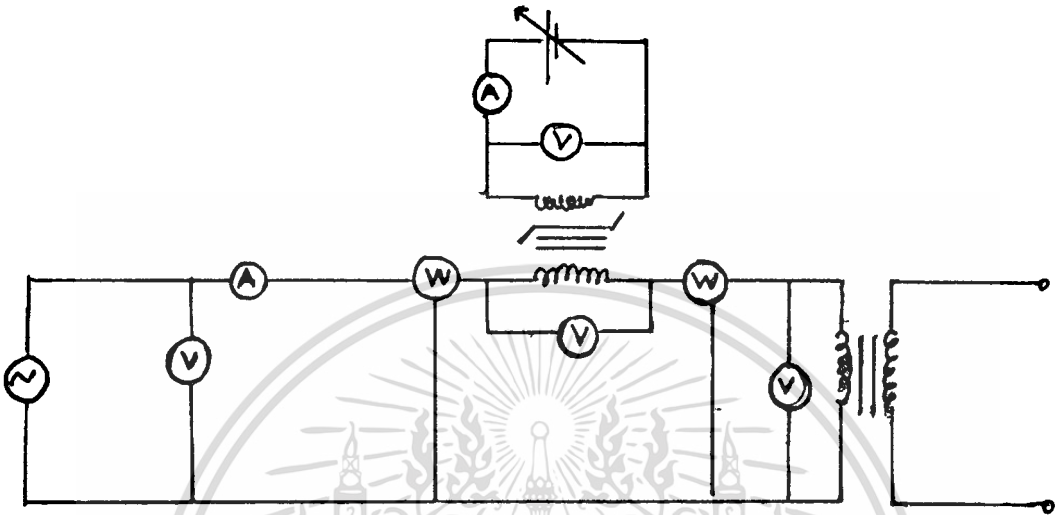
รูปที่ 4

วิธีการทดลอง:

1. ต่อกวงจรตามรูปที่ 4 โดยกำหนดจำนวนรอบของขดลวดกระแสสลับ (N_{ac}) 144 รอบ และขดลวดกระแสตรง (N_{dc}) 1000 รอบ
2. ปรับค่าศักดาไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย (V_{ac}) ให้ได้ค่าที่เรากำหนด
3. บ่อนค่าของกระแสตรง (I_{dc}) ให้ได้ค่าของศักดาทางด้านขดรับไฟของหม้อแปลง (V_t) ได้ค่าที่กำหนด ในขณะที่หม้อแปลงไม่มีภาระ (no load)
4. บันทึกค่าของศักดาไฟฟ้ากระแสตรง (V_{dc}), ค่าของพลังงานที่ป้อน (W_{t0}), ค่าของพลังงานที่สูญเสียในหม้อแปลง (W_{tr}), ศักดาไฟฟ้าที่ตกคร่อมรีแอคเตอร์ (V_r), ศักดาไฟฟ้าที่ขดรับไฟของหม้อแปลง (V_t), ค่าของกระแสสลับทางด้านรับไฟของหม้อแปลง (I_{ac1}), ค่าของกระแสสลับทางด้านจ่ายไฟของหม้อแปลง (I_{ac2})
5. เพิ่มภาระให้แก่หม้อแปลงและสังเกตการเปลี่ยนแปลงของค่าต่าง ๆ ในข้อ 4. แล้วบันทึกผล
6. สังเกตดูว่าศักดาไฟฟ้าทางด้านขดรับไฟตกลงหรือไม่ ถ้าตกลงให้ทำการป้อนกระแสตรงเพิ่มเข้าไปเพื่อให้ได้ค่าเท่าเดิม และบันทึกค่าต่าง ๆ ที่เปลี่ยนไป
7. เปลี่ยนศักดาไฟฟ้าที่ขดรับไฟของหม้อแปลงเป็นค่าใหม่และทำการทดลองตามข้อ 1 ถึง 6
8. เปลี่ยนจำนวนรอบของขดลวดกระแสตรง ที่ 3000 ทำการทดลองตามข้อ 1 ถึง 7
9. นำข้อมูลที่บันทึกได้มาคำนวณหา ค่า ความต้านทานเสมือนของ (R_a), ค่ารีแอคแตนซ์เสมือน (X_a) ของรีแอคเตอร์, พลังงานที่สูญเสียในรีแอคเตอร์ (W_r), ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของหม้อแปลงและค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์รวมของระบบ
10. นำค่าของความต้านทานเสมือนและรีแอคแตนซ์เสมือน ไปเขียนกราฟเทียบกับค่าของกระแสตรงที่ป้อนให้รีแอคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5

วิธีการทดลอง:

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 5 โดยกำหนดจำนวนรอบของขดลวดกระแสสลับ (N_{ac}) 1000 และขดลวดกระแสตรง (N_{dc}) ที่ 144 รอบ
2. ปรับค่าคักดาไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย (V_{ac}) ให้ได้ค่าที่เรากำหนด
3. บ้อนค่าของกระแสตรง (I_{dc}) โดยเพิ่มทีละ 0.1 แอมแปร์ จนกระทั่งค่าของกระแสสลับ (I_{ac}) ถึงค่าพิกัด
4. บันทึกค่าของคักดาไฟฟ้ากระแสตรง (V_{dc}), ค่าของพลังงานที่บ้อน (W_{to}) , ค่าของพลังงานที่สูญเสียในหม้อแปลง (W_{tr}) คักดาไฟฟ้าที่ตกคร่อมรีแอคเตอร์ (V_r), คักดาไฟฟ้าที่ชดรับไฟของหม้อแปลง (V_t), ค่าของกระแสสลับ (I_{ac}) ที่ทุกค่าของกระแสตรง (I_{dc})
5. นำข้อมูลที่บันทึกได้มาคำนวณหา ค่า ความต้านทานเสมือนของ (R_a) , ค่ารีแอคแตนซ์เสมือน (X_a) ของรีแอคเตอร์, พลังงานที่สูญเสียในรีแอคเตอร์ (W_r) และค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์รวมของระบบ
6. นำค่าของความต้านทานเสมือนและรีแอคแตนซ์เสมือน ไปเขียนกราฟเทียบกับค่าของกระแสตรงที่บ้อนให้รีแอคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่มอบให้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบเมื่อใช้วงจรตามรูปที่ 1 ที่

$N_{ac} = 144$ รอบ

$N_{dc} = 3000$ รอบ

$V_s = 230$ โวลต์

I_{dc} (amp)	V_{dc} (volt)	I_{ac} (amp)	W_{ac} (watt)	R_a (ohm)	X_a (ohm)	p.f.
0.1	8.70	3.85	50	3.37	59.64	0.06
0.2	17.30	6.30	100	2.52	36.42	0.07
0.3	25.90	8.65	150	2.00	26.51	0.075

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบเมื่อใช้วงจรตามรูปที่ 1 ที่

$N_{ac} = 144$ รอบ

$N_{dc} = 2000$ รอบ

$V_s = 230$ โวลต์

I_{dc} (amp)	V_{dc} (volt)	I_{ac} (amp)	W_{ac} (watt)	R_a (ohm)	X_a (ohm)	p.f.
0.1	6.00	3.12	50	5.14	73.54	0.07
0.2	11.50	4.65	75	3.46	49.34	0.07
0.3	16.50	6.25	100	2.56	36.71	0.07
0.4	22.10	7.90	125	2.00	29.04	0.07
0.5	28.00	9.30	150	1.73	24.64	0.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบเมื่อใช้วงจรตามรูปที่ 1 ที่

$N_{ac} = 144$ รอบ

$N_{dc} = 1000$ รอบ

$V_s = 230$ โวลต์

I_{dc} (amp)	V_{dc} (volt)	I_{ac} (amp)	W_{ac} (watt)	R_a (ohm)	X_a (ohm)	p.f.
0.1	2.80	2.60	40	5.90	88.26	0.06
0.2	5.30	3.10	50	5.20	74.01	0.07
0.3	8.00	3.80	60	4.15	60.38	0.07
0.4	10.60	4.60	75	3.50	49.87	0.07
0.5	14.00	5.40	100	3.42	42.45	0.08
0.6	16.00	6.20	100	2.60	37.00	0.08
0.7	19.00	7.05	125	2.51	32.52	0.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบเมื่อใช้วงจรตามรูปที่ 1 ที่

$N_{ac} = 133$ รอบ

$N_{dc} = 3000$ รอบ

$V_s = 220$ โวลต์

I_{dc} (amp)	V_{dc} (volt)	I_{ac} (amp)	W_{ac} (watt)	R_a (ohm)	X_a (ohm)	p.f
0.1	9.30	4.75	50	2.21	46.40	0.04
0.2	17.60	7.10	100	1.98	31.07	0.06
0.3	26.70	9.70	150	1.59	22.73	0.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบเมื่อใช้วงจรตามรูปที่ 1

ที่ $N_{ac} = 133$ รอบ
 $N_{dc} = 2000$ รอบ
 $V_s = 220$ โวลต์

I_{dc} (amp)	V_{dc} (volt)	I_{ac} (amp)	W_{ac} (watt)	R_a (ohm)	X_a (ohm)	p.f
0.1	6.00	3.90	50	3.28	56.50	0.05
0.2	11.50	5.45	75	2.52	40.52	0.06
0.3	17.20	7.25	100	1.90	30.43	0.06
0.4	22.70	9.00	150	1.85	24.37	0.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

