การศึกษาการประหยัดพลังงานโดยใช้เทคนิคการเชื่อมโยงหม้อแปลง และปลดหม้อแปลงภาระน้อย

A study of energy using transformer's tieing and disconnect the light load transformer technique

นายสานิต สุขหญีต รหัส 46363412

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ...../...../.....
เลขทะเบียน 16000166
เลขเรียกหนังสือ ปร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร จ645ก
2549

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2549

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรม

หัวข้อโครงงาน	การศึกษาการประหยัดพลังงานโดยใช้เทคนิคการการเชื่อมโยงหม้อแปลงและปลดหม้อแปลงภาระน้อย
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายสานิต สุขหญีต รหัส 46363412
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. สมยศ เกียรติวนิชวิไล
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2549

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรม

.....ประธานกรรมการ

(ดร.สมยศ เกียรติวนิชวิไล)

.....กรรมการ

(อาจารย์ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์)

.....กรรมการ

(อาจารย์จิราพร พุกสุข)

หัวข้อโครงงาน	การศึกษาการประหยัดพลังงานโดยใช้เทคนิคการเชื่อมโยงหม้อแปลงและปลดหม้อแปลงภาระน้อย
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายสานิต สุขหญีต รหัส 46363412
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.สมยศ เกียรติวนิชวิไล
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2549

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ได้ศึกษาการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของหม้อแปลง โดยเทคนิคการเชื่อมโยงหม้อแปลงและการปลดโหลดหม้อแปลงที่มีภาระโหลดน้อย โดยจะคำนวณปัจจัยของโหลดที่มีผลต่อการประหยัดพลังและหาความเหมาะสมในการคำนวณมาตรการประหยัดพลังงานนี้ ในโครงงานได้มีการพัฒนาโปรแกรมสำหรับใช้คำนวณผลประหยัดที่เกิดจากการดำเนินมาตรการดังกล่าว โดยคำนึงถึง load loss และ core loss ของหม้อแปลงเป็นหลัก

จากผลการทดลองพบว่าผลจากการคำนวณโดยโปรแกรมและการทดลองจริงให้ผลใกล้เคียงกัน จึงสามารถนำโปรแกรมที่พัฒนานี้ไปใช้ประโยชน์ได้จริง

Project Title	A study of energy using transformer's tieing and disconnect the light load transformer technique
Name	Mr. Sanit Sukyeet ID 46363412
Project Advisor	Dr. Somyot kaitwanidvilai
Major	Electrical Engineering.
Department	Electrical and Computer Engineering.
Academic	2006

ABSTRACT

This project is a study of electrical energy saving of transformer by using the transformer's tieing and disconnect the light load transformer technique by compute the factors of load which effect electrical energy saving and find the fit of computing of electrical energy saving measure. In this project, the program for computing the out put of electrical energy saving by use the measure above is developed by considering load loss and core loss of transformer.

By the result, the result from the program computing is similar to the result from the experimental. Therefore, This program can be developed for using and adapting.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยความช่วยเหลือจากหลายๆ ท่านด้วยกัน ผู้จัดทำขอถือโอกาสนี้ ขอกราบขอบพระคุณ

อาจารย์สมยศ เกียรติวนิชวิไล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และคณะกรรมการสอบโครงงาน ทุกท่านที่ได้ให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางและข้อคิดเห็นต่างๆ ในการแก้ปัญหาที่เป็นประโยชน์อย่างสูงในการทำโครงงานนี้ให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ นิสิตภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ชั้นปีที่ 4 และน้องๆ นิสิตทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือทุกด้านเสมอมา

ท้ายนี้ผู้จัดทำโครงงานขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยสนับสนุนในด้านการเงิน และให้กำลังใจแก่ผู้จัดทำเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

คณะผู้จัดทำโครงงาน

นายสานิต สุขหญีต

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญรูป ..... ฉ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 ขอบค่ายของโครงงาน 2

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.4 วิธีการดำเนินการ 2

1.5 ตารางดำเนินงาน 3

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 4

1.7 งบประมาณของโครงงาน 4

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี

2.1 หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า 5

2.2 โครงสร้างหม้อแปลง 7

2.3 การทดสอบหม้อแปลง 9

2.4 หลักการหาค่ากำลังสูญเสียในหม้อแปลง 12

บทที่ 3 การทดลองและวิธีทดลอง

3.1 แนวคิดของโครงงาน 16

3.2 การทดลองหม้อแปลง 18

3.3 การเขียนโปรแกรมคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย 22

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองหม้อแปลงจริง 23

4.2 การใช้โปรแกรมคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย 26

4.3 เปรียบเทียบผลการทดลองหม้อแปลงจริงและจะการใช้โปรแกรมคำนวณ 27

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง 29

5.2 ปัญหาที่พบ ข้อเสนอแนะ และแนวทางแก้ไข 29

5.3 แนวทางพัฒนาต่อ 29

เอกสารอ้างอิง 30

ภาคผนวก ก 31

ประวัติผู้เขียนโครงงาน 37

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงคำอธิบายการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า	5
2.2 แกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าชนิด 1 เฟส	8
2.3 แกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าชนิด 3 เฟส	9
2.4 การต่อวงจรทดสอบในสภาวะเปิดวงจร(Open circuit or no-load test)	9
2.5 การต่อวงจรในสภาวะลัดวงจร (Short circuit or no-load test)	11
2.6 เปรียบเทียบค่ากำลังสูญเสียขณะไม่มีการเชื่อมโยงและมีการเชื่อมโยงหม้อแปลง	12
3.1 หม้อแปลงไฟฟ้า 2 ตัว จ่ายโหลดให้กับโหลดจำนวน 2 ตัว	16
3.2 หม้อแปลงไฟฟ้า 1 ตัว จ่ายกำลังไฟฟ้าให้โหลด 2 โหลด	16
3.3 การทดสอบหม้อแปลงในสภาวะเปิดวงจร (Open circuit or no-load test)	18
3.4 การต่อวงจรในสภาวะลัดวงจร (Short circuit or no-load test)	19
3.5 ต่อโหลดมอเตอร์ (A) เข้ากับหม้อแปลง	19
3.6 ต่อโหลดมอเตอร์ (B) เข้ากับหม้อแปลง	20
3.7 การทดลองเชื่อมโยงหม้อแปลงไฟฟ้า	20
3.8 โฟชาร์ทการเขียนโปรแกรม	21
4.1 ค่าวัตท์มิเตอร์จากการทดลองในสภาวะเปิดวงจร	23
4.2 ค่าวัตท์มิเตอร์จากการทดลองในสภาวะลัดวงจร	24
4.3 ค่าวัตท์มิเตอร์ของโหลดชุด A	24
4.4 ค่าวัตท์มิเตอร์ของโหลดชุด B	25
4.5 ค่าวัตท์มิเตอร์ของการเชื่อมโยงหม้อแปลง	25
4.6 ผลคำนวณกำลังไฟฟ้าสูญเสียในหม้อแปลงกรณีไม่มีการเชื่อมโยงหม้อแปลง	26
4.7 ผลการคำนวณกำลังไฟฟ้าสูญเสียในหม้อแปลงกรณีมีการเชื่อมโยงหม้อแปลง	27

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากในปัจจุบันพลังงานมีความสำคัญอย่างมากต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์ พลังงานไฟฟ้าก็เป็นพลังงานที่สำคัญที่มนุษย์ต้องใช้กันทุกวันและขาดไม่ได้จึงจำเป็นที่จะต้องหาวิธีประหยัดและใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ นักอนุรักษ์พลังงานทางด้านไฟฟ้าได้มองมาทางด้านหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีความจำเป็นทางในด้าน อุตสาหะกรรมโรงงาน ห้างสรรพสินค้าและอื่น ๆ อีกมากมายที่ใช้หม้อแปลงไฟฟ้า นักอนุรักษ์พลังงานจึงมองว่าการลดการใช้หม้อแปลงด้วยวิธี การเชื่อมโยงหม้อแปลง เป็นวิธีหนึ่งในการลดความสูญเสียจากการใช้จำนวนหม้อแปลงเกินความจำเป็นซึ่งหากสามารถลดได้จะเป็นการประหยัดพลังงาน อย่างไรก็ตามความสูญเสียในหม้อแปลงแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ noload loss กับ load loss ซึ่งการรวมหม้อแปลงจะลด noload loss ได้แต่การนำโหลดไปให้หม้อแปลงอีกตัวจะทำให้เพิ่ม load loss แก่หม้อแปลงตัวนั้น

ตัวอย่างของปัญหาที่สามารถมองเห็นถึงการเชื่อมโยงหม้อแปลงไฟฟ้า เช่น ถ้าสถานที่หนึ่งมีหม้อแปลงไฟฟ้าจำนวน 2 ตัว โดยหม้อแปลงไฟฟ้าตัวแรกใช้ประสิทธิภาพ 30% และหม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่สองใช้ประสิทธิภาพ 40% ซึ่งเรามองเห็นแล้วว่าเมื่อรวมการใช้ประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าทั้ง 2 ตัว แล้วใช้ประสิทธิภาพแค่ 70% ซึ่งสามารถใช้หม้อแปลงเพียงตัวเดียวก็สามารถใช้งานในระบบได้ของสถานที่นี้ได้ ไม่จำเป็นต้องใช้หม้อแปลงทั้งสองตัว ถ้าใช้วิธีการ trying หม้อแปลงให้ใช้หม้อแปลงเพิ่งตัวเดียวแต่ให้ประสิทธิภาพ 70% เหมือนเดิมจะทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้มากเพียงใด จึงจำเป็นต้องศึกษาว่าสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้เป็นจำนวนเท่าใด

นักอนุรักษ์พลังงานส่วนใหญ่ มักจะลังเลในการตัดสินใจในการเชื่อมโยงหม้อแปลงเนื่องจากปัจจัยหลายประการ เช่น load loss , noload loss , พิกัดของหม้อแปลง เป็นต้น ดังนั้นโปรแกรมนี้จะช่วยในการตัดสินใจได้ทันทีว่าจะควรมีการเชื่อมโยงหม้อแปลงหรือไม่

1.2 ขอบค่ายของโครงงาน

1.2.1 ศึกษาการ tieing หม้อแปลงได้อย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดพลังงาน

1.2.2 ศึกษาการประหยัดพลังงานของหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อ tieing หม้อแปลงไฟฟ้า ว่าประหยัดได้หรือไหม

1.2.3 ศึกษาและเขียนโปรแกรมคำนวณค่าที่ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.3.1 เพื่อศึกษาการ tieing หม้อแปลงไฟฟ้าในช่วงเวลที่ต้องการ

1.3.2 เพื่อศึกษาพลังงานที่ประหยัดได้จากการ tieing หม้อแปลงไฟฟ้า

1.3.3 คำนวณสามารถใช้กับหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดใหญ่ได้

1.4 วิธีการดำเนินการ

1.4.1 ศึกษาหาข้อมูลวิธีการ

- tieing หม้อแปลงไฟฟ้า
- การเขียนโปรแกรมภาษา C

1.4.2 ทำการทดลองต่อหม้อแปลงเข้ากับโหลดภาระน้อย

- ทดสอบจ่ายประสิทธิภาพหม้อแปลงโดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้า 2 ตัว
- ทดสอบการ tieing หม้อแปลงไฟฟ้าเข้ากับระบบ

1.4.3 คำนวณผลที่ได้จากการทดลองว่าใช้พลังงานไฟฟ้าเท่าไร และเปรียบเทียบว่าประหยัดพลังงานได้เท่าไร

1.4.4 ดำเนินการเขียนโปรแกรมคำนวณการประหยัดพลังงานไฟฟ้าด้วย โปรแกรมภาษา C

1.4.5 สรุปผลการทดลองและปัญหา

1.4.6 จัดทำรูปเล่มรายงาน

1.5 ตารางดำเนินงาน

กิจกรรม	ปี2548		ปี2549			
	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1. ศึกษาวิธีการ tieing หม้อแปลงและการเขียนภาษา C	←	→				
2. ทำการทดลองหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อหาค่าต่าง ๆ ของหม้อแปลง		←	→			
3. คำนวณผลค่าต่าง ๆ ของหม้อแปลงที่ได้จากการทดลองเทียบกับพิกัดหม้อแปลง			←	→		
4. เขียนโปรแกรมภาษา C คำนวณผลค่าพลังงานที่ประหยัดได้				←	→	
5. สรุปผลการทดลองและปัญหา					←	→
6. จัดทำรูปเล่มรายงาน					←	→

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ทราบการ tieing หม้อแปลงไฟฟ้าในช่วงที่เหมาะสม

1.6.2 ทราบว่าวิธีประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้จริงหรือไหม