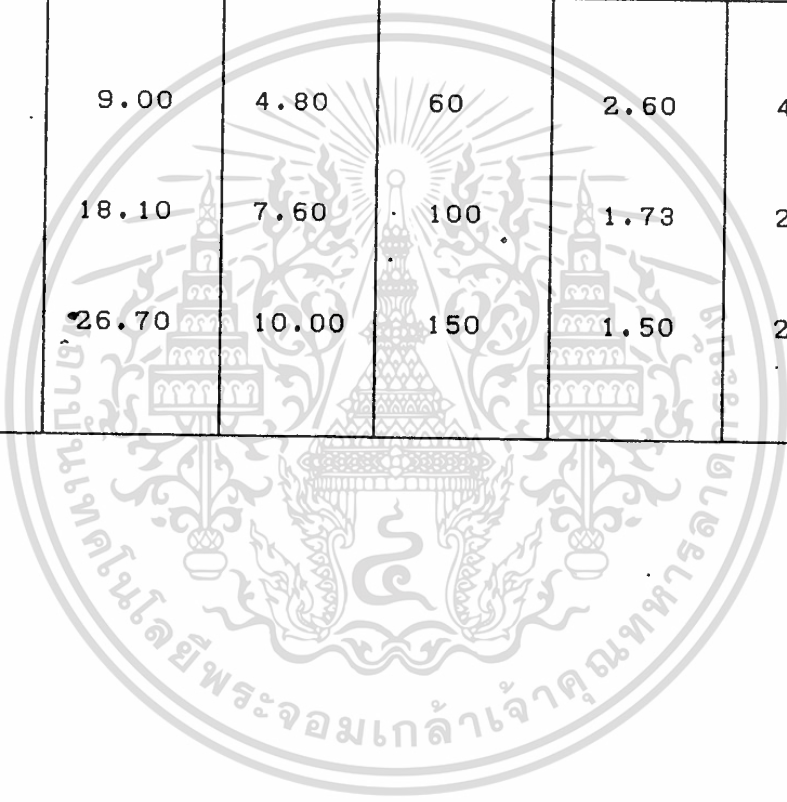
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบเมื่อใช้วงจรตามรูปที่ 1 ที่ $N_{ac} = 133$ รอบ
 $N_{dc} = 1000$ รอบ
 $V_s = 220$ โวลต์

I_{dc} (amp)	V_{dc} (volt)	I_{ac} (amp)	W_{ac} (watt)	R_a (ohm)	X_a (ohm)	p.f
0.1	2.60	3.35	50	4.45	65.87	0.06
0.2	5.40	3.85	50	4.45	57.30	0.06
0.3	8.20	4.60	50	2.36	47.89	0.06
0.4	11.00	5.45	75	2.52	40.45	0.06
0.5	14.00	6.70	100	2.22	33.00	0.07
0.6	16.80	7.15	100	1.95	30.70	0.08

ผลการทดสอบเมื่อต่อวงจรตามรูปที่ 1 ที่ $N_{ac} = 122$ รอบ
 $N_{dc} = 3000$ รอบ
 $V_s = 200$ โวลต์

I_{dc} (amp)	V_{dc} (volt)	I_{ac} (amp)	W_{ac} (watt)	R_a (ohm)	X_a (ohm)	p. f
0.1	9.00	4.80	60	2.60	41.58	0.06
0.2	18.10	7.60	100	1.73	26.39	0.06
0.3	26.70	10.00	150	1.50	20.10	0.07



ผลการทดสอบเมื่อต่อวงจรตามรูปที่ 1 ที่ $N_{ac} = 122$ รอบ
 $N_{dc} = 2000$ รอบ
 $V_s = 200$ โวลต์

I_{dc} (amp)	V_{dc} (volt)	I_{ac} (amp)	W_{ac} (watt)	R_a (ohm)	X_a (ohm)	p.f
0.1	6.10	4.10	50	2.97	48.89	0.06
0.2	11.60	5.75	75	2.26	38.84	0.06
0.3	17.30	7.55	100	1.75	26.56	0.06
0.4	22.90	9.35	150	1.71	20.50	0.08

0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 25 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบเมื่อต่อวงจรตามรูปที่ 1 ที่ $N_{ac} = 122$ รอบ
 $N_{dc} = 1000$ รอบ
 $V_s = 200$ โวลต์

I_{dc} (amp)	V_{dc} (volt)	I_{ac} (amp)	W_{ac} (watt)	R_a (ohm)	X_a (ohm)	p.f
0.1	3.00	3.45	50	4.20	58.12	0.06
0.2	5.60	3.95	50	3.20	50.76	0.06
0.3	8.40	4.85	60	2.50	41.16	0.06
0.4	11.20	5.70	75	2.31	35.15	0.06
0.5	13.80	6.60	85	1.95	30.24	0.06
0.6	16.90	7.55	100	1.75	26.56	0.06

ผลการทดสอบเมื่อต่อวงจรตามรูปที่ 1 ที่ $N_{ac} = 111$ รอบ
 $N_{dc} = 3000$ รอบ
 $V_s = 190$ โวลต์

I_{dc} (amp)	V_{dc} (volt)	I_{ac} (amp)	W_{ac} (watt)	R_a (ohm)	X_a (ohm)	p.f
0.1	8.8	6.25	75	1.92	30.34	0.06
0.2	18.00	8.95	125	1.50	21.17	0.07

ผลการทดสอบเมื่อต่อวงจรตามรูปที่ 1 ที่ $N_{ac} = 111$ รอบ
 $N_{dc} = 2000$ รอบ
 $V_s = 190$ โวลต์

I_{dc} (amp)	V_{dc} (volt)	I_{ac} (amp)	W_{ac} (watt)	R_a (ohm)	X_a (ohm)	p.f
0.1	6.00	5.40	60	2.05	35.12	0.05
0.2	11.50	7.30	75	1.87	25.96	0.06
0.3	17.00	8.90	125	1.57	21.29	0.07

ผลการทดสอบเมื่อต่อวงจรตามรูปที่ 1 ที่ $N_{ac} = 111$ รอบ
 $N_{dc} = 1000$ รอบ
 $V_s = 190$ โวลต์

I_{dc} (amp)	V_{dc} (volt)	I_{ac} (amp)	W_{ac} (watt)	R_a (ohm)	X_a (ohm)	p.f
0.1	3.00	4.80	50	2.17	39.70	0.05
0.2	6.00	5.40	60	2.05	35.3	0.05
0.3	8.50	6.25	75	1.92	34.45	0.05
0.4	11.50	7.30	100	1.87	25.96	0.05
0.5	14.00	8.00	100	1.56	23.8	0.06
0.6	17.50	9.00	125	1.54	21.86	0.07

ผลการทดสอบของวงจรรูปที่ 2 ที่ $N_{ac} = 144$ รอบ

$N_{dc} = 1000$ รอบ

$V_s = 230$ โวลต์

I_{dc} (amp)	V_{dc} (volt)	I_{ac} (amp)	W_t (watt)	W_l (watt)	W_r (watt)	V_l (volt)	V_r (volt)	R_a (ohm)	X_a (ohm)	p.f.
0.1	3	2.50	75	25	50	5	230	8.00	91.65	0.13
0.2	5.50	3.00	100	50	50	10	230	5.56	76.47	0.15
0.3	8.00	3.90	150	75	75	20	230	4.90	58.77	0.18
0.4	11.00	4.35	200	125	75	30	227	3.96	52.00	0.20
0.5	14.00	5.10	300	200	100	40	224	3.84	43.80	0.26
0.6	16.50	5.90	425	300	125	54	220	2.15	37.23	0.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบของวงจรรูปที่ 2 ที่ $N_{ac} = 144$ รอบ
 $N_{dc} = 2000$ รอบ
 $V_s = 230$ โวลต์

I_{dc} (amp)	V_{dc} (volt)	I_{ac} (amp)	W_t (watt)	W_l (watt)	W_r (watt)	V_l (volt)	V_r (volt)	R_a (ohm)	X_a (ohm)	p.f.
0.1	5.5	3.00	100	50	75	5	230	5.55	76.22	0.15
0.2	11.50	4.45	200	100	100	20	229	5.05	51.21	0.20
0.3	17.00	5.90	375	250	125	42	225	3.54	37.97	0.28
0.4	23.00	7.40	650	500	150	66	218	2.73	28.25	0.38
0.5	28.00	8.70	975	800	175	90	205	2.3	23.95	0.49

ผลการทดสอบของวงจรรูปที่ 2 ที่ $N_{ac} = 144$ รอบ

$N_{dc} = 3000$ รอบ

$V_s = 220$ โวลต์
~~130~~

I_{dc} (amp)	V_{dc} (volt)	I_{ac} (amp)	W_t (watt)	W_l (watt)	W_r (watt)	V_l (volt)	V_r (volt)	R_a (ohm)	X_a (ohm)	p.f.
0.1	8.50	3.95	150	75	75	5	230	4.80	58.03	0.17
0.2	17.50	5.50	350	250	100	37	224	3.31	40.51	0.27
0.3	26.00	7.75	700	575	125	72	211	2.08	27.15	0.35
0.4	35.00	9.35	1150	1000	150	103	189	1.72	20.14	0.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 32 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบของวงจรรูปที่ 2 ที่ $N_{ac} = 133$ รอบ
 $N_{dc} = 1000$ รอบ
 $V_s = 212$ โวลต์

I_{dc} (amp)	V_{dc} (volt)	I_{ac} (amp)	W_t (watt)	W_l (watt)	W_r (watt)	V_l (volt)	V_r (volt)	R_a (ohm)	X_a (ohm)	p.f.
0.1	3.00	3.40	125	50	75	10	212	6.49	62.01	0.17
0.2	6.00	3.90	150	75	75	15	212	4.93	51.13	0.18
0.3	8.50	4.55	200	100	100	25	211	4.83	46.12	0.20
0.4	11.00	5.25	275	175	100	34	209	3.63	39.64	0.25
0.5	14.00	5.90	350	250	100	42	207	2.87	34.96	0.28
0.6	17.00	6.70	475	350	125	54	203	2.78	30.17	0.33
0.7	20.00	7.40	625	500	125	66	198	2.28	26.65	0.40
0.8	22.50	8.10	800	650	150	80	193	2.28	23.71	0.47

ผลการทดสอบของวงจรรูปที่ 2 ที่ $N_{ac} = 133$ รอบ
 $N_{dc} = 2000$ รอบ
 $V_s = 212$ โวลต์

I_{dc} (amp)	V_{dc} (volt)	I_{ac} (amp)	W_t (watt)	W_l (watt)	W_r (watt)	V_l (volt)	V_r (volt)	R_a (ohm)	X_a (ohm)	p.f.
0.1	6.00	3.90	125	50	75	10	212	4.93	54.13	0.15
0.2	11.50	5.25	250	150	100	34	209	3.62	39.64	0.22
0.3	17.00	6.70	500	375	125	54	204	2.78	30.32	0.35
0.4	23.00	8.20	800	700	100	80	193	1.48	23.49	0.46

ผลการทดสอบของวงจรรูปที่ 2 ที่ $N_{ac} = 133$ รอบ
 $N_{dc} = 3000$ รอบ
 $V_s = 212$ โวลต์

I_{dc} (amp)	V_{dc} (volt)	I_{ac} (amp)	W_t (watt)	W_l (watt)	W_r (watt)	V_l (volt)	V_r (volt)	R_a (ohm)	X_a (ohm)	p.f.
0.1	8.50	4.50	200	100	100	20	211	8.64	46.08	0.18
0.2	17.50	6.60	475	350	125	53	203	2.86	30.62	0.34
0.3	27.00	9.00	1050	875	175	96	186	2.16	20.55	0.55

ผลการทดสอบของวงจรรูปที่ 2 ที่ $N_{ac} = 122$ รอบ
 $N_{dc} = 1000$ รอบ
 $V_s = 195$ โวลท์

I_{dc} (amp)	V_{dc} (volt)	I_{ac} (amp)	W_t (watt)	W_l (watt)	W_r (watt)	V_l (volt)	V_r (volt)	R_a (ohm)	X_a (ohm)	p.f.
0.1	3.00	2.35	50	50	50	194	9.05	82.50	0.11	
0.2	6.00	2.95	75	25	50	194	5.74	65.5	0.13	
0.3	8.80	3.75	100	50	50	10	192	3.56	51.08	0.14
0.4	11.50	4.60	175	100	75	25	190	3.54	41.30	0.19
0.5	14.50	5.50	300	200	100	36	186	3.30	33.66	0.26
0.6	17.00	6.30	400	300	100	48	181	2.52	28.60	0.33
0.7	20.00	7.10	550	450	100	61	175	1.98	24.57	0.40
0.8	23.00	7.90	725	600	125	75	167	2.00	21.04	0.47

ผลการทดสอบของวงจรรูปที่ 2 ที่ $N_{ac} = 122$ รอบ
 $N_{dc} = 2000$ รอบ
 $V_s = 195$ โวลต์

I_{dc} (amp)	V_{dc} (volt)	I_{ac} (amp)	W_t (watt)	W_l (watt)	W_r (watt)	V_l (volt)	V_r (volt)	R_a (ohm)	X_a (ohm)	p.f.
0.1	6.00	2.90	75	25	50	---	193	5.90	66.28	0.13
0.2	11.50	4.50	175	100	75	20	190	3.70	42.06	0.20
0.3	17.50	6.30	400	300	100	48	182	3.70	28.78	0.33
0.4	23.50	8.00	750	600	150	76	168	2.34	20.87	0.48

ผลการทดสอบของวงจรรูปที่ 2 ที่ Nac = 122 รอบ
 Ndc = 3000 รอบ
 Vs = 195 โวลต์

Idc (amp)	Vdc (volt)	Iac (amp)	Wt (watt)	Wl (watt)	Wr (watt)	Vl (volt)	Vr (volt)	Ra (ohm)	Xa (ohm)	p.f.
0.1	8.50	3.60	100	50	50	---	195	3.85	54.03	0.14
0.2	18.00	6.35	400	300	100	48	182	2.44	28.55	0.32
0.3	27.50	8.50	950	800	150	90	159	2.08	18.0	0.56

ผลการทดสอบของวงจรรูปที่ 2 ที่ $N_{ac} = 111$ รอบ

$N_{dc} = 1000$ รอบ

$V_s = 178$ โวลต์

I_{dc} (amp)	V_{dc} (volt)	I_{ac} (amp)	W_t (watt)	W_l (watt)	W_r (watt)	V_l (volt)	V_r (volt)	R_a (ohm)	X_a (ohm)	p.f.
0.1	3.00	3.20	100	50	50	10	178	4.88	55.4	0.17
0.2	6.00	3.70	125	75	50	20	178	3.65	48.00	0.17
0.3	9.00	4.25	200	150	50	24	175	2.76	41.1	0.19
0.4	12.00	5.35	370	295	75	39	172	2.60	32.04	0.26
0.5	15.00	6.20	450	350	100	48	167	2.56	26.80	0.38
0.6	18.00	7.50	550	450	100	62	160	1.98	22.40	0.41
0.7	21.00	8.00	725	600	125	78	152	1.95	18.90	0.51

ผลการทดสอบของวงจรรูปที่ 2 ที่ $N_{ac} = 111$ รอบ
 $N_{dc} = 2000$ รอบ
 $V_s = 178$ โวลต์

I_{dc} (amp)	V_{dc} (volt)	I_{ac} (amp)	W_t (watt)	W_l (watt)	W_r (watt)	V_l (volt)	V_r (volt)	R_a (ohm)	X_a (ohm)	p.f.
0.1	6.00	3.75	100	50	50	10	176	3.35	46.81	0.15
0.2	12.00	5.40	375	300	75	36	170	2.57	31.37	0.39
0.3	18.00	7.25	550	450	100	63	159	1.90	21.85	0.43
0.4	23.00	8.75	925	800	125	90	139	1.63	15.80	0.59

ผลการทดสอบของวงจรรูปที่ 2 ที่ $N_{ac} = 111$ รอบ
 $N_{dc} = 3000$ รอบ
 $V_s = 178$ โวลต์

I_{dc} (amp)	V_{dc} (volt)	I_{ac} (amp)	W_t (watt)	W_l (watt)	W_r (watt)	V_l (volt)	V_r (volt)	R_a (ohm)	X_a (ohm)	p.f.
0.1	8.50	4.30	200	150	50	20	174	2.70	40.37	0.32
0.2	18.00	7.20	550	475	75	63	160	1.45	22.17	0.43
0.3	27.00	9.40	1100	1000	100	104	130	1.13	13.78	0.66

ผลการทดสอบของวงจรรูปที่ 3 ที่ ภาระทางทุติยภูมิของหม้อแปลงเป็นความต้านทานล้วน R1
 $N_{ac} = 144$ รอบ , $N_{dc} = 1000$ รอบ , $V_s = 230$ โวลต์

Idc amp.	Vdc volt.	Iac1 amp.	Iac2 amp.	Wto watt.	Wtr watt.	Wre watt.	Vtr volt.	p.f. TRF	Vre volt.	Ra ohm.	Xa ohm.	p.f. รวม
0.0	0.0	0.24	0.51	50	20	30	102	0.82	162	520.8	429.4	0.91
0.1	3.00	0.72	0.87	100	70	30	173	0.56	73	57.87	83.25	0.60
0.2	5.80	0.93	0.94	115	85	30	186	0.49	54	36.68	46.57	0.54
0.3	8.50	1.05	0.97	120	90	30	195	0.44	46	27.21	34.33	0.50
0.4	11.00	1.13	0.99	125	98	27	198	0.44	41	21.14	29.29	0.48
0.5	14.00	1.20	1.00	125	100	25	201	0.42	38	17.36	26.08	0.45
0.6	15.80	1.25	1.01	125	105	20	203	0.41	35	12.80	24.90	0.44
0.7	19.5	1.30	1.02	125	105	20	205	0.39	33	11.80	22.47	0.42
0.8	22.50	1.35	1.03	125	110	15	206	0.39	31	8.23	21.44	0.40
0.8	22.50	1.35	1.04	125	110	15	208	0.38	30	7.70	20.14	0.39

ผลการทดสอบของวงจรรูปที่ 3 ที่ภาระทางทุติยภูมิของหม้อแปลงเป็นความต้านทานล้วน $R_2 > R_1$
 $N_{ac} = 144$ รอบ , $N_{dc} = 1000$ รอบ , $V_s = 230$ โวลต์

Idc amp.	Vdc volt.	Iac1 amp.	Iac2 amp.	Wto watt.	Wtr watt.	Wre watt.	Vtr volt.	p.f. load	Vre volt.	Ra ohm.	Xa ohm.	p.f. รวม
0.0	0.0	0.22	0.30	50	20	30	101	0.90	157	619.8	353.7	0.95
0.1	3.00	0.68	0.53	75	50	25	174	0.42	69	54.06	85.87	0.48
0.2	5.80	0.89	0.57	100	65	35	188	0.39	52	44.19	38.22	0.49
0.3	8.50	1.01	0.59	100	70	30	195	0.36	45	24.81	33.47	0.40
0.4	11.20	1.10	0.60	100	75	25	198	0.34	40	20.66	29.92	0.40
0.5	14.00	1.16	0.61	100	80	20	201	0.34	37	14.86	28.22	0.38
0.6	17.00	1.22	0.615	100	80	20	203	0.32	34	13.44	24.41	0.36
0.7	19.90	1.27	0.62	100	85	15	205	0.32	32	9.36	23.42	0.34
0.8	22.50	1.31	0.625	100	90	10	207	0.32	30	5.83	22.15	0.33
0.9	26.00	1.36	0.63	100	90	10	205	0.32	28	5.41	19.26	0.32