1.6.3 ได้โปรแกรมคำนวณการประหยัดพลังงาน

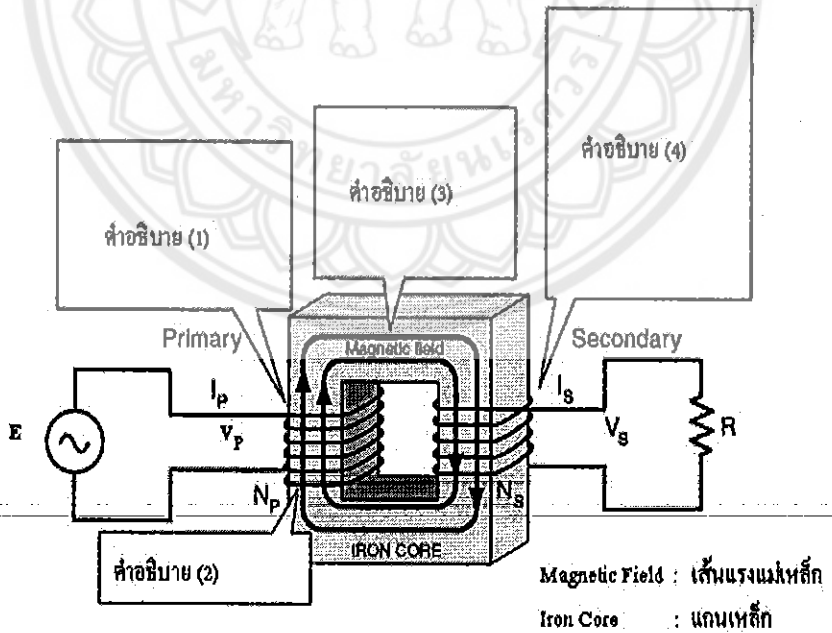
1.7 งบประมาณ

จัดทำรูปเล่มรายงาน	400 บาท
ถ่ายเอกสาร	200 บาท
รวมเป็นเงินที่ใช้จ่าย	600 บาท

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้าหรือที่เรียกว่า ทรานซ์ฟอร์เมอร์ (Transformer) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ถ่ายทอดพลังงานไฟฟ้าจากวงจรไฟฟ้ากระแสสลับจากวงจรหนึ่งไปอีกวงจรหนึ่งโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงความถี่ แต่เป็นการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้า ถ้าหม้อแปลงไฟฟ้ารับพลังงานไฟฟ้าจากวงจรไฟฟ้าที่มีแรงดันขนาดหนึ่ง แล้วถ่ายทอดไปอีกวงจรหนึ่งที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าหม้อแปลงไฟฟ้าแบบนี้เรียกว่า หม้อแปลงขึ้น (Step-Up Transformer) แต่ถ้าหม้อแปลงไฟฟ้ารับพลังงานไฟฟ้าจากวงจรไฟฟ้าที่มีแรงดันขนาดหนึ่ง แล้วถ่ายทอดไปอีกวงจรหนึ่งที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าหม้อแปลงไฟฟ้าแบบนี้เรียกว่า หม้อแปลงลง (Step-down Transformer) หรือถ้าหม้อแปลงไฟฟ้ารับพลังงานไฟฟ้าจากวงจรที่มี แรงดันไฟฟ้าขนาดหนึ่งแล้วถ่ายทอดไปอีก วงจรหนึ่งที่มีแรงดันไฟฟ้าเท่าเดิมเรียกหม้อแปลงไฟฟ้าแบบนี้ว่าหม้อแปลงหนึ่งต่อหนึ่ง (One to one transformer)



รูปที่ 2.1 แสดงคำอธิบายการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

สัญลักษณ์ในสมการ

E : แรงเคลื่อนไฟฟ้าจากแหล่งไฟสลับ (โวลต์)

V : แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (โวลต์)

I : กระแสไฟฟ้า (แอมป์)

R : โหลดตัวต้านทาน (โอห์ม)

N : จำนวนรอบของขดลวด (รอบ)

f : ความถี่ (รอบต่อวินาที)

A : พื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก (ตารางเมตร)

t : เวลา (วินาที)

"P" : ปฐมภูมิ (Primary)

"S" : ทุติยภูมิ (Secondary)

$\frac{\Delta B}{\Delta t}$: อัตราการเปลี่ยนแปลงจากความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กต่อเวลา

B : ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก (เวเบอร์ต่อตารางเมตร)

กฎของฟาราเดย์ (Faraday's Law) กล่าวไว้ว่า เมื่อขดลวดได้รับแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ จะทำให้ขดลวดมีการเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็กตามขนาดของรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ และทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นที่ขดลวดนี้

คำอธิบาย 1 : เมื่อขดลวดปฐมภูมิได้รับแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ จะทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นตามกฎของฟาราเดย์ ขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำนี้ขึ้นอยู่กับ จำนวนรอบของขดลวด พื้นที่แกนเหล็ก และความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กที่มีการเปลี่ยนแปลงจากไฟฟ้ากระแสสลับ โดยเขียนในรูปคณิตศาสตร์ได้ คือ

$$V_p = -N_p A \frac{\Delta B}{\Delta t} \qquad 2.1$$

ข้อสังเกต เครื่องหมายลบ แสดงให้เห็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีทิศทางตรงข้ามกับเส้นแรงแม่เหล็ก

คำอธิบาย 2 : เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดจะทำให้มีเส้นแรงแม่เหล็กในขดลวด เส้นแรงแม่เหล็กนี้เปลี่ยนแปลงตามขนาดของรูปคลื่นไฟฟ้าที่ได้รับ

คำอธิบาย 3 : เส้นแรงแม่เหล็กเกือบทั้งหมดจะอยู่รอบแกนเหล็ก

คำอธิบาย 4 : เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กผ่านขดลวด จะทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นที่ขดลวดทุติยภูมินี้ และเขียนในรูปคณิตศาสตร์ ได้คือ

$$V_s = -N_s A \frac{\Delta B}{\Delta t} \qquad 2.2$$

ความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และจำนวนรอบของขดลวดทั้งด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิของหม้อแปลงตามอุดมคติ (Ideal Transformer : ไม่รวมการสูญเสียของขดลวดและแกนเหล็ก) สามารถหาได้จาก

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{I_p}{I_s} = \frac{N_s}{N_p} \qquad 2.3$$

ความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความถี่ จำนวนรอบของขดลวด พื้นที่แกนเหล็ก และความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก (ไม่รวมการสูญเสียของเส้นแรงแม่เหล็กและแกนของหม้อแปลง) หาได้จาก

$$V = 4.44 fNAB \qquad 2.4$$

2.2 โครงสร้างหม้อแปลง

หม้อแปลงแบ่งออกตามการใช้งานของระบบไฟฟ้ากำลัง 2 แบบคือ หม้อแปลงไฟฟ้าชนิด 1 เฟส และหม้อแปลงไฟฟ้าชนิด 3 เฟสแต่ละชนิดมีโครงสร้างสำคัญประกอบด้วย

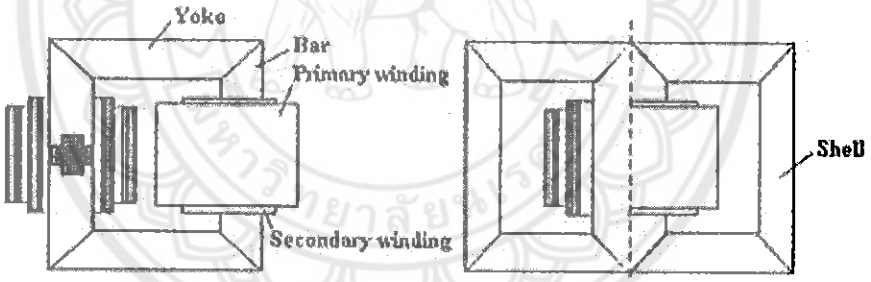
1. ขดลวดตัวนำปฐมภูมิ (Primary Winding) ทำหน้าที่รับแรงเคลื่อนไฟฟ้า
2. ขดลวดทุติยภูมิ (Secondary Winding) ทำหน้าที่จ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้า
3. แผ่นแกนเหล็ก (Core) ทำหน้าที่เป็นทางเดินสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและให้ขอลวดพันรอบแกนเหล็ก
4. ขั้วต่อสายไฟ (Terminal) ทำหน้าที่เป็นจุดต่อสายไฟกับขดลวด
5. แผ่นป้าย (Name Plate) ทำหน้าที่บอกรายละเอียดประจำตัวหม้อแปลง
6. อุปกรณ์ระบายความร้อน (Coolant) ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับขดลวด
7. โครง (Frame) หรือตัวถังของหม้อแปลง (Tank) ทำหน้าที่บรรจุขดลวด แกนเหล็ก รวมทั้งการติดตั้งระบบระบายอากาศ
8. สวิตซ์และอุปกรณ์ควบคุม (Switch Controller) ทำหน้าที่ควบคุมการเปลี่ยนขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้า

ขดลวด

วัสดุที่ใช้ทำขดลวดหม้อแปลงโดยทั่วไปทำมาจากสายทองแดงเคลือบน้ำยาฉนวน มีขนาดและลักษณะลวดเป็นทรงกลมหรือแบนขึ้นอยู่กับขนาดของหม้อแปลง ลวดเส้นโตจะมีความสามารถใน การจ่ายกระแสได้มากกว่าลวดเส้นเล็ก หม้อแปลงขนาดใหญ่มักใช้ลวดถักแบบตีเกลียวเพื่อเพิ่มพื้นที่สายตัวนำให้มีทางเดินของกระแสไฟมากขึ้น สายตัวนำที่ใช้พันขดลวดบนแกนเหล็กทั้งขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิอาจมีแทปแยก (Tap) เพื่อแบ่งขนาดแรงเคลื่อนไฟฟ้า

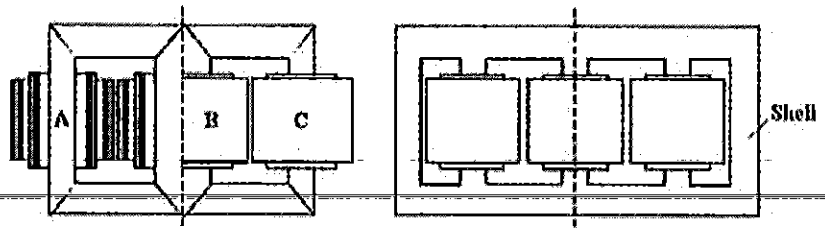
แกนเหล็ก

แผ่นเหล็กที่ใช้ทำหม้อแปลงจะมีส่วนผสมของสารกึ่งตัวนำ-ซิลิกอนเพื่อรักษาความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบขดลวดไว้ แผ่นเหล็กแต่ละชั้นเป็นแผ่นเหล็กบางเรียงต่อกันหลายชิ้นทำให้มีความต้านทานสูงและช่วยลดการสูญเสียบนแกนเหล็กที่ส่งผลให้เกิดความร้อนหรือที่เรียกว่ากระแสไหลวนบนแกนเหล็กโดยทำแผ่นเหล็กให้เป็นแผ่นบางหลายแผ่นเรียงซ้อนประกอบขึ้นเป็น แกนเหล็กของหม้อแปลง ซึ่งมีด้วยกันหลายรูปแบบเช่น แผ่นเหล็กแบบ Core และแบบ Shell



(ก) แบบ Cor (ข) แบบ Shell

รูปที่ 2.2 แกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าชนิด 1 เฟส



(ก) แบบ Core (ข) แบบ Shell

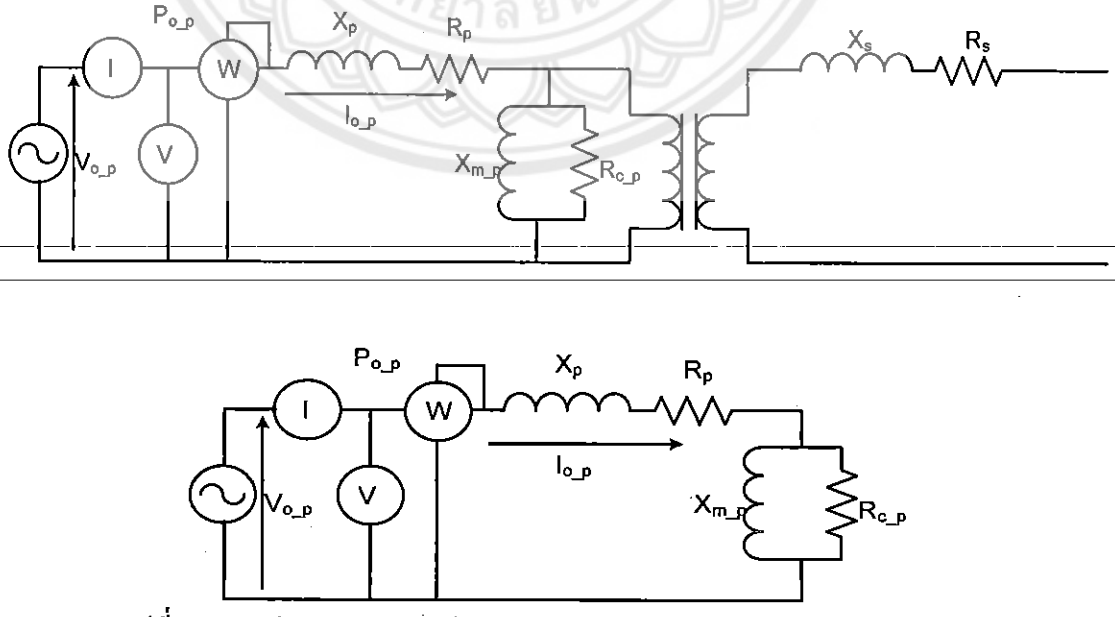
รูปที่ 2.3 แกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าชนิด 3 เฟส