ผลการทดสอบของวงจรรูปที่ 3 ที่มีภาระทางด้านทุติยภูมิเป็นความต้านทานล้วน R1

Nac = 144 รอบ

Ndc = 3000 รอบ

Vs = 230 โวลต์

Idc amp.	Vdc volt.	Iac1 amp.	Iac2 amp.	Wto watt.	Wtr watt.	Wre watt.	Vtr volt.	p.f. load	Vre volt.	Ra ohm.	Xa ohm.	p.f. รวม
0.0	---	0.24	0.30	50	20	30	100	0.83	163	520.8	429.4	0.91
0.1	9.00	1.04	0.97	120	90	30	194	0.45	46	27.73	34.46	0.50
0.2	17.80	1.25	1.01	125	105	20	203	0.41	35	12.20	24.90	0.44
0.3	27.00	1.38	1.03	125	110	15	208	0.38	30	7.88	20.26	0.39
0.4	36.00	1.49	1.05	125	115	10	210	0.37	22	4.50	14.06	0.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบของวงจรรูปที่ 3 ที่ภาระทางทุติยภูมิของหม้อแปลงเป็นความต้านทานล้วน $R_2 > R_1$

$N_{ac} = 144$ รอบ

$N_{dc} = 3000$ รอบ

$V_s = 230$ โวลต์

I_{dc} amp.	V_{dc} volt.	I_{ac1} amp.	I_{ac2} amp.	W_{to} watt.	W_{tr} watt.	W_{re} watt.	V_{tr} volt.	p.f. load	V_{re} volt.	R_a ohm.	X_a ohm.	p.f. รวม
0.0	—	0.22	0.30	50	20	30	100	0.90	157	619.8	353.7	0.95
0.1	9.20	1.01	0.59	100	70	30	197	0.35	45	29.70	33.21	0.43
0.2	17.80	1.22	0.61	100	80	20	203	0.32	35	16.39	23.54	0.36
0.3	27.00	1.36	0.63	100	90	10	208	0.32	30	5.41	21.38	0.32
0.5	36.00	1.46	0.64	100	95	5	211	0.30	22	2.34	14.89	0.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบของวงจรรูปที่ 4 ที่ $N_{ac} = 144$ รอบ
 $N_{dc} = 1000$ รอบ
 $V_s = 230$ โวลต์
fixed $V_{tr} = 202$ โวลต์

Iac2 amp.	Vtrf volt.	p.f. Trf.	Iac1 amp.	Wto watt.	Wtr watt.	Wre watt.	Vdc volt.	Idc amp.	Vre volt	Ra ohm.	Xa ohm.	p.f. รวม
0.0	202	0.11	1.10	50	25	25	14	0.5	38	20.66	27.69	0.19
2.45	200	0.63	1.35	200	170	30	14	0.5	47	16.46	30.67	0.64
2.45	202	0.64	1.40	220	180	40	16.50	0.56	41	20.40	21.10	0.62
6.54	196	0.90	2.10	400	370	30	16.50	0.56	60	6.80	27.75	0.82
6.50	202	0.83	2.20	425	370	55	21.00	0.75	50.50	11.36	19.50	0.79

ผลการทดสอบของวงจรรูปที่ 4 ที่ $N_{ac} = 144$ รอบ
 $N_{dc} = 1000$ รอบ
 $V_s = 230$ โวลต์
fixed $V_{tr} = 196$ โวลต์

lac2 amp.	Vtrf volt.	p.f. Trf.	lac1 amp.	Wto watt.	Wtr watt.	Wre watt.	Vdc volt.	Idc amp.	Vre volt	Ra ohm.	Xa ohm.	p.f. รวม
0.0	196	0.23	1.00	75	45	30	8.50	0.30	46	30.00	34.87	0.33
1.60	194	0.56	1.10	150	120	30	8.50	0.30	51	24.79	39.18	0.59
1.60	196	0.55	1.15	150	125	25	9.50	0.34	46	18.90	35.25	0.57
3.20	192	0.77	1.35	225	200	25	9.50	0.34	57	13.72	39.93	0.72
3.20	196	0.77	1.40	225	210	15	12.00	0.43	51	7.65	35.62	0.69
6.30	189	0.90	2.00	375	340	35	12.00	0.43	73	8.75	35.44	0.82
6.40	196	0.89	2.10	400	365	35	16.50	0.58	60	7.94	27.45	0.83

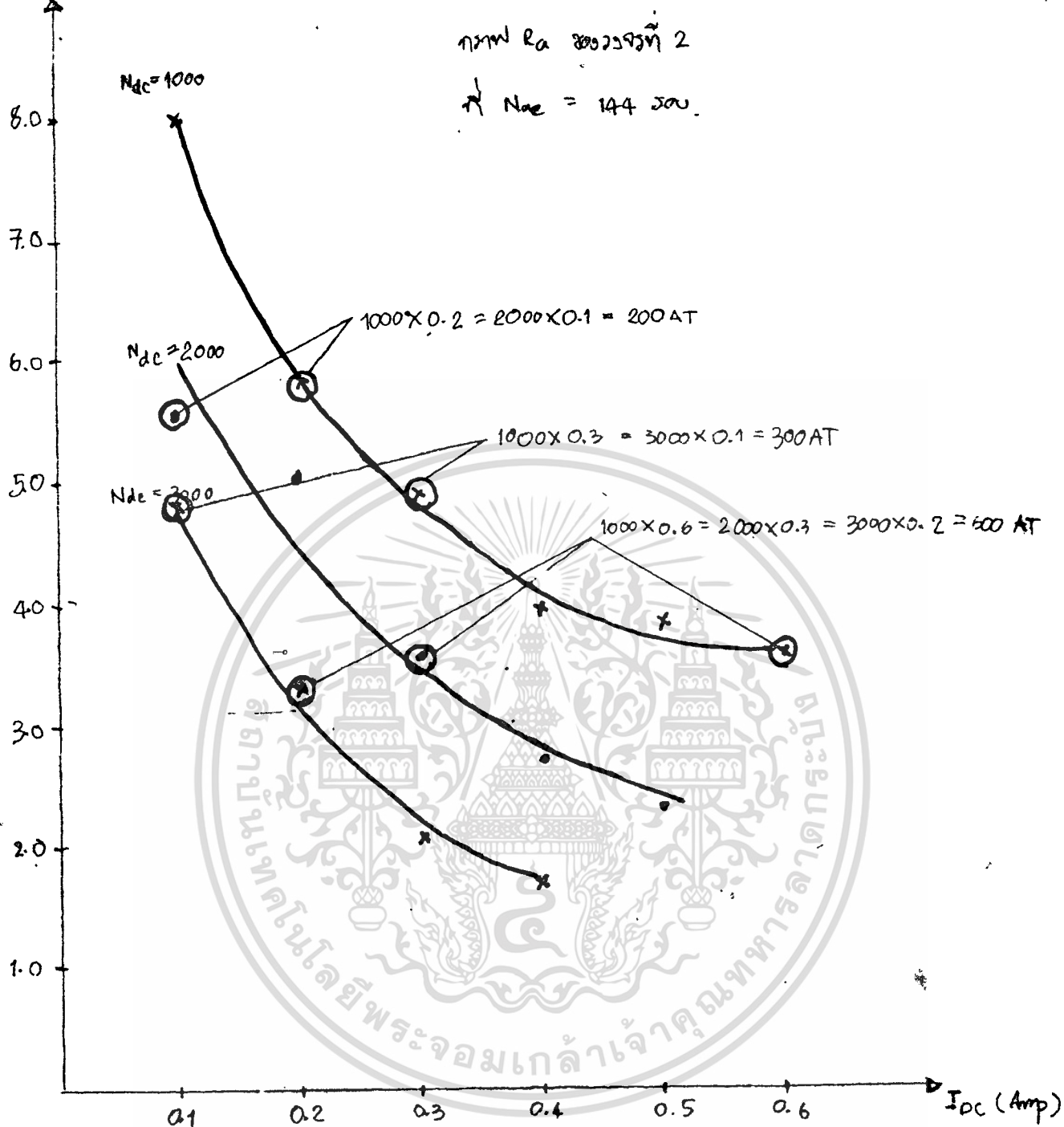
ผลการทดสอบของวงจรรูปที่ 4 ที่ $N_{ac} = 144$ รอบ
 $N_{dc} = 3000$ รอบ
 $V_s = 230$ โวลต์
fixed $V_{tr} = 196$ โวลต์

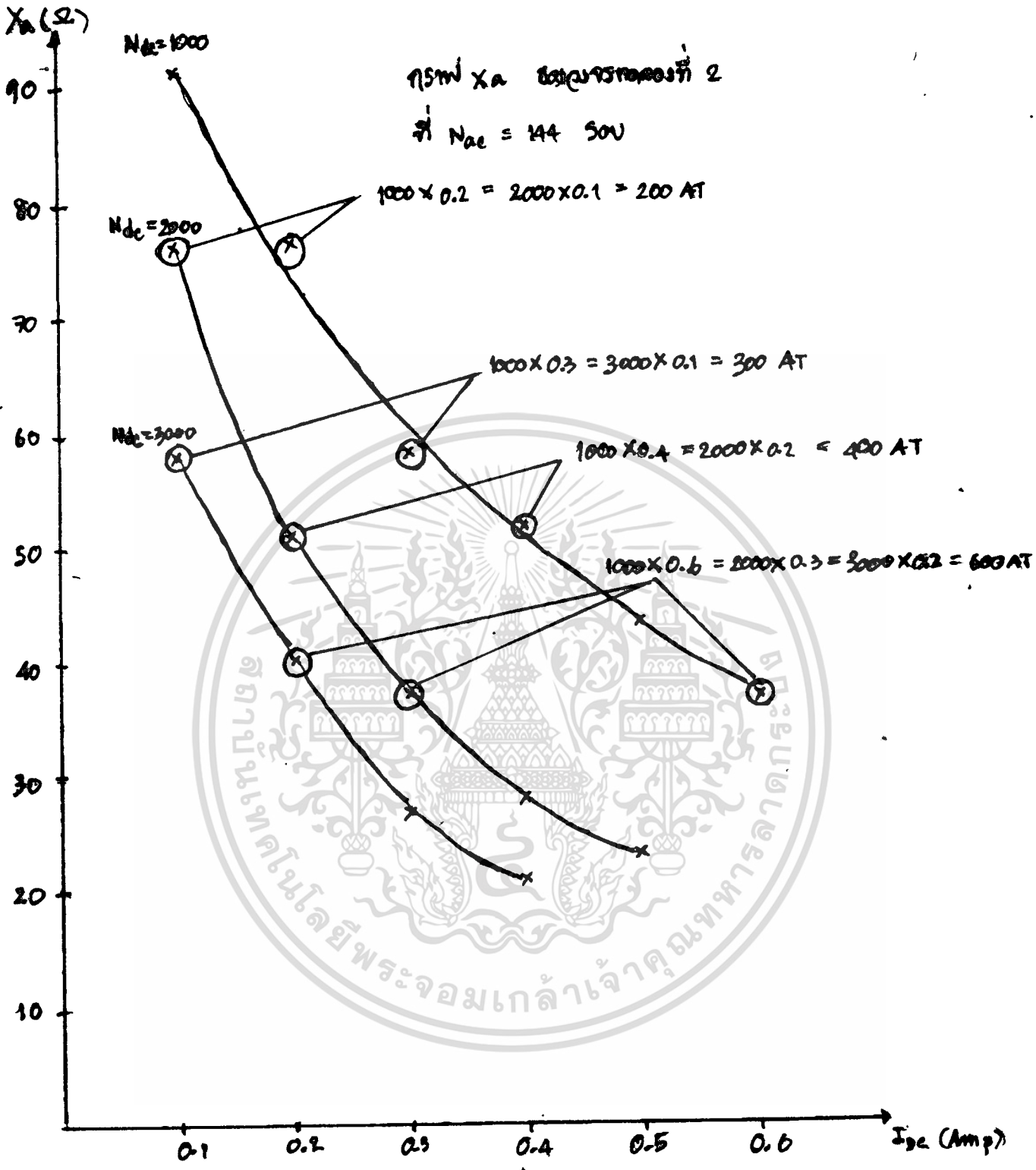
Iac2 amp.	Vtrf volt.	p.f. Trf.	Iac1 amp.	Wto watt.	Wtr watt.	Wre watt.	Vdc volt.	I _{dc} amp.	Vre volt	Ra ohm.	Xa ohm.	p.f. รวม
0	196	0.10	1.00	50	20	30	9.00	0.10	45.50	35.00	29.02	0.21
2.40	192	0.69	1.20	200	160	40	9.00	0.10	54.50	27.00	36.52	0.72
2.40	196	0.67	1.25	200	165	35	11.50	0.13	49.00	22.40	32.17	0.69
6.25	186	0.95	1.90	375	335	40	11.50	0.13	78.00	11.08	35.53	0.85
6.40	196	0.89	2.10	400	365	35	17.50	0.19	59.00	7.90	26.96	0.83

ผลการทดสอบของวงจรรูปที่ 5 ที่ $N_{ac} = 144$ รอบ
 $N_{dc} = 1000$ รอบ
 $V_s = 230$ โวลต์

Idc amp.	Vdc volt.	Iac1 amp.	Wto watt.	Wtr watt.	Wre watt.	Vtr volt.	p.f. Trf.	Vre volt.	Ra ohm.	Xa ohm.	p.f. รวม
0.1	3.00	1.35	50	20	30	44	0.50	200	16.46	147.3	0.16
0.2	5.50	2.00	75	30	45	48	0.47	194	11.25	96.35	0.16
0.3	8.00	2.85	100	35	65	52	0.44	186	8.00	64.77	0.15
0.4	11.00	3.70	100	45	55	54	0.28	181	4.02	48.75	0.12
0.5	13.80	4.60	125	50	75	56	0.29	179	3.54	38.75	0.12
0.6	16.50	5.45	150	60	90	59	0.28	175	3.03	31.97	0.12
0.7	19.00	6.25	175	68	107	61	0.28	173	2.74	27.54	0.12
0.8	22.20	7.00	200	70	130	63	0.29	172	2.65	24.43	0.12
0.9	25.00	7.70	200	75	125	65	0.25	171	2.11	22.11	0.11
1.0	27.80	8.35	225	80	145	67	0.22	170	2.07	20.25	0.12