2.3 การทดสอบหม้อแปลง

2.3.1 การทดสอบหม้อแปลงด้วยวิธีเปิดวงจร(Open-Circuit Test : O.C. Test หรือ No-Load Test)

การทดสอบนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นในสภาวะไร้โหลด(no-load loss) หรือการสูญเสียในแกนเหล็ก(Core loss or iron loss)การทดสอบดังกล่าวจะกระทำโดยการเปิดวงจรทาง ด้านทุติยภูมิแล้วเอาวัตต์มิเตอร์ โวลต์มิเตอร์และแอมป์มิเตอร์ต่อตามรูปที่ 2.4

เนื่องจากในระบบการส่งจ่ายไฟฟ้ามีการส่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าในขนาดที่สูงกว่าแรงดันที่ใช้ในอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วๆ ไป โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดปัญหาแรงดันตก (Voltage drop) อาทิเช่น แรงดันปกติ 380V การไฟฟ้าจ่าย 400 V ดังนั้นอุปกรณ์ที่นำมาปรับแรงดันให้เหมาะสมกับ การนำไปใช้คือ หม้อแปลง ซึ่งในการปรับแทปหม้อแปลงนี้จะมีผลต่อการใช้พลังงานของโหลดจึงได้มีการศึกษาใน เรื่องผลกระทบของการปรับแทปหม้อแปลง



รูปที่ 2.4 การต่อวงจรทดสอบในสภาวะเปิดวงจร(Open circuit or no-load test)

ค่าที่อ่านได้จากวัตต์มิเตอร์คือค่าที่เกิดการสูญเสียในแกนเหล็ก หรือค่าที่เกิดการสูญเสียในสภาวะไร้โหลด ค่าที่อ่านได้จากแอมป์มิเตอร์คือค่ากระแสในสภาวะไร้โหลด(No- Load Current) ซึ่งมีค่าที่ต่ำมากเมื่อเทียบกับกระแสที่เต็มโหลดเต็มพิกัด (Rated Load Current) ค่าแรงดันที่ได้คือค่าแรงดันในสภาวะไร้โหลด(No-Load Voltage)

ดังนั้นจะได้ว่าจากสมการ

$$\therefore \quad P_O = V_1 I_0 \cos\phi \qquad 2.5$$

$$I_\mu = I_0 \sin\phi_0 \qquad 2.6$$

$$I_\omega = I_0 \cos\phi_0 \qquad 2.7$$

P_O = การสูญเสียในแกนเหล็ก

V_1 = ค่าแรงดันในสภาวะไร้โหลด(No-Load Voltage)

I_0 = กระแสในสภาวะไร้โหลด(No- Load Current)

I_μ = กระแสที่ทำให้เกิดการสูญเสียในแกนเหล็ก

I_ω = กระแสที่สร้างฟลักซ์

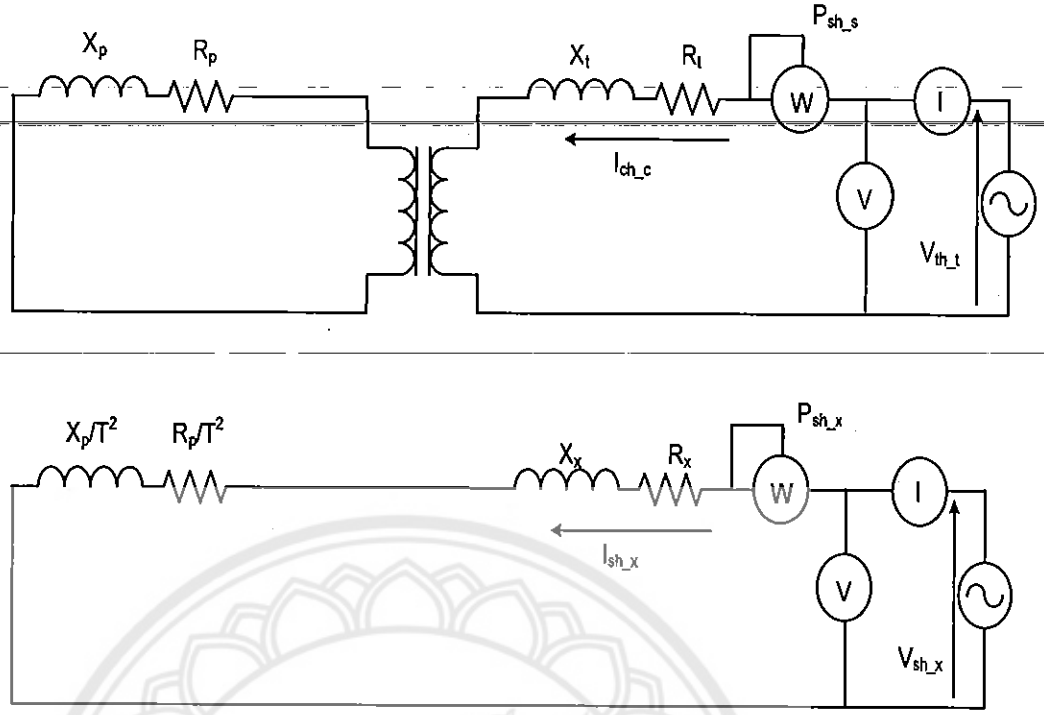
2.3.2 การทดสอบในสภาวะลัดวงจร (Short circuit or no-load test)

การทดสอบในสภาวะลัดวงจร นี้มีจุดมุ่งหมายดังนี้

ก. เพื่อหาค่าหารสูญเสียในขดลวดทองแดง เมื่อโหลดเต็มพิกัด ค่าการสูญเสียนี้จะนำไปหาประสิทธิภาพของหม้อแปลง

ข. เพื่อหาค่าความต้านทานสมมูลย์ (R01 หรือ R02)ค่าลีคเกจรีแอคแตนซ์สมมูลย์(X01 หรือ X02)ค่าอิมพิแดนซ์สมมูลย์ของหม้อแปลง

ค. เมื่อทราบ ก็สามารถ หาค่าแรงดันที่ตกคร่อมอิมพิแดนซ์ของหม้อแปลงได้



รูปที่ 2.5 การต่อวงจรในสภาวะลัดวงจร (Short circuit or no-load test)

ค่าที่อ่านได้จากแอมป์มิเตอร์คือค่ากระแสในสภาวะโหลดเต็มพิกัด(Full- Load Current) ค่าแรงดันที่ได้คือค่าแรงดันในสภาวะโหลดเต็มพิกัด(Full-Load Voltage)ค่ากำลังที่อ่านได้คือ ค่ากำลังที่สูญเสียในขดลวดทองแดงเมื่อโหลดเต็มพิกัด

$$P_{SC} = I_{SC}^2 R_{01} \qquad 2.8$$

$$R_{01} = \frac{P_{SC}}{I_{SC}^2} \qquad 2.9$$

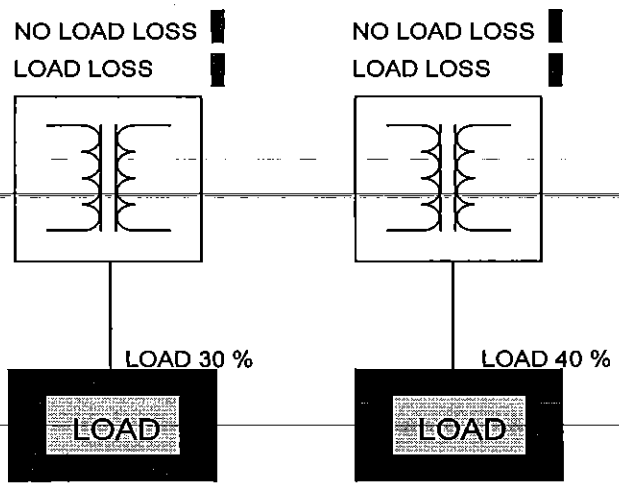
$$Z_{01} = \frac{V_{SC}}{I_{SC}} \qquad 2.10$$

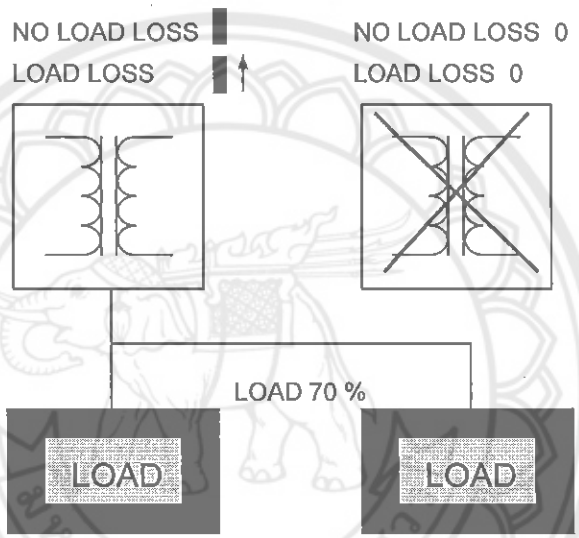
$$X_{01} = \sqrt{Z_{01}^2 - R_{01}^2} \qquad 2.11$$

P_{sc} = การสูญเสียในขดลวด

V_{sc} = ค่าแรงดันในสภาวะโหลดเต็มพิกัด(Full-Load Voltage)

I_{sc} = ค่ากระแสในสภาวะโหลดเต็มพิกัด(Full- Load Current)





รูปที่ 2.6 เปรียบเทียบค่ากำลังสูญเสียขณะไม่มีการเชื่อมโยงและมีการเชื่อมโยงหม้อแปลง

2.4 สูตรในการคำนวณด้วยมือในกรณีหม้อแปลงไฟฟ้าจำนวน 2 ตัว และลดเหลือ 1 ตัว

คิดกรณีใช้หม้อแปลงไฟฟ้าจำนวน 2 ตัว เพื่อเทียบกับกรณีใช้หม้อแปลงไฟฟ้าจำนวน 1ตัว โดยหาพิกัดของหม้อแปลงทั้งสองตัวและค่า Power Factor

จากนั้นหาค่าโหลดเฉลี่ยที่หม้อแปลงตัวที่ 1 และตัวที่ 2 ต้องจ่ายในช่วงเวลากลางวันตอนใช้งานแล้วเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์โดยเทียบกับพิกัดหม้อแปลง และช่วงเวลากลางคืนว่าหม้อแปลงจ่ายกระแสเท่าไร

ในช่วงเวลากลางคืนคิดค่าความสูญเสียจาก

$$\text{กำลังไฟฟ้าสูญเสีย} = \sqrt{3} \times V \times I \times P.F. \qquad 2.12$$

2.4.1 หาความสูญเสียกรณีใช้หม้อแปลงไฟฟ้า 2 ตัว

ทำการตรวจสอบ Specification หาค่า noload loss และ load loss ของหม้อแปลงทั้งสองตัว

สูตรหาความสูญเสียในหม้อแปลงทั้งหมด

$$Loss = noloat_loss + [loat_loss \times \left(\frac{Power}{VA_{rated} \times P.F.}\right)^2] \quad 2.13$$

หาความสูญเสียของหม้อแปลงตัวที่ 1 และตัวที่ 2 ทั้งช่วงใช้งานและช่วงไม่ใช้งาน และรวมกันจะได้ความสูญเสียจากการใช้หม้อแปลง 2 ตัว

2.4.2 หาความสูญเสียกรณีเมื่อมีการเชื่อมโยงหม้อแปลงแล้ว (ใช้หม้อแปลง 1 ตัว)

รวมค่าโหลดปกติโดยเฉลี่ยของหม้อแปลงทั้ง 2 ในช่วงใช้งาน และในช่วงไม่ใช้งาน จากนั้นหาค่าความสูญเสียจากสูตรด้านบนทั้งช่วงใช้งานและไม่ใช้งาน แล้วรวมความสูญเสียที่ได้

นำค่าที่ได้จากการใช้หม้อแปลง 2 ตัวและ 1 ตัวมาเทียบว่าลดความสูญเสียได้หรือไม่

2.4.3 ตัวอย่างการคำนวณ

จากการสำรวจห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่งพบว่า มีหม้อแปลงจำนวน 2 ชุด จากการวิเคราะห์พบว่า สามารถลดจำนวนหม้อแปลงลงได้ 1 ตัว จากการสำรวจพบว่าหม้อแปลงแต่ละตัวพิกัด 1250 kW และ Power Factor ที่ทำงานอยู่ที่ประมาณ 0.92

ในช่วงเวลาทำงาน(11.00 ถึง 23.00 น.) หม้อแปลงตัวที่ 1 มีการจ่ายโหลดเฉลี่ยประมาณ 363 kW คิดเป็นโหลดภาระประมาณเพียง 31.6 เปอร์เซ็นต์ของพิกัด ส่วนหม้อแปลงตัวที่ 2 มีการรับโหลดเฉลี่ยประมาณ 339 kW คิดเป็นโหลดภาระประมาณเพียง 29.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเห็นได้ว่าหากทำการรวมโหลดให้หม้อแปลงตัวเดียวจ่ายกำลังไฟฟ้าก็ยังไม่ถึงพิกัด

ในเวลาห้างสรรพสินค้าปิดพบว่า หม้อแปลงแต่ละตัวจะจ่ายกระแสไฟฟ้าประมาณ 50 แอมป์ จากการสำรวจพบว่ามี Tie Circuit Breaker อยู่แล้ว จึงเหมาะสมที่จะลดจำนวนหม้อแปลงโดยเหลือการใช้งานหม้อแปลงเพียงตัวเดียว โดยการ Tie โหลดของหม้อแปลงอีกตัวไปยังหม้อแปลงตัวที่ต้องการให้ทำงาน

<u>วิธีคำนวณ</u>

จากการตรวจสอบ Specification ของหม้อแปลงพบว่า มีค่า noload loss ประมาณ 2.3 kW และ load loss ประมาณ 10 kW

1. ค่าความสูญเสียกรณีหม้อแปลงสองตัวทำงานพร้อมกัน

หากตัวประกอบกำลังเท่ากับ 0.92 (จากค่าที่วัดจาก Panel ของตู้ MDB) แล้ว

ค่าโหลดปกติโดยเฉลี่ยของหม้อแปลงตัวที่ 1 ประมาณ 363 kW (เวลาห้างเปิด 12 ชั่วโมง)

และประมาณ $\sqrt{3}\times 400\times 50\times 0.92 \approx 31.87$ kW (เวลาห้างปิด 12 ชั่วโมง)

ค่าโหลดปกติโดยเฉลี่ยของหม้อแปลงตัวที่ 1 ประมาณ 363 kW (เวลาห้างเปิด 12 ชั่วโมง)

และประมาณ $\sqrt{3}\times 400\times 50\times 0.92 \approx 31.87$ kW (เวลาห้างปิด 12 ชั่วโมง)

จากสูตร ค่าความสูญเสียทั้งหมดในหม้อแปลง เท่ากับ

$$Loss = noloat\ _loss + [loat\ _loss \times \left(\frac{Power}{VA_{rated} \times P.F.}\right)^2]$$

ดังนั้น ความสูญเสียทั้งหมดจากหม้อแปลงตัวที่ 1 ประมาณ

$$Loss_{TR1_on} = 2.3 + [10 \times \left(\frac{363}{1250\times 0.92}\right)^2] = 3.296 \text{ kW}$$ (เวลาห้างเปิด 12 ชั่วโมง)

$$Loss_{TR1_off} = 2.3 + [10 \times \left(\frac{31.87}{1250\times 0.92}\right)^2] = 2.307 \text{ kW}$$ (เวลาห้างปิด 12 ชั่วโมง)

ความสูญเสียทั้งหมดจากหม้อแปลงตัวที่ 2ประมาณ

$$Loss_{TR2_on} = 2.3 + [10 \times \left(\frac{339}{1250\times 0.92}\right)^2] = 3.169 \text{ kW}$$ (เวลาห้างเปิด 12 ชั่วโมง)

$$Loss_{TR2_off} = 2.3 + [10 \times \left(\frac{31.87}{1250\times 0.92}\right)^2] = 2.307 \text{ kW}$$ (เวลาห้างปิด 12 ชั่วโมง)

รวม kWh/Year ของ ความสูญเสีย ของหม้อแปลงเนื่องจากการทำงานของหม้อแปลงทั้งสองตัว

$$= 365 \times \{[(3.296 + 2.307)\times 12] + [(3.169 + 2.307)\times 12]\} = 48{,}526 \text{ kWh/Year}$$

2. ค่าความสูญเสียกรณีหม้อแปลงตัวเดียวทำงาน

หากตัวประกอบกำลังเท่าแบ 0.92 แล้ว

หลังจากการรวมโหลดให้หม้อแปลงตัวเดียวจ่ายกำลังไฟฟ้า ดังนั้น โหลดของหม้อแปลงจะเป็น

ค่าโหลดปกติโดยเฉลี่ยของหม้อแปลง ประมาณ 363+339=702 kW (เวลาห้างเปิด 12 ชั่วโมง)

และประมาณ 31.87+31.87 = 63.74 kW (เวลาห้างปิด 12 ชั่วโมง)

จากสูตรความสูญเสียเท่ากับ

$$Loss = noloat\ _loss + [loat\ _loss \times \left(\frac{Power}{VA_{rated} \times P.F.}\right)^2]$$

ดังนั้น ความสูญเสียจากหม้อแปลงประมาณ

$$Loss_{TR1_on} \approx 2.3 + [10 \times \left(\frac{702}{1250\times 0.92}\right)^2] \approx 6.026 \text{ kW}$$ (เวลาห้างเปิด 12 ชั่วโมง)

$$Loss_{TR1_off} \approx 2.3 + [10 \times \left(\frac{31.87}{1250\times 0.92}\right)^2] \approx 2.307 \text{ kW}$$ (เวลาห้างปิด 12 ชั่วโมง)

รวม kWh/Year ของความสูญเสียของหม้อแปลงเนื่องจากการทำงานของหม้อแปลงหนึ่งตัวเท่ากับ

$$\approx 365 \times [(6.026 + 2.331) \times 12] \approx 36{,}604 \text{ kWh/Year}$$

ดังนั้นหากทำการลดหม้อแปลงลงเหลือ 1 ชุดแล้ว คิดเป็นพลังงานที่ประหยัดได้ต่อปีเป็น

$$48{,}526 - 36{,}604 = 11{,}922 \text{ kWh/Year}$$

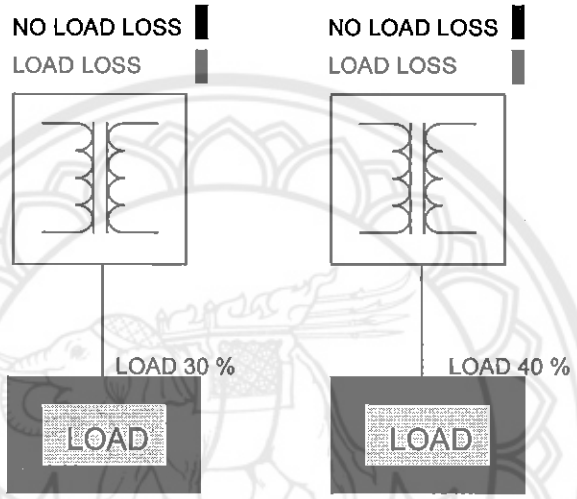
บทที่ 3

การทดลองและวิธีการทดลอง

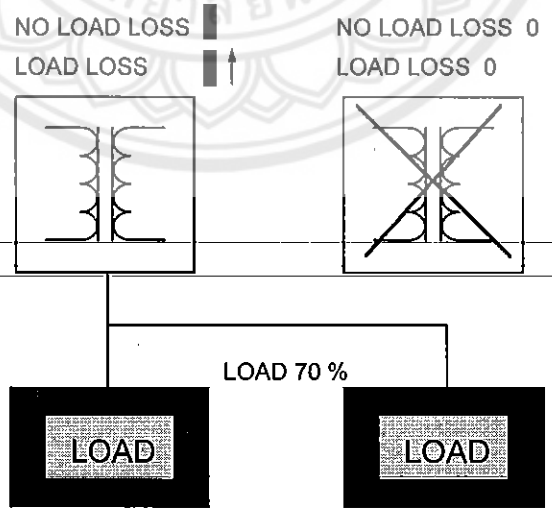
ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวคิดของโครงงาน การเขียนโปรแกรม และการทดสอบหม้อแปลง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 แนวคิดของโครงงาน

ความเป็นมาของการประหยัดพลังงานโดยการเชื่อมโยงหม้อแปลงดังรูปที่ 3.1 และรูปที่3.2



รูปที่ 3.1 หม้อแปลงไฟฟ้า 2 ตัว จ่ายโหลดให้กับโหลดจำนวน 2 ชุด



รูปที่ 3.2 หม้อแปลงไฟฟ้า 1 ตัว จ่ายกำลังไฟฟ้าให้โหลด 2 ชุด

จากรูปที่ 3.1 หม้อแปลงจำนวน 2 ตัว จ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลด โดยแยกจ่ายหม้อแปลงไฟฟ้า 1 ตัวต่อโหลด 1 ตัว เมื่อพิจารณาที่โหลดแต่ละตัวใช้กำลังไฟฟ้าไม่เกิน 50 % ของหม้อแปลงแต่ละตัว ความสูญเสียกำลังไฟฟ้าต้องพิจารณาจาก Noload_loss ของหม้อแปลงตัวที่ 1 และตัวที่ 2 Load_loss ของหม้อแปลงตัวที่ 1 และตัวที่ 2 และความสูญเสียที่เกิดจากการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้โหลดทั้ง 2 ตัว เมื่อนำไปคิดหาค่าความสูญเสียที่เกิดจากการใช้หม้อแปลงทั้ง 2 ตัวก็จะได้ความสูญเสียกำลังไฟฟ้าออกมา

จากรูปที่ 3.2 เมื่อพิจารณาดูแล้วว่าโหลดกินกำลังไฟฟ้าไม่เกิน 50 % ของพิกัดกำลังหม้อแปลงแต่ละตัวแต่ละตัว โดยที่โหลดรวมไม่ควรเกิน 80 % ของพิกัดกำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงเพื่อความปลอดภัยและไม่เกิดผลกระทบกับหม้อแปลง พิจารณาการรวมโหลดของหม้อแปลง 2 ตัวให้หม้อแปลงเพียงตัวเดียวจ่ายกำลังไฟฟ้า เมื่อพิจารณาความสูญเสียกำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงต้องพิจารณาจาก Noload_loss ของหม้อแปลงและ Load_loss ของหม้อแปลง และความสูญเสียจากการ จ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลด

เมื่อลองทำการเปรียบเทียบค่าความสูญเสียกำลังไฟฟ้าจากรูปที่ 3.1 และรูปที่ 3.2 ความเป็นไปได้ในการที่จะประหยัดพลังงานไฟฟ้า เมื่อพิจารณาจากค่า Noload_loss , Load_loss และค่าของโหลด การใช้หม้อแปลง 2 ตัว จ่ายกำลังให้โหลด 2 ตัว ควรจะสูญเสียกำลังไฟฟ้ามากกว่าการใช้หม้อแปลง 1 ตัวจ่ายกำลังให้โหลด 2 ตัว ในการคำนวณหาค่าความสูญเสียกำลังไฟฟ้าของหม้อแปลง ใช้สมการดังต่อไปนี้

$$Loss = noload_loss + [load_loss \times \left(\frac{Power}{VA_{rated} \times P.F.} \right)^2] \qquad 3.1$$

โดยที่ Loss = ค่ากำลังไฟฟ้าที่สูญเสีย

noload_loss = ค่ากำลังไฟฟ้ารับเข้าของหม้อแปลงขณะไม่มีโหลด (Coreloss)

load_loss = ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในเนื้อทองแดงของขดลวดหม้อแปลงทั้ง 2 ชุด ขณะจ่ายโหลด (Copperloss)

Power = พิกัดกำลังไฟฟ้าของโหลด

VA_{rated} = ค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า

P.F. = ค่า Power Factor ของหม้อแปลงไฟฟ้า

สมการข้างต้นเป็นสมาการหลักในการใช้เขียนโปรแกรมคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของหม้อแปลง โดยใช้โปรแกรม Visual C++ เป็นโปรแกรมในการเขียนโปรแกรม