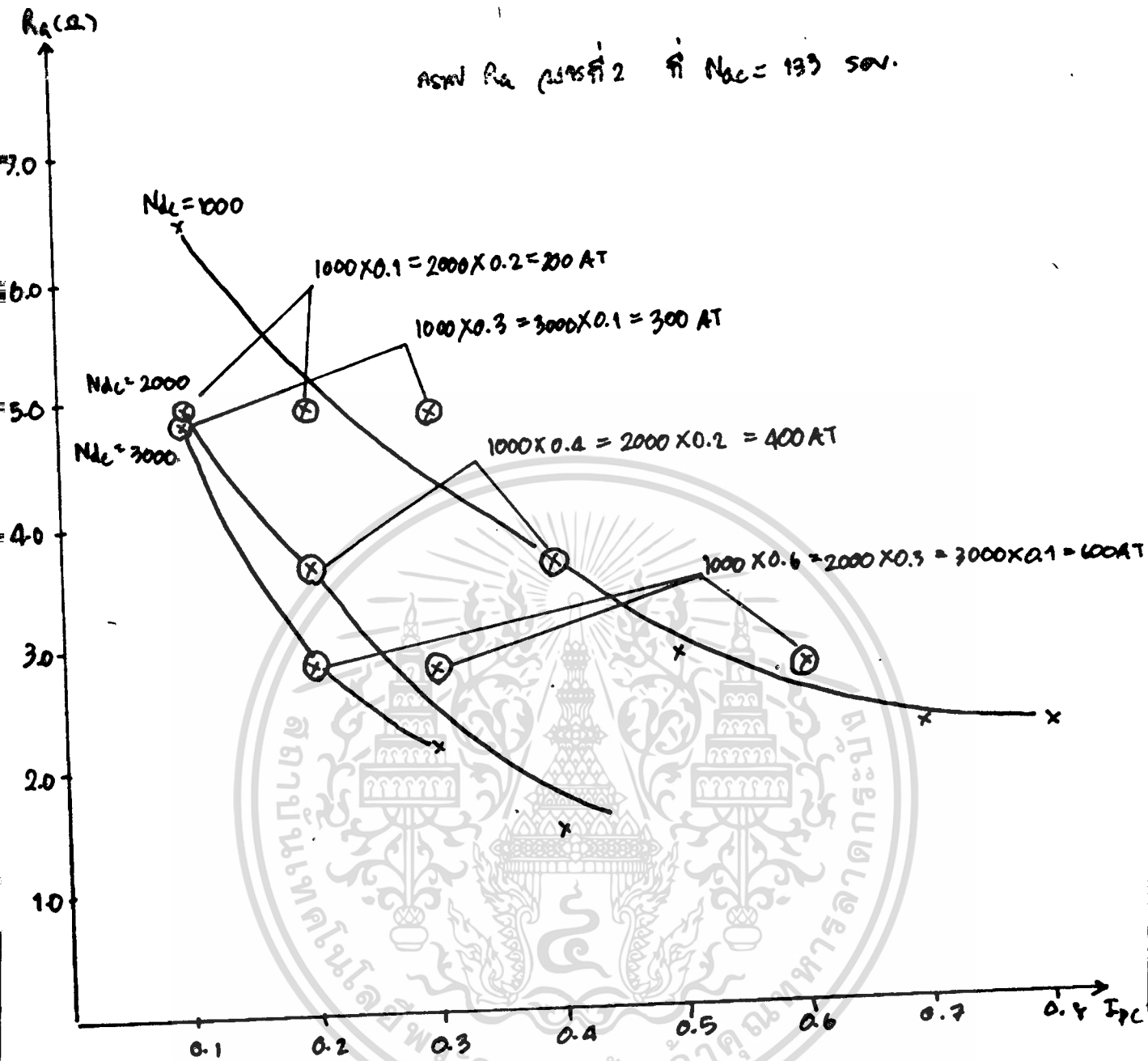
$R_a (\Omega)$



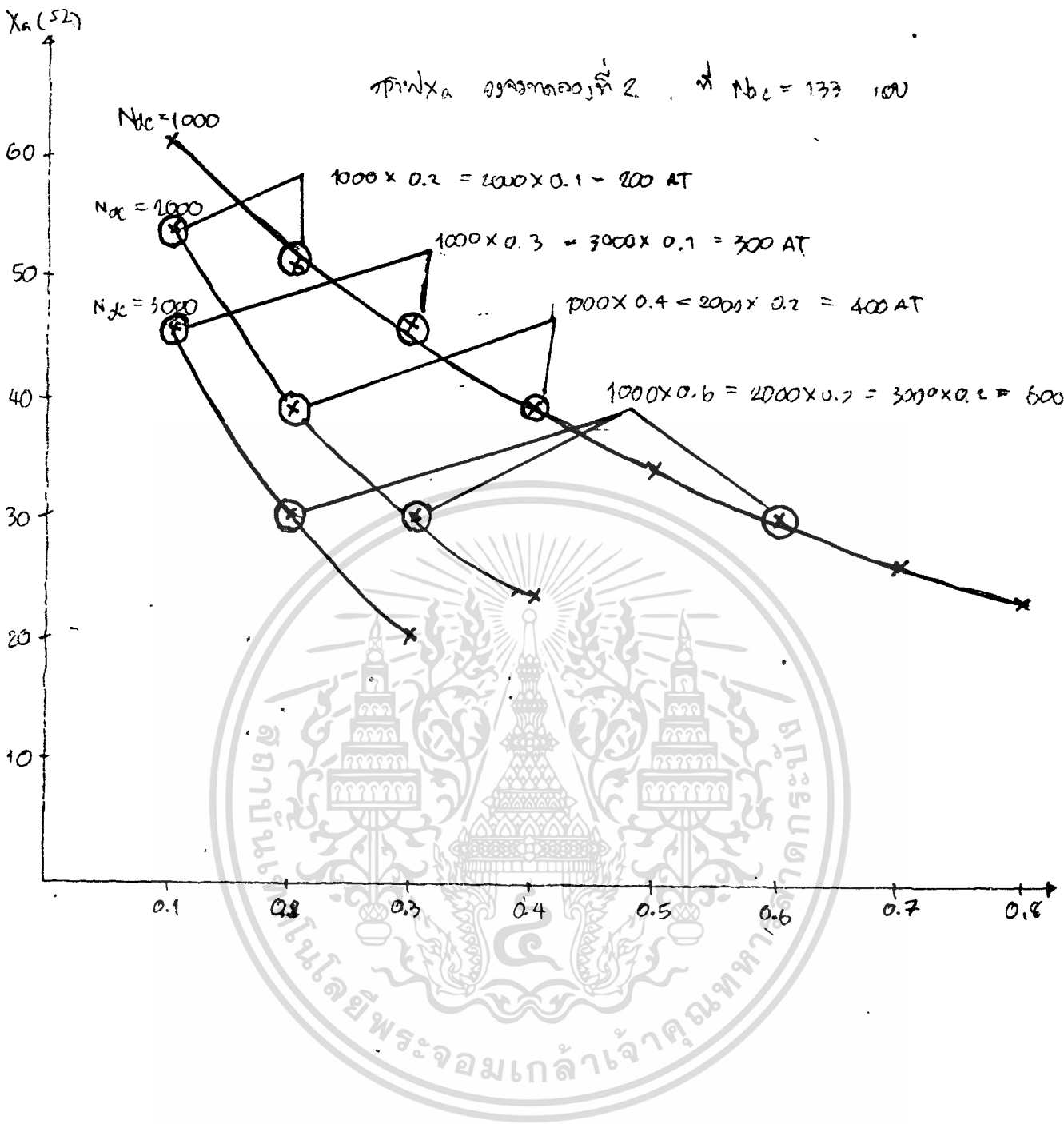


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ASAP R_{ac} (มกราคม 2) ที่ $N_{ac} = 199$ sov.



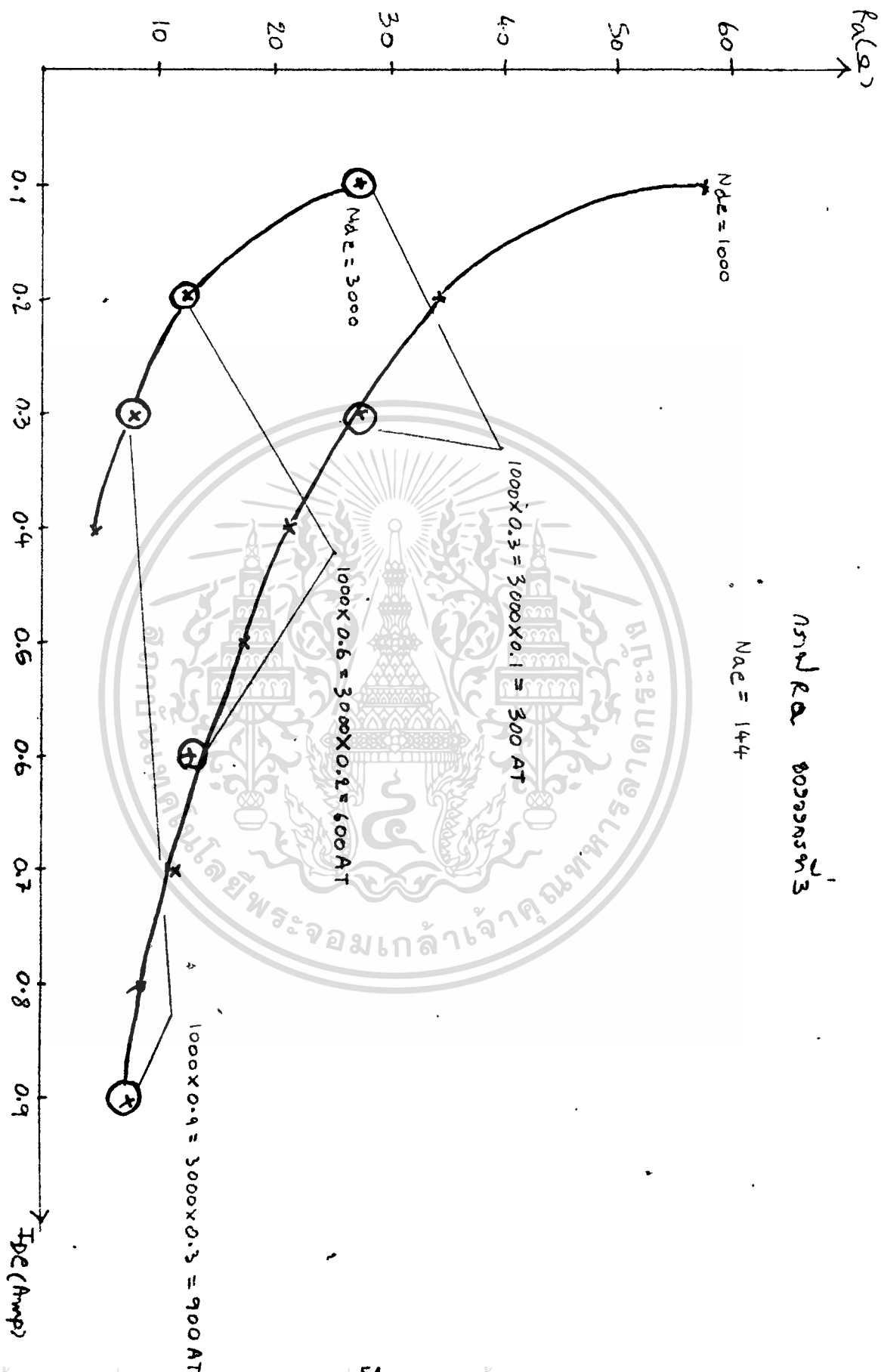
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

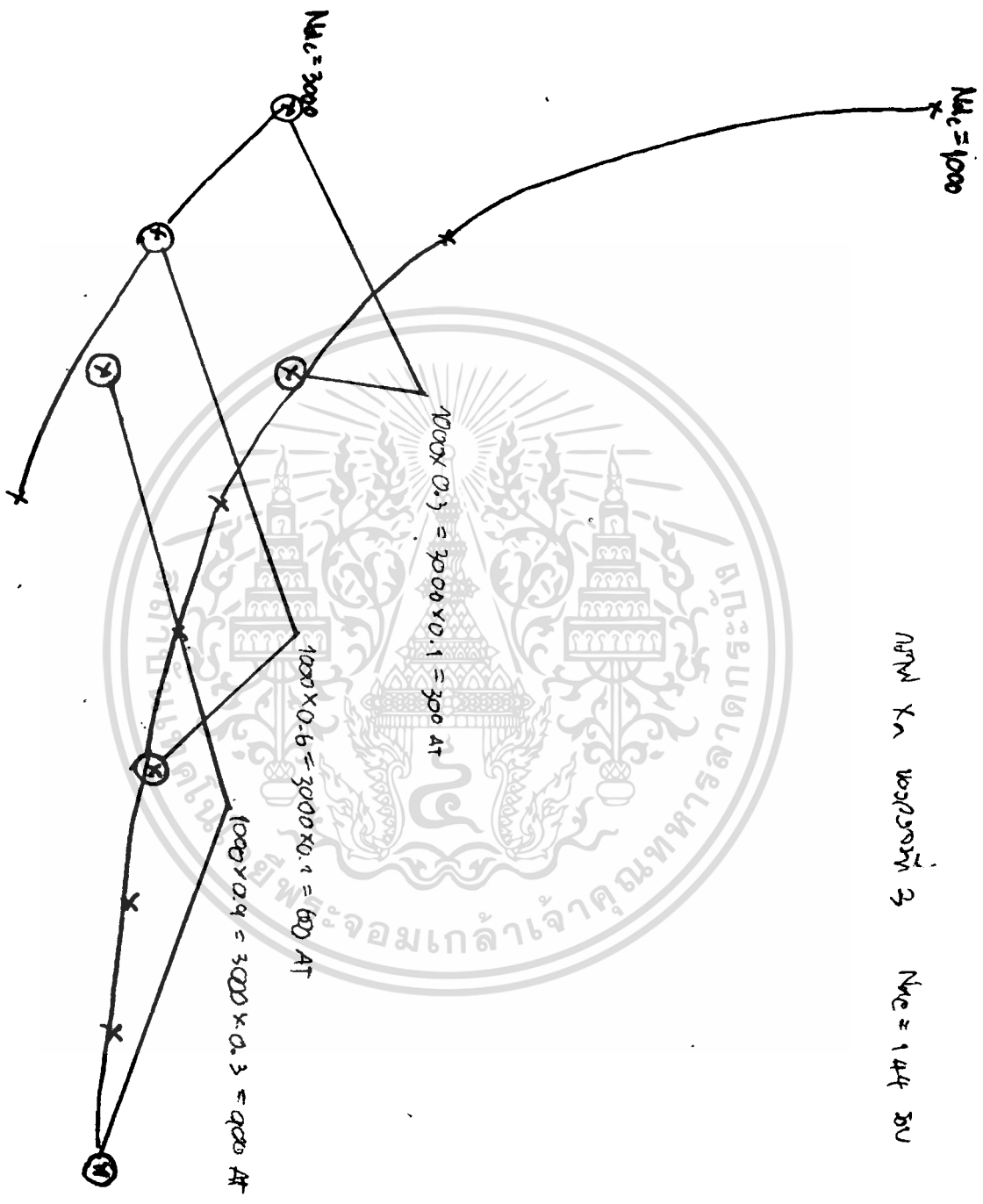
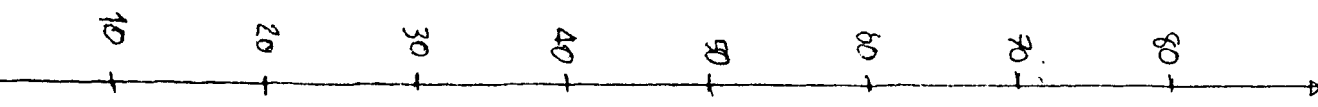