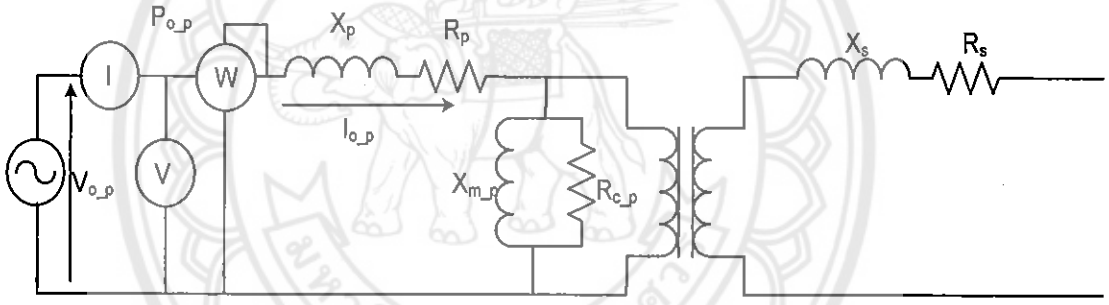
3.2 การทดลองหม้อแปลง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. หม้อแปลงไฟฟ้า	2 ตัว
2. วัตต์มิเตอร์ 3 เฟส	1 ชุด
3. โวลต์มิเตอร์	1 ตัว
4. แอมป์มิเตอร์	1 ตัว
5. โหลดมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 175 W	3 ตัว
6. โหลดมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 370 W	2 ตัว

3.2.1 การทดสอบในสภาวะเปิดวงจร (Open circuit or no-load test)

เป็นการทดสอบหาค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นในสภาวะไร้โหลด(Noload_loss) หรือการสูญเสียในแกนเหล็ก(Core loss or iron loss)การทดสอบดังกล่าวจะกระทำโดยการเปิดวงจรทางด้านทุติยภูมิแล้วเอาวัตต์มิเตอร์ โวลต์มิเตอร์และแอมป์มิเตอร์ต่อตามรูปที่ 3.3

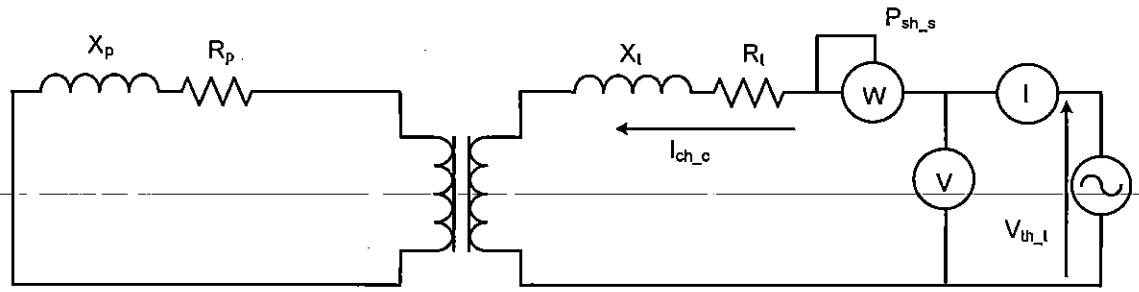


รูปที่ 3.3 การทดสอบหม้อแปลงในสภาวะเปิดวงจร (Open circuit or no-load test)

ทำการทดลองกับหม้อแปลง 3 เฟส ขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้า(VA_{rated}) 6.6 kVA กระแสสูงสุด (I_{max}) 10 A

3.2.2 การทดสอบในสภาวะลัดวงจร (Short circuit or no-load test)

การทดสอบในสภาวะลัดวงจร นี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อหาค่าการสูญเสียในขดลวดทองแดง (Copper loss) เมื่อโหลดเต็มพิกัด การต่อวงจรเป็นดังรูปที่ 3.4

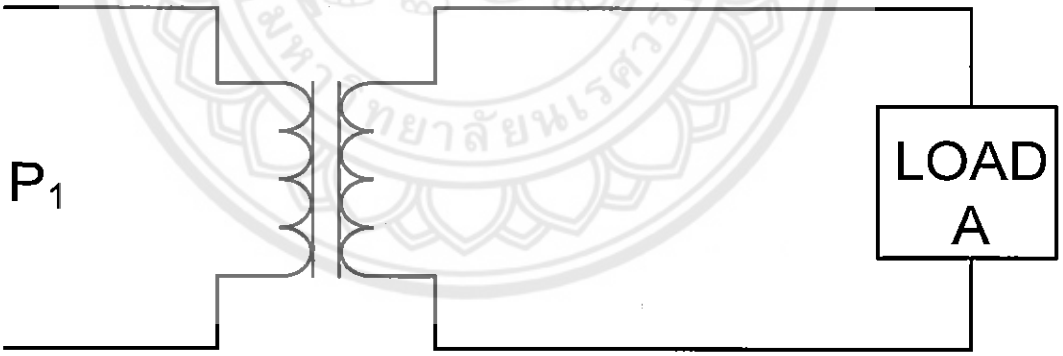


รูปที่ 3.4 การต่อวงจรในสภาวะลัดวงจร (Short circuit or no-load test)

ทำการทดลองกับหม้อแปลง 3 เฟส ขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้า(VA_{rated}) 6.6 kVA กระแสสูงสุด (I_{max}) 10 A

3.2.3 การทดลองต่อโหลดกับหม้อแปลงโดยแยกหม้อแปลง 1 ตัวต่อโหลด 1 ชุด

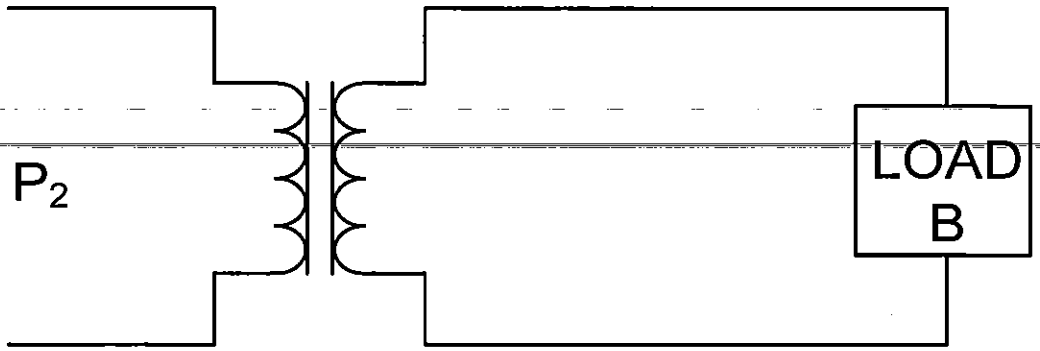
ทำการต่อโหลด A เข้ากับหม้อแปลงไฟฟ้าแล้ววัดค่ากำลังสูญเสียที่เกิดจากการต่อโหลด โดยวัดค่ากำลังไฟฟ้าด้านเข้าหม้อแปลง ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ต่อโหลดมอเตอร์ (A) เข้ากับหม้อแปลง

โหลด A เป็นมอเตอร์ 3 เฟส ขนาด 175 W , 0.51 A และมอเตอร์ 3 เฟส ขนาด 370 W, 1.2 A

ทำการต่อโหลด B เข้ากับหม้อแปลงไฟฟ้าแล้ววัดค่ากำลังสูญเสียที่เกิดจากการต่อโหลด โดยวัดค่ากำลังไฟฟ้าด้านเข้าหม้อแปลง ดังรูปที่ 3.6



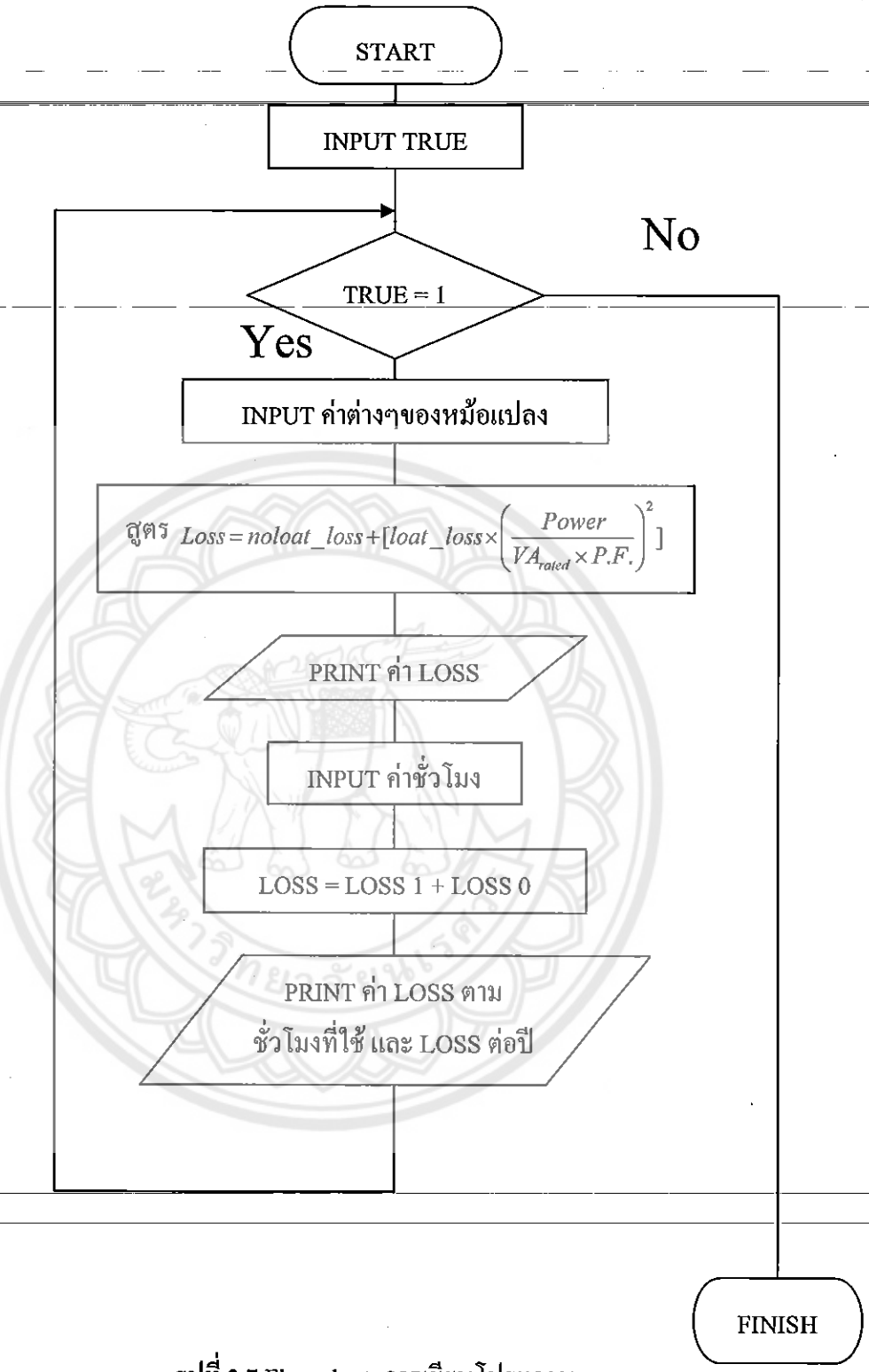
รูปที่ 3.6 ต่อโหลดมอเตอร์ (B) เข้ากับหม้อแปลง

โหลด Bเป็นมอเตอร์ 3 เฟส ขนาด 175 W , 0.51 A 2 ตัวและมอเตอร์ 3 เฟส ขนาด 370 W, 1.2 A

3.2.4 การทดสอบเชื่อมโยงหม้อแปลง

นำโหลดจากการทดลอง 3.2.3 คือ Aและ B ซึ่งเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส 175 W , 380 V , 0.52 A 3 ตัวและมอเตอร์ 3 เฟส ขนาด 370 W 1.2 A มาต่อเข้ากับหม้อแปลงเพื่อวัดค่ากำลังสูญเสีย ที่เกิดจากการต่อโหลด โดยวัดค่ากำลังไฟฟ้าด้านเข้าหม้อแปลง ดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 การทดลองเชื่อมโยงหม้อแปลงไฟฟ้า



รูปที่ 3.7 Flow chart การเขียนโปรแกรม

3.3 การเขียนโปรแกรมคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย

จากรูปที่ 3.7 โฟชาร์ทการเขียนโปรแกรมคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในหม้อแปลง โดยขั้นตอนในการรับค่าและคำนวณเป็นดังนี้

1) ถ้าต้องการคำนวณกด 1 ถ้าต้องการยกเลิกกด 0
2) โปรแกรมรับค่า Noload_loss, Load_loss, ค่ากำลังไฟฟ้าของโหลด,พิกัดหม้อแปลงไฟฟ้า(VA_{rated}), Power Facter
3) คำนวณค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย
4) รับค่าชั่วโมงที่ใช้งานหม้อแปลง
5) คำนวณค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียตามชั่วโมงที่ใช้และค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียต่อปี
6) โปรแกรมวนลูปรับค่าต่อไปและรวมค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมด

บทที่ 4

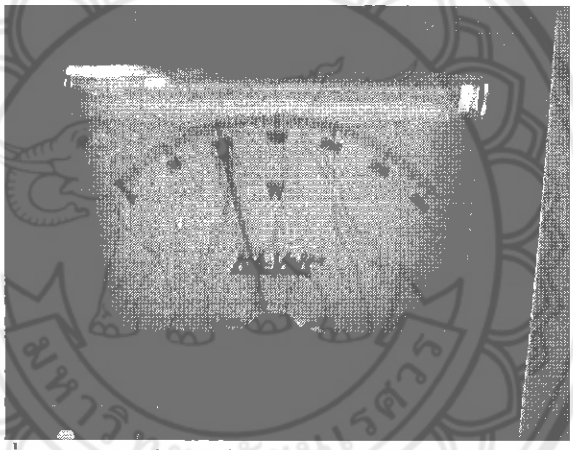
ผลการทดลอง

โครงงานนี้เป็นการศึกษาการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าจากการใช้พลังงานของหม้อแปลงว่าจะลดพลังงานไฟฟ้าได้จริงหรือไม่ การทดลองนี้ได้ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้คำนวณค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของหม้อแปลง โครงงานจึงต้องการผลจากการคำนวณของโปรแกรมที่เขียนขึ้นว่าได้ผลการคำนวณตรงกับการทดลองจริงหรือไหม

4.1 ผลการทดลองหม้อแปลง

จากการทดลองหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสขนาด 6.6 kVA, 10 A โดยการวัดค่าต่างวัดค่าต่างและต่อโหลดเข้ากับหม้อแปลงวัดค่าค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย

4.1.2 ผลการทดลองหาค่า Noload_loss โดยการทดลองในสภาวะเปิดวงจร



รูปที่ 4.1 ค่าวัตท์มิเตอร์จากการทดลองในสภาวะเปิดวงจร

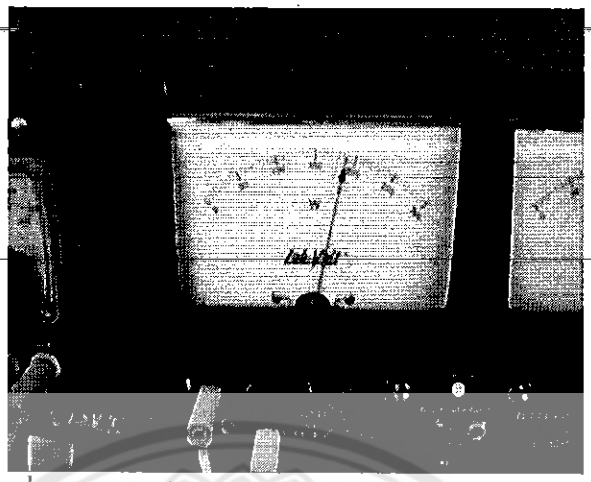
P = 100 W

I = 0.21 A

V = 380 V

ดังนั้นค่า Noload_loss ของหม้อแปลงไฟฟ้าจะเท่ากับ 100 W

4.1.3 ผลจากทดลองหาค่า Load_loss โดยการทดลองในสภาวะลัดวงจร



รูปที่ 4.2 ค่าวัตท์มิเตอร์จากการทดลองในสภาวะลัดวงจร

P = 185 W

I = 10 A

V = 380 V

ดังนั้นค่า Load_loss ของหม้อแปลงไฟฟ้าจะเท่ากับ 185 W

4.1.4 การทดลองต่อโหลดกับหม้อแปลงโดยแยกหม้อแปลง 1 ตัวต่อโหลด 1 ตัว ของโหลด A ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย

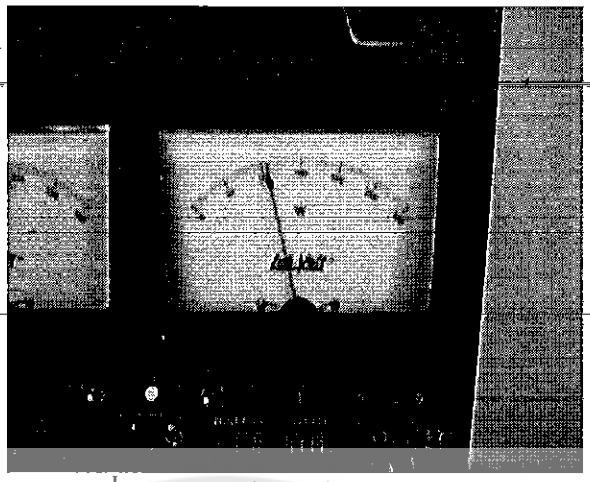
รูปที่ 4.3 ค่าวัตท์มิเตอร์ของโหลดชุด A

P_1 = 105 W

ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของโหลดชุด A เท่ากับ 105 W

I5000166
ปร.
ส645ก
ม549.

ของโหลด B ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย



รูปที่ 4.4 ค่าวัตท์มิเตอร์ของโหลดชุด B

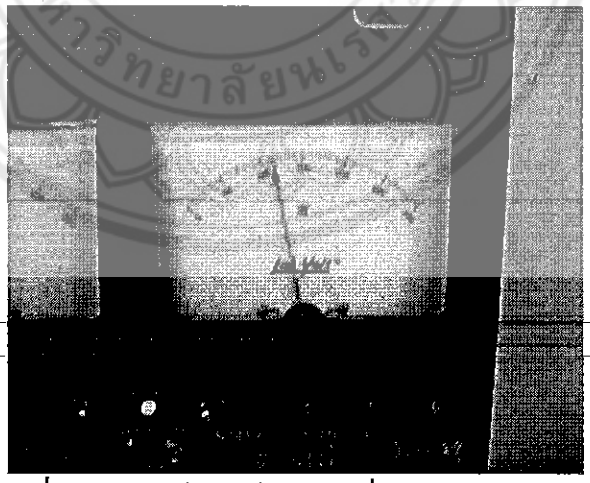
P_2 = 105 W

ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของโหลดชุด B เท่ากับ 105 W

เพราะฉะนั้นค่ากำลังฟ้าสูญเสียรวมของการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าทั้ง 2 ตัวที่จ่ายกำลังไฟฟ้าให้โหลดชุด A และ B เท่ากับ 105+105 = 210 W

4.1.5 การทดสอบเชื่อมโยงหม้อแปลง

ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของหม้อแปลงได้ดังผลการทดลอง



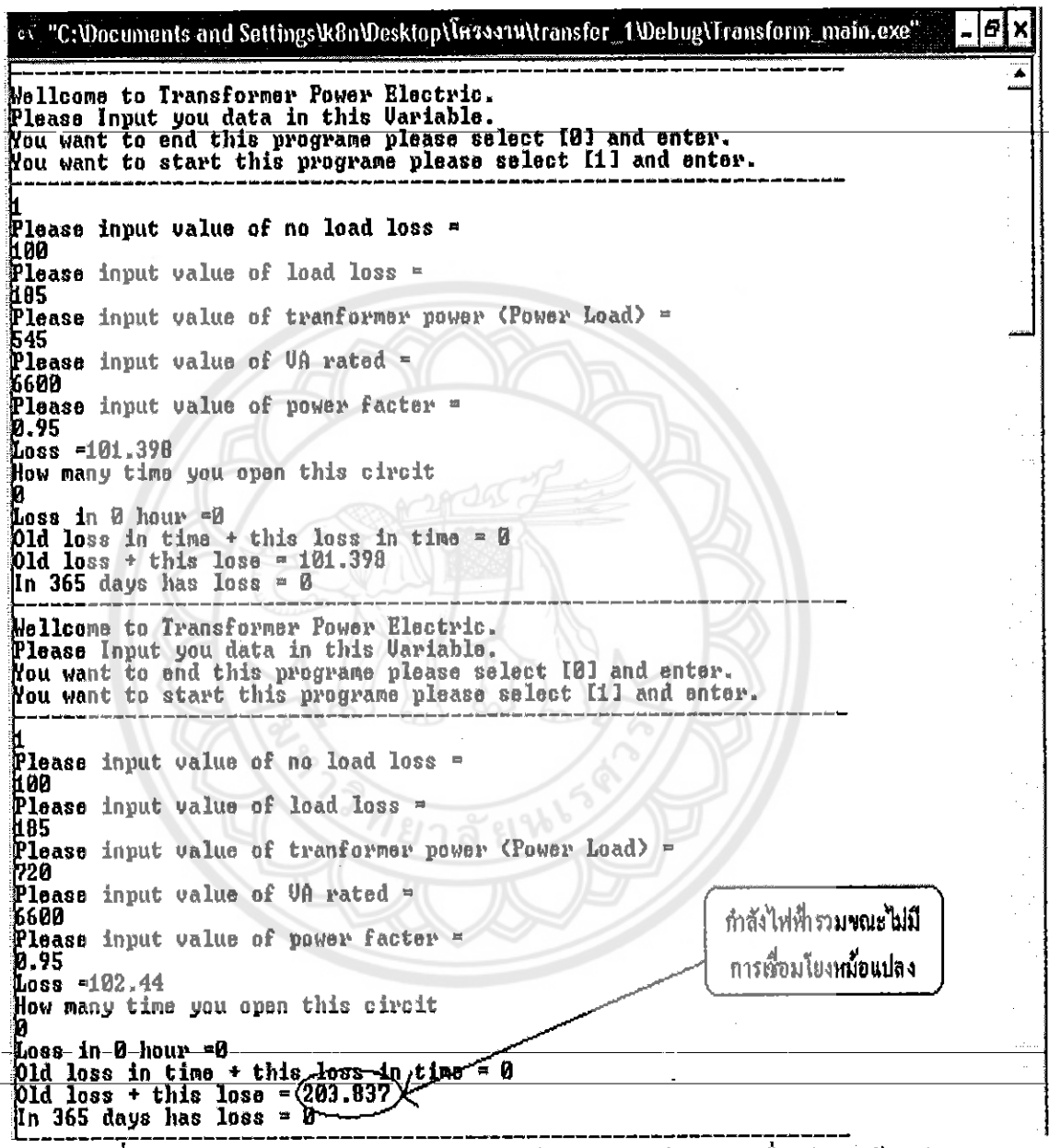
รูปที่ 4.5 ค่าวัตท์มิเตอร์ของการเชื่อมโยงหม้อแปลง

P_2 = 115 W

ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในหม้อแปลงเท่ากับ 115 W

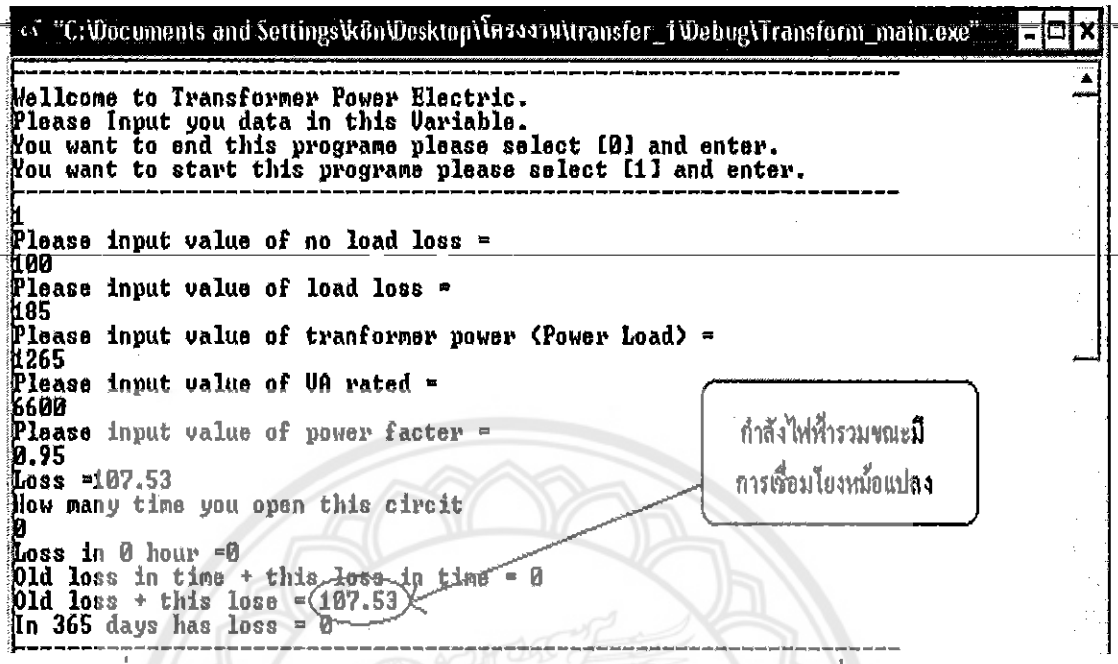
4.2 การใช้โปรแกรมคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย

ใช้โปรแกรมคำนวณก่อนมีการเชื่อมโยงหม้อแปลงหาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าจำนวน 2 ตัว ผลจากการคำนวณกำลังไฟฟ้าสูญเสียโดยใช้โปรแกรมคำนวณกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เขียนขึ้น เป็นดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ผลคำนวณกำลังไฟฟ้าสูญเสียในหม้อแปลงกรณีไม่มีการเชื่อมโยงหม้อแปลง