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 53 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟราคาต่อหน่วย

$N_{AE} = 144$





NPV \times 1000 บาท 3 $N_{1C} = 144$ บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 55 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$N_{AL} = 144 \text{ SVA}$

$N_{AL} = 400 \text{ SVA}$

$\cos \phi_{SM} = 0.435$

$\phi_{SM} = 64.21$

(b) $\phi_T = 0.413$

$\phi_T = 69.6$

$\phi_{SM} \text{ สามารถ } = 60$

$V_S = 250 \text{ V}$

$V_T = 203 \text{ V}$

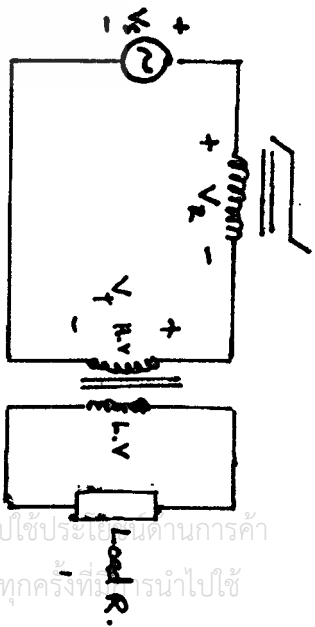
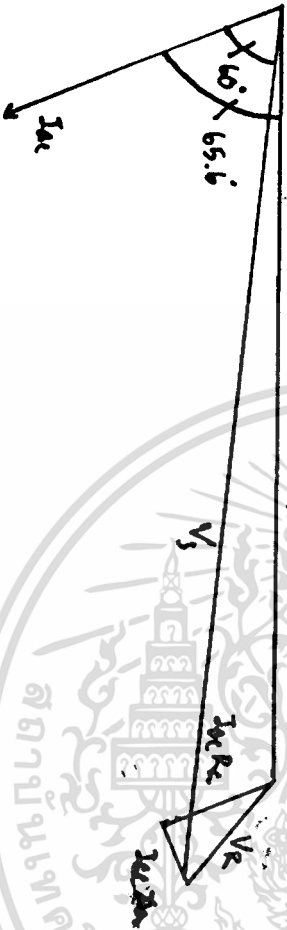
$V_R = 35 \text{ V}$

$R_A = 12.8$

$X_A = 24.90$

$I_{AL} = 1.25 \text{ Amp}$

$I_{DC} = 0.6 \text{ Amp}$



Nde = 1000 50W

$V_S = 230$ $R_a = 27.21$

$V_{Tr} = 195$ $X_a = 34.33$

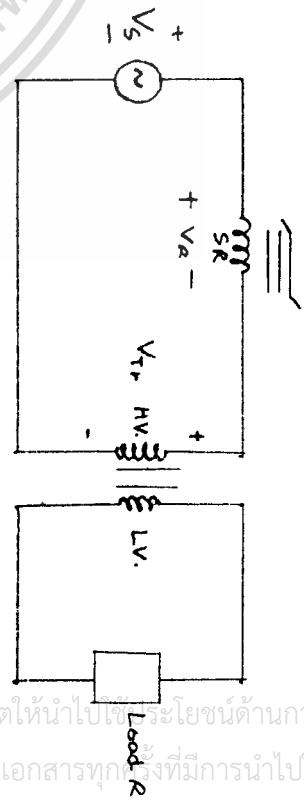
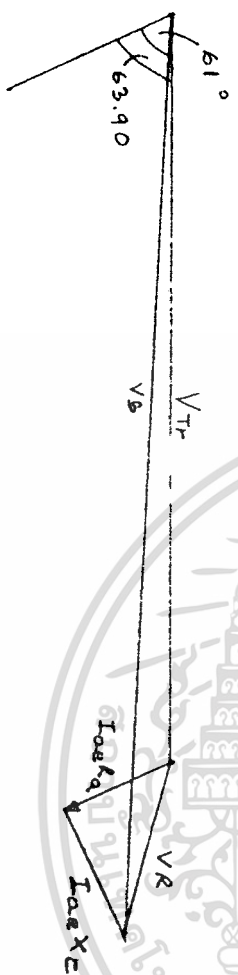
$V_a = 46$ $\cos \phi_T = 0.44$

$I_{DC} = 0.3 \text{ Amp}$ $\phi_T = 63.9$

$I_{AC} = 1.05 \text{ Amp}$ $\cos \phi_{load} = 0.414$

$\phi_{รวม} = 60.26$

$\phi_{รวมจากวิธีวัด} = 61.9$



$V_L = 144 \text{ 500V}$ $R_a = 1.72 \text{ }\Omega$

$N_{sc} = 3000 \text{ 500V}$ $X_a = 20.14 \text{ }\Omega$

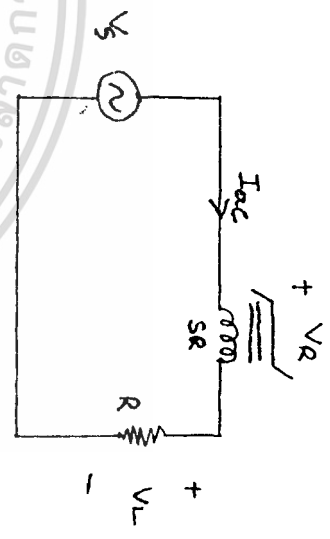
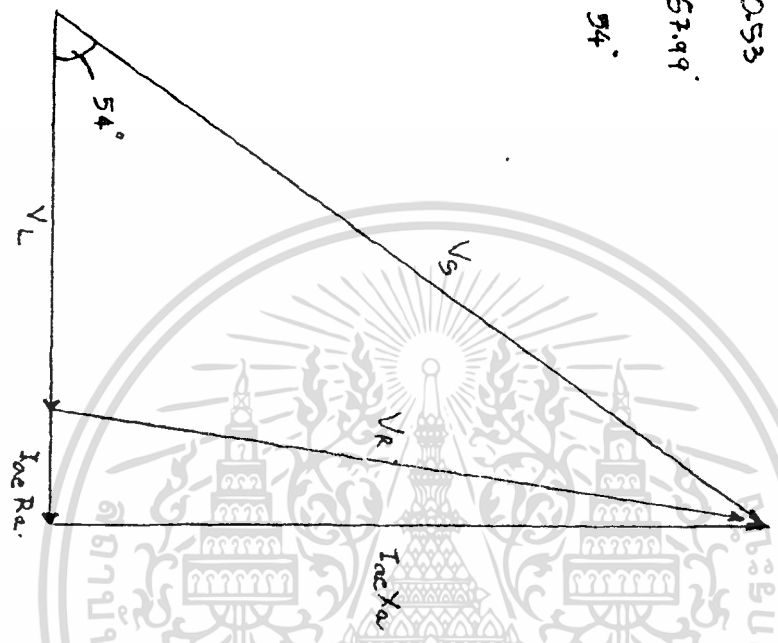
$I_{DC} = 0.4 \text{ Amp}$