ผลการใช้โปรแกรมคำนวณกำลังไฟฟ้าสูญเสียโดยการเชื่อมโยงหม้อแปลง เป็นดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ผลการคำนวณกำลังไฟฟ้าสูญเสียในหม้อแปลงกรณีมีการเชื่อมโยงหม้อแปลง

4.3 เปรียบเทียบผลการทดลองหม้อแปลงจริงและจะการใช้โปรแกรมคำนวณ

4.3.1 ผลจากการทดลองหม้อแปลงจริงจะได้ค่ากำลังฟ้าสูญเสียดังนี้

1) กรณีไม่มีการเชื่อมโยงหม้อแปลง

ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของโหลดชุด A เท่ากับ 105 W

ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของโหลดชุด B เท่ากับ 105 W

กำลังไฟฟ้าสูญเสียรวมที่ให้โหลดชุด A และ B เท่ากับ 105+105 = 210 W

2) กรณีมีการเชื่อมโยงหม้อแปลง

ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในหม้อแปลงเท่ากับ 140 W

4.3.2 ผลของกำลังไฟฟ้าสูญเสียจากการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณกำลังไฟฟ้าสูญเสีย

1) กรณีไม่มีการเชื่อมโยงหม้อแปลง จากรูปที่ 4.1

กำลังไฟฟ้าสูญเสียรวมเท่ากับ 203.837 W

2) กรณีมีการเชื่อมโยงหม้อแปลง จากรูปที่ 4.2

กำลังไฟฟ้าสูญเสียรวมเท่ากับ 107.53 W

ตารางเปรียบเทียบค่าจากการทดลองและจากการคำนวณด้วยโปรแกรม

จำนวนหม้อแปลง	ค่าการคำนวณจากโปรแกรม	ค่าที่ได้จากการทดลองจริง
หม้อแปลง 2 ตัว	203.8	210
ลดหม้อแปลงลง 1 ตัว	107.5	115

จากตารางค่าที่ได้จากโปรแกรมคำนวณและค่าที่ได้จากการทดลองหม้อแปลงจริงมีค่าที่ต่างกันไม่มาก โปรแกรมนี้สามารถนำไปใช้กับการคำนวณค่าพลังงานของหม้อแปลงจริงได้และค่าที่คำนวณได้เป็นค่าที่ยอมรับได้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ในบทนี้จะเป็นการสรุปผลที่ได้จากการทำโครงงานนี้ และปัญหาที่พบในการทำโครงงานนี้ การนำไปใช้งานจริง

5.1 สรุปผล

ในโครงงานนี้ได้ทำการเขียนโปรแกรมขึ้นมา โดยใช้โปรแกรม Visual C++ เพื่อคำนวณหาค่าการใช้กำลังไฟฟ้าในหม้อแปลงที่ใช้ขณะจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลด และทำการเปรียบเทียบค่าขณะยังไม่มีการเชื่อมโยงหม้อแปลงกับค่าขณะมีการเชื่อมโยงหม้อแปลง เพื่อคำนวณค่าของทั้ง 2 กรณีว่าวิธีใดใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่ากัน และทำการทดลองหม้อแปลงจริงแล้วนำค่าต่าง ๆ ไปคำนวณในโปรแกรมว่าตรงกับค่าที่วัดได้จากการทดลองหม้อแปลงจริง เพื่อจะได้รู้ว่าโปรแกรมสามารถใช้งานกับหม้อแปลงจริงได้

จากการทดลองหม้อแปลงจริงจะได้ค่าคงที่ของหม้อแปลงที่จำเป็นในการใช้คำนวณในโปรแกรม และค่ากำลังไฟฟ้าขณะไม่มีการเชื่อมโยงหม้อแปลงกับขณะมีการเชื่อมโยงหม้อแปลงไฟฟ้า จากการใช้โปรแกรมคำนวณค่าขณะไม่มีการเชื่อมโยงกับขณะมีการเชื่อมโยงหม้อแปลงได้ผลการคำนวณจากโปรแกรมออกมาใกล้เคียงกับกับการที่ได้จากการทดลองหม้อแปลงจริง แสดงว่าโปรแกรมคำนวณ ค่ากำลังไฟฟ้าในหม้อแปลงสามารถใช้กับหม้อแปลงไฟฟ้าจริงได้

สรุปว่าการเชื่อมโยงหม้อแปลงไฟฟ้าสามารถช่วยประหยัดพลังงานทางไฟฟ้าได้ ดังนั้นควรมีการเชื่อมโยงหม้อแปลงไฟฟ้าในกรณีที่หม้อแปลงทั้ง 2 ตัวจ่ายกำลังไฟฟ้าไม่ถึง 50 % ของหม้อแปลงแต่ละตัว

5.2 ปัญหาที่พบ

5.2.1 ผลจากการทดลองหม้อแปลงจริงกับผลที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมไม่ตรงกัน เกิดจากความผิดพลาดของเครื่องมือวัดและจากตัวผู้ทำการทดลอง

5.2.2 ตัวโปรแกรมที่ได้ยังไม่สามารถรับค่าได้มาก เราสามารถปรับปรุงเพื่อให้ตัวโปรแกรมสามารถหาค่าอื่นที่ต้องการได้

5.3 แนวทางพัฒนาต่อ

5.3.1 นำไปใช้กับหม้อแปลงไฟฟ้าจริงในระบบไฟฟ้า ที่มีหลายขนาดและมีจำนวนหม้อแปลงในระบบหลายตัว เปรียบเทียบผลที่ได้จากแนวคิด

5.3.2 พัฒนาเป็น GUI

เอกสารอ้างอิง

[1] ผศ.ศุภชัย สุรินทร์วงศ์. เครื่องกลไฟฟ้า 2 เล่ม 2 หม้อแปลงระบบไฟ 1 เฟส และ 3 เฟส. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. 2546

[2] ดุสิต สูรย์ราช. ทฤษฎีหม้อแปลงไฟฟ้า. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ. 2544

[3] ณรงค์ ชานตะวัน. หม้อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์เอราวัณการพิมพ์. 2524

[4] ธวัชชัย อัตถวิบูลย์กุล. หม้อแปลงไฟฟ้า. กรุงเทพมหานคร : บริษัท เจริญรุ่งเรืองการพิมพ์ . 2538

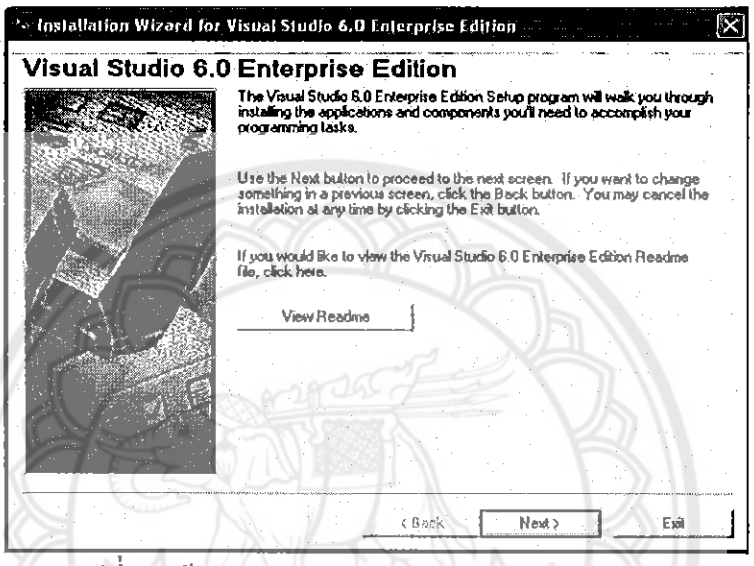
[5] นิรุธ อำนวยศิลป์. คู่มือการเขียนโปรแกรม Visual C++ Version 6.0. บริษัท ซัคเซส มีเดีย จำกัด . 2540

ภาคผนวก ก

การติดตั้งโปรแกรม Visual C++

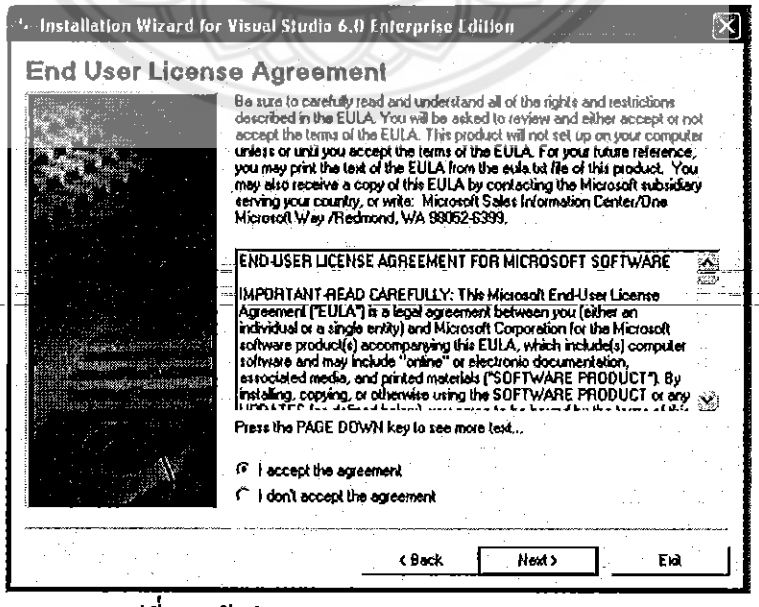
ขั้นตอนการติดตั้ง

1. ใส่แผ่นซีดีของโปรแกรม Visual C++ เครื่องจะเปิดหน้าต่างอัตโนมัติขึ้นมาดังรูปที่ 1



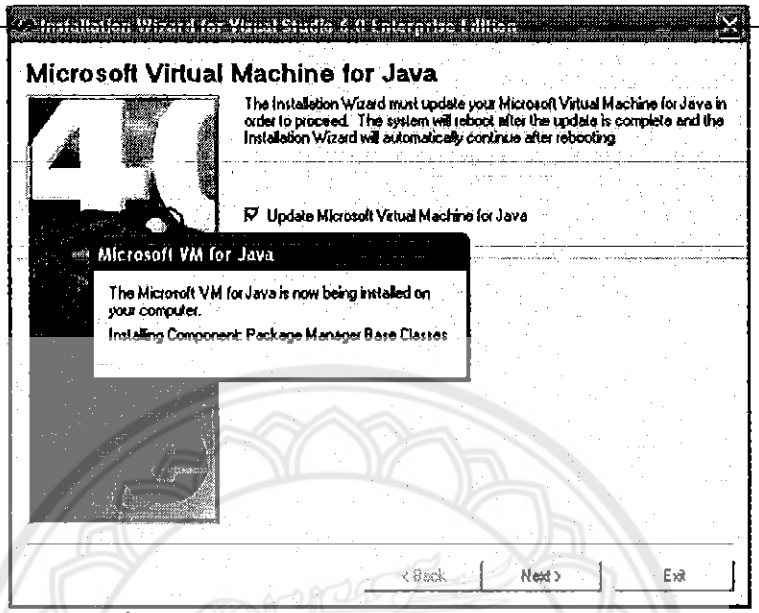
รูปที่ 1 หน้าต่าง Visual Studio 6.0 Enterprise Edition

2. กด Next เพื่อไปยังหน้าต่างต่อไป



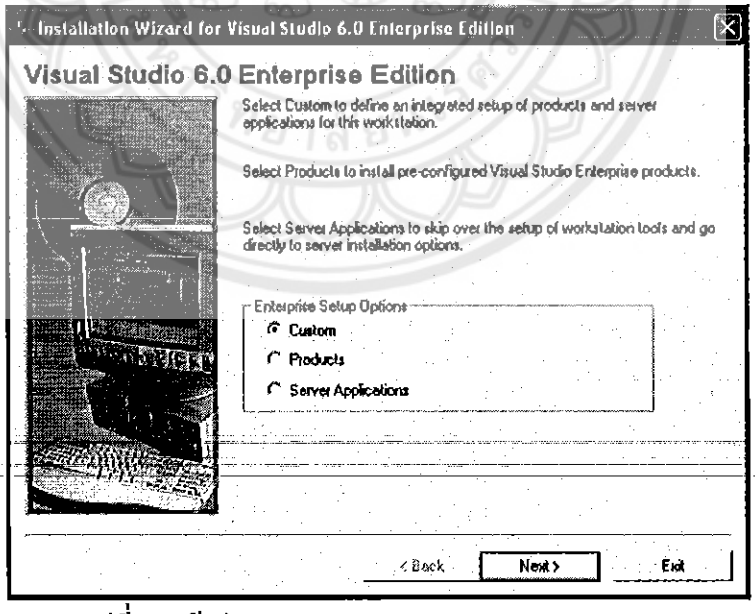
รูปที่ 2 หน้าต่าง End User License Agreement