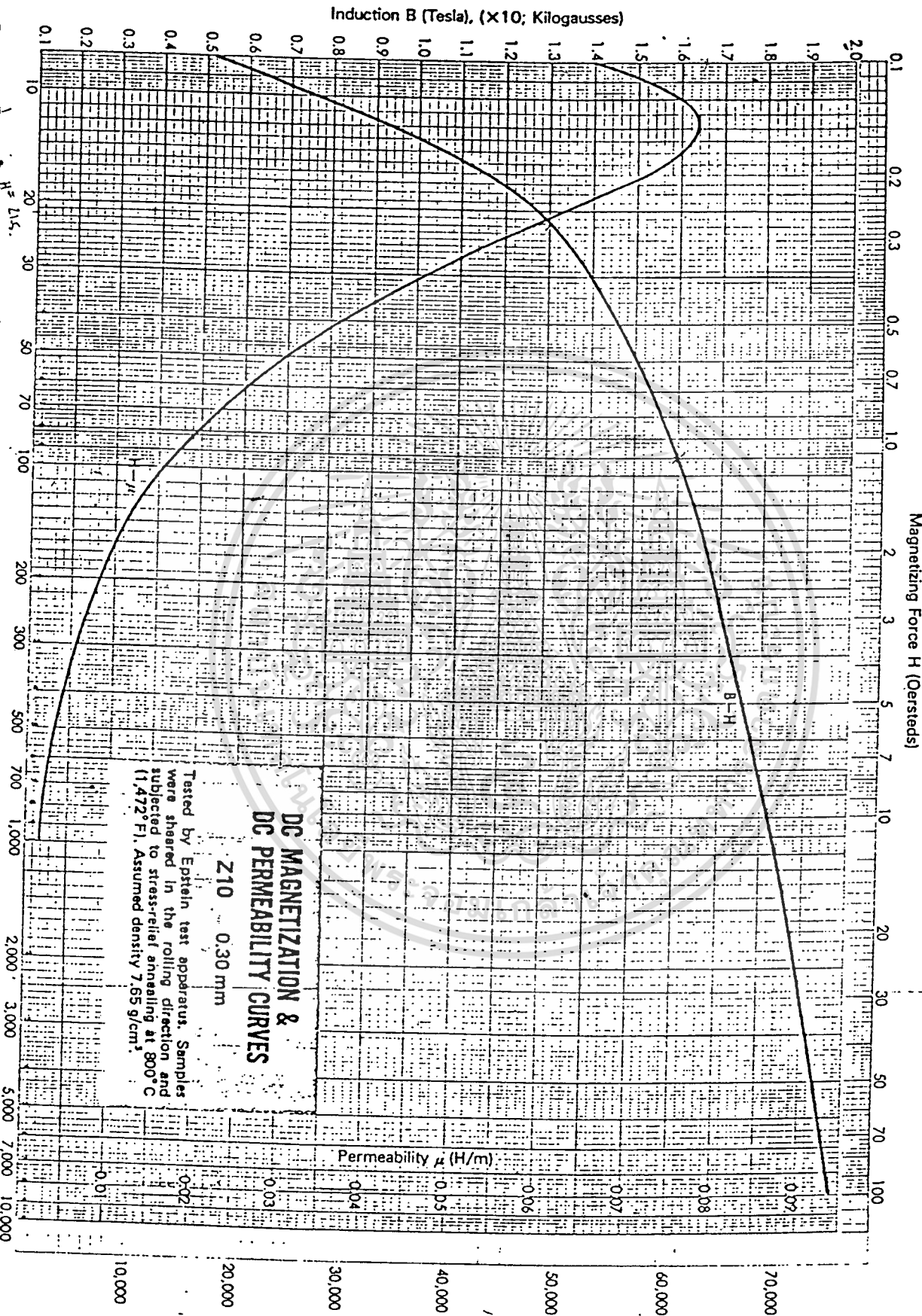
$I_{ac} = 9.35 \text{ Amp.}$

$\cos \phi = 0.53$

$\phi = 57.99^\circ$

$\theta = \frac{1}{2}(\phi + \alpha) = 54^\circ$





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์

1. จากการทดลองเราพิจารณาการที่จะทำให้รีแอคเตอร์เกิดการอิ่มตัว โดยการป้อนกระแสตรง (ซึ่งเป็นกระแสควบคุม) เข้าไปยังขดกระแสตรง (ขดควบคุม) โดยเปลี่ยนจำนวนรอบของขดควบคุมที่จำนวนรอบต่าง ๆ กัน โดยเพิ่มขนาดของกระแสตรงไปที่ค่าต่าง ๆ เนื่องจากว่าการอิ่มตัวของรีแอคเตอร์จะขึ้นอยู่กับค่าของแรงเคลื่อนแม่เหล็กทิศทางเดียวที่ป้อน ($N_{dc} * I_{dc}; H_{dc}$) ซึ่งที่แรงเคลื่อนแม่เหล็กทิศทางตรงค่าเดียวกันจะทำให้รีแอคเตอร์อิ่มตัวที่จุดเดียวกันในวงจรเดียวกัน นั่นก็คือค่า รีแอคแตนซ์เสมือนและความต้านทานเสมือนจะมีค่าเท่ากัน

2. เมื่อเราป้อนกระแสตรงเพิ่มขึ้นในวงจรจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังนี้

- ค่ากระแสสลับในวงจร เพิ่มขึ้น
- ค่าพลังงานที่สูญเสียในระบบมากขึ้น
- ค่าพลังงานที่สูญเสียในรีแอคเตอร์มากขึ้น
- ค่าพลังงานสูญเสียในภาระของวงจรที่ต่ออนุกรมกับรีแอคเตอร์เพิ่มขึ้น
- คัดคาตกคร่อมในรีแอคเตอร์ลดลง
- คัดคาตกคร่อมในหม้อแปลงมากขึ้นเมื่อต่ออนุกรมกับรีแอคเตอร์
- ค่ารีแอคแตนซ์เสมือนลดลง
- ค่าความต้านทานเสมือนลดลง

3. ในกรณีที่เราต่อหม้อแปลงอนุกรมกับรีแอคเตอร์และแหล่งจ่ายแล้วเพิ่มภาระทางด้านจ่ายไฟของหม้อแปลง เราพบว่าจะทำให้คัดคาไฟฟ้าทางด้านรับไฟของหม้อแปลงตกลง และเราสามารถที่จะทำให้เพิ่มขึ้นเท่าเดิมได้โดยการป้อนกระแสตรงเพิ่มขึ้น

ดังนั้นเราสามารถสรุปลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่าของอิมพีแดนซ์ของรีแอคเตอร์ได้ดังนี้

1. ค่าของรีแอคแตนซ์เสมือนและความต้านทานเสมือนจะแปรผกผันกับแรงเคลื่อนแม่เหล็กทิศทางตรง
2. ค่าของรีแอคแตนซ์เสมือนจะแปรผันตรงกับแรงเคลื่อนแม่เหล็กทิศทางสลับในขณะที่แกนเหล็กยังไม่อิ่มตัว
3. ค่าของความชันของวัฏจักรการสร้างเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากแรงเคลื่อนแม่เหล็กทิศทางตรงร่วมกับทิศสลับ (minor hysteresis loop) จะมีค่าน้อยกว่าความชันของโค้งสร้างเส้นแรงแม่เหล็กปกติ
5. ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์รวมของระบบเพิ่มขึ้นในกรณีที่ภาระที่ต่ออยู่กับรีแอคเตอร์เป็นความต้านทานก็เพราะว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

$$\text{จากสมการเพาเวอร์แฟคเตอร์รวม} = \cos(\tan^{-1}(X_a/R_a))$$

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม้ว่าค่า X_a, R_a จะลดลงทั้งคู่แต่ค่าของ $X_a = wL$

$$= \frac{w\mu N^2 A}{1}; \frac{wN^2 A}{1} \text{ มีค่าคงที่}$$

เพราะฉะนั้น $X_a \propto \phi$

$R_a = R + r_c$; R มีค่าคงที่ (ความต้านทานของขดลวด)

; r_c ความต้านทานสมมูลของการสูญเสียในแกน

ความสูญเสียในแกนเหล็กแปรผันตามเส้นแรงแม่เหล็กกำลังสอง

6. เมื่อดูจากผลการทดลองในวงจรที่ต่อรีแอคเตอร์อนุกรมกับหม้อแปลงแล้วมีการเพิ่มภาระที่หม้อแปลงโดยที่ป้อนไฟกระแสตรงคงที่ (ขณะปรับภาระ) ค่ารีแอคแตนซ์เสมือนเพิ่มขึ้นแต่ความต้านทานเสมือนลดลงก็เพราะเมื่อเพิ่มภาระเข้าไปจะดึงกระแสไฟสลับเพิ่มขึ้นทำให้แรงเคลื่อนแม่เหล็กกลับเพิ่มขึ้น เมื่อเราพิจารณาจากโค้งการสร้างเส้นแรงแม่เหล็กเราจะเห็นได้ว่าในกรณีที่ยังไม่เกิดการอิ่มตัวของแกนเหล็กค่าของ (ΔB) จะมากกว่า (ΔH) ดังนั้นค่า μ_{ac} มากขึ้นทำให้ค่ารีแอคแตนซ์เสมือนเพิ่มขึ้น จากนั้นเมื่อเราเพิ่มกระแสตรงเข้าไปจะทำให้เกิดวัฏจักรการสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก (minor loop) ที่จุดใหม่ซึ่งมีความชันน้อยลงค่ารีแอคแตนซ์เสมือนจึงลดลงได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนปริญญาโทฉบับนี้ขอขอบคุณ อาจารย์ ชัยวุฒิ ฉัตรอุทัย ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำปริญญาครั้งนี้เป็นอย่างสูงที่คอยให้คำปรึกษาชี้แนะข้อบกพร่องและให้กำลังใจแก่ผู้เขียนด้วยดีตลอดมาจนปริญญาโทฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีตลอดจนคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่านที่คอยให้กำลังใจและช่วยเหลือด้วยดีมาตลอด ที่ท้ายที่สุดนี้ผู้เขียนขอขอบคุณเพื่อนที่ช่วยเหลือในการยกอุปกรณ์ทดลองและ เป็นกำลังใจมาโดยตลอดด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. Martin A. Plonus, "Applied Electromagnetics", McGraw-Hill Kogakusha 398 p.
2. Members of the Staff of the Department of Electrical Engineering Massachusetts Institute of Technology, "Magnetic Circuits and Transformers", The M.I.T. Press 156-211 p.