3. เลือก I accept the agreement แล้ว คลิก Next เพื่อดำเนินขั้นตอนต่อไป



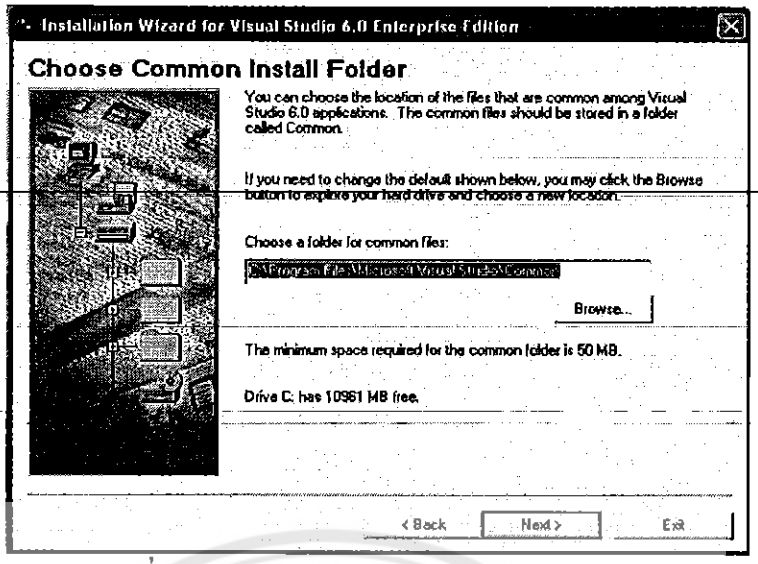
รูปที่ 3 หน้าต่าง Microsoft Virturl Machine for Java

4. คลิก Update Microsoft Virtual Machine for Java แล้วคลิก Next



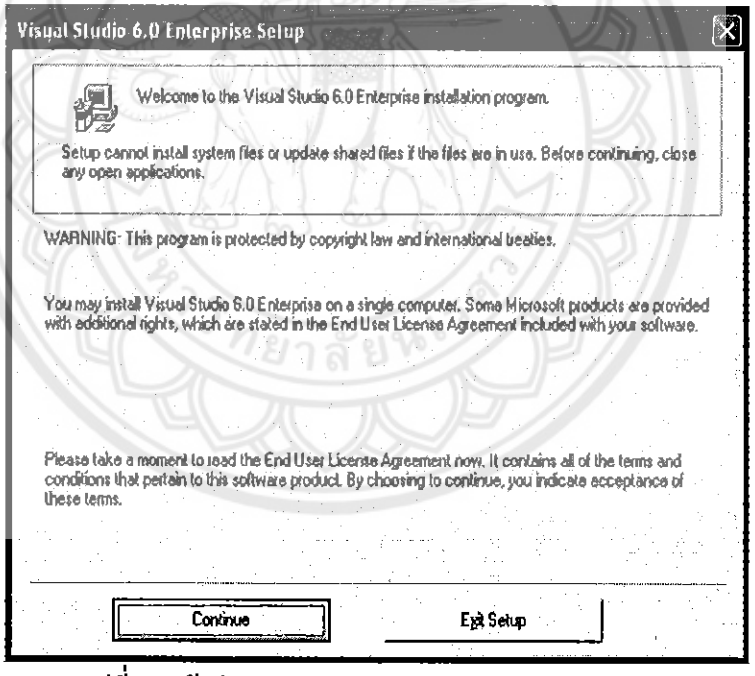
รูปที่ 4 หน้าต่าง Visual Studio 6.0 Enterprise Edition

5. เลือก Custom เพื่อดำเนินการขั้นตอนต่อไป



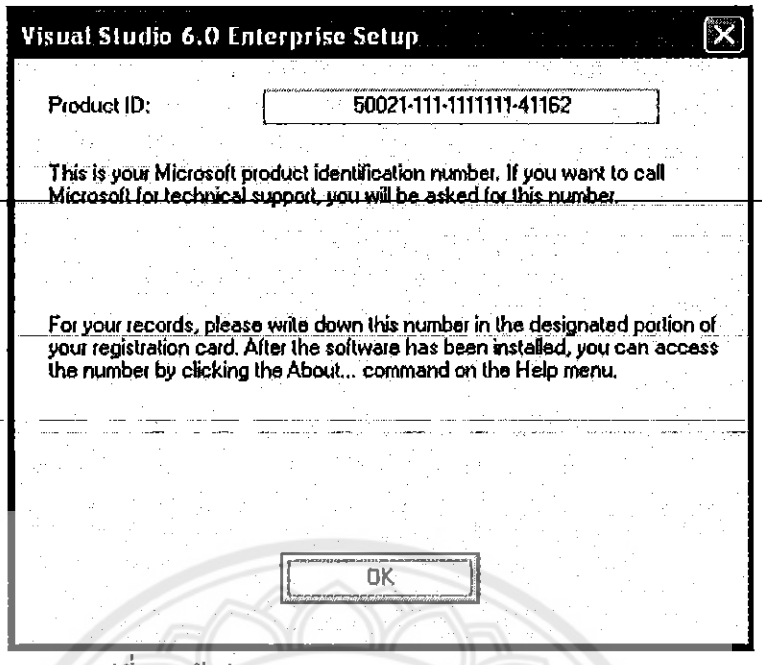
รูปที่ 5 หน้าต่าง Choose Common Install Foder

6. เลือกไฟล์ที่ต้องการติดตั้งโปรแกรม คลิก Next เพื่อดำเนินการขั้นตอนต่อไป



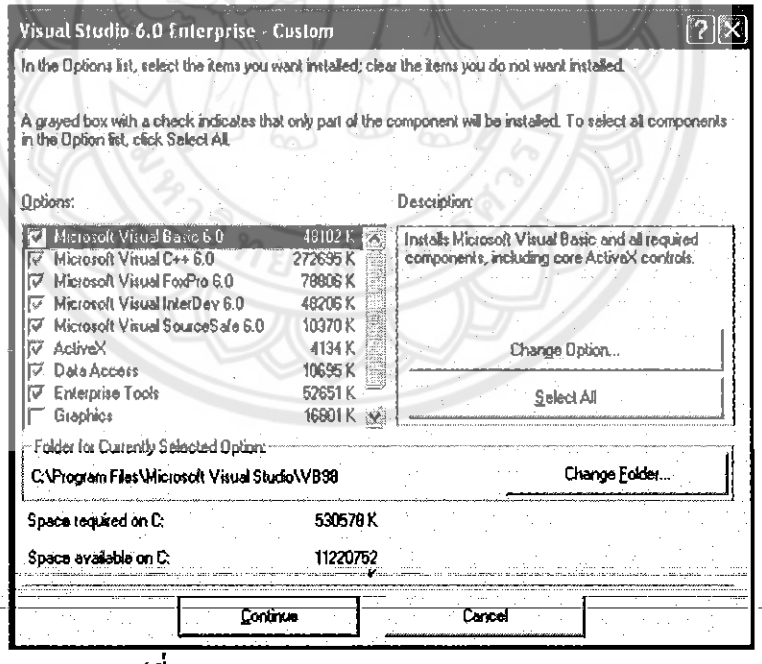
รูปที่ 6 หน้าต่าง Visual Studio 6.0 Enterprise Setup

7. คลิก Continue เพื่อดำเนินการขั้นตอนต่อไป



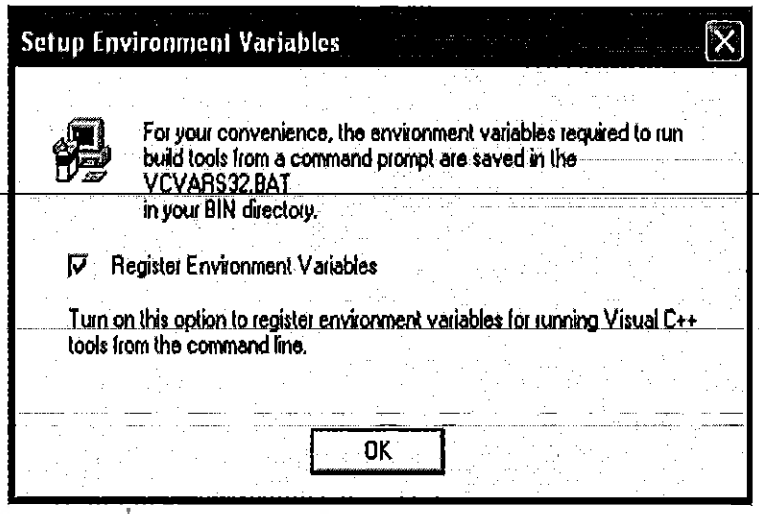
รูปที่ 7 หน้าต่าง Visual Studio 6.0 Enterprise Setup

8. ใส่หมายเลย ID แผ่น คลิก OK เพื่อดำเนินการขั้นตอนต่อไป



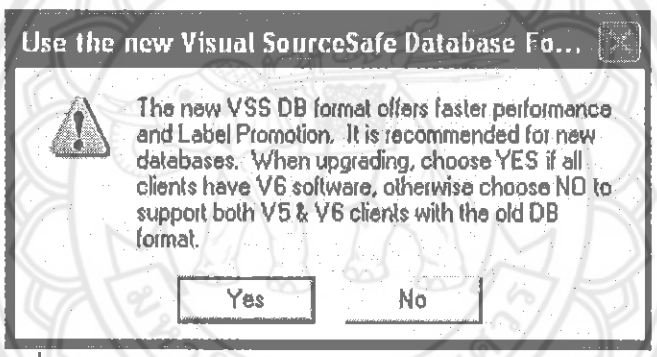
รูปที่ 8 Visual Studio 6.0 Enterprise - Custom

9. คลิก Continue เพื่อดำเนินการขั้นตอนต่อไป



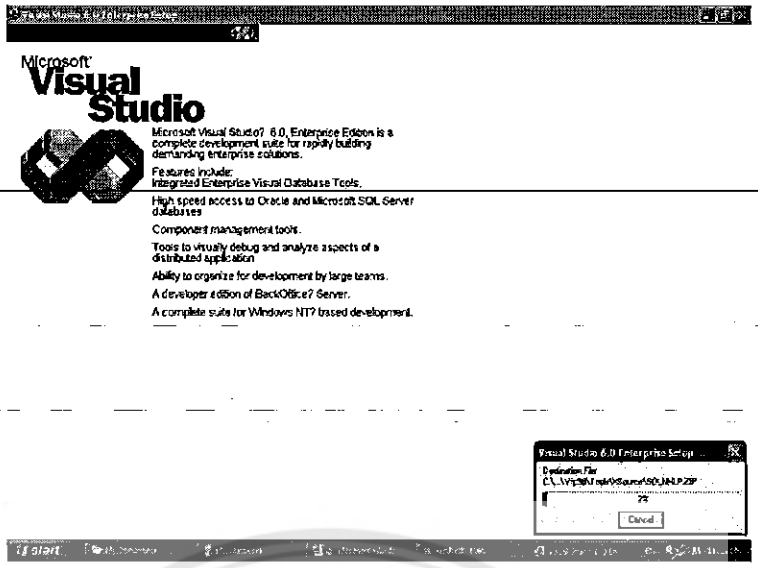
รูปที่ 9 หน้าต่าง Setup Environment Variables

10. เลือก Register Environment Variable



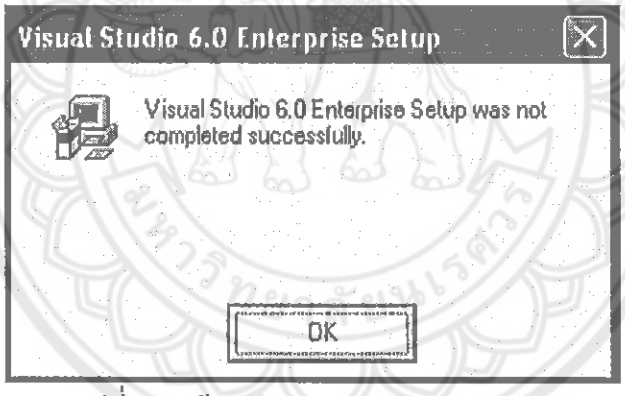
รูปที่ 10 หน้าต่าง Use the new Visual SourceSafe Database Format

11. คลิก Yes



รูปที่ 11 หน้าต่าง Setup โปรแกรมลงเครื่อง

12. รอจนกว่าโปรแกรมจะทำการ Setup เสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 12 หน้าต่าง Visual Studio 6.0 Enterprise Setup

13.คลิก OK ทำการลงโปรแกรม Visual C++ เรียบร้อย

ประวัติผู้เขียนโครงงาน

ชื่อ นายสานิต สุขหญีต

ภูมิลำเนา 138 หมู่ 8 ต.นากระตาม อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร 86140

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสอาดเผดิมวิทยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : turam_cm_nu@hotmail.com