

การออกแบบโปรแกรมประยุกต์ ใช้สำหรับอุปกรณ์พกพา
เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบมิเตอร์ไฟฟ้า

เอกพล ปรีพินิจชัย

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย สาขาการจัดการอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น
ปีการศึกษา 2553

SOFTWARE DEVELOPMENT FOR HANDHELD DEVICE TO INCREASE EFFICIENCY
OF ELECTRICAL METER INSPECTION

Aekkaphon Paripinidchai

A Term Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Business Administration Program in Industrial Management
Graduate School
Thai-Nichi Institute of Technology
Academic Year 2010

หัวข้อสารนิพนธ์

การออกแบบโปรแกรมประยุกต์ สำหรับอุปกรณ์พกพา
เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบมิเตอร์ไฟฟ้า

โดย

เอกพล ปรีพินิจชัย

สาขาวิชา

การจัดการอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ดร. กรกฎ เหมสถาปัตย์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้รับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์
(ดร. กรกฎ เหมสถาปัตย์)

..... ประธานคณะกรรมการหลักสูตร
(ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน)

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)

วันที่ เดือน พ.ศ.

เอกพล ปรีพินิจชัย : การออกแบบโปรแกรมประยุกต์ สำหรับอุปกรณ์พกพา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบมิเตอร์ไฟฟ้า. อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. กรกฎ เหมสถาปัตย์, 39 หน้า

สารนิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ สร้างเครื่องมือที่จะช่วยผู้ปฏิบัติงานตรวจสอบ มิเตอร์ให้ทำงานได้ง่ายขึ้นในส่วนของการคำนวณ โดยเริ่มต้นจากการศึกษาทฤษฎีของการ ตรวจสอบมิเตอร์เพื่อหาสมการคณิตศาสตร์เพื่อนำมาใช้ในการเขียนโปรแกรม จากนั้นทำการ ออกแบบและเขียนโปรแกรมในการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนของมิเตอร์แต่ละแบบ และ นำโปรแกรมที่สร้างขึ้นไปทดสอบใช้งานในการปฏิบัติงานจริง สุดท้ายคือการรวบรวมและ สรุปผลการทดสอบ

ผลที่ได้ สามารถออกแบบและเขียนโปรแกรมที่ใช้งานกับเครื่องคิดเลขยี่ห้อ CASIO รุ่น CFX-9xx0GB PLUS ให้สามารถทำการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนของมิเตอร์ไฟฟ้าได้ ทั้งสี่แบบ ได้แก่ มิเตอร์ 1 เฟส 2 สาย มิเตอร์ 3 เฟส 4 สาย มิเตอร์ 3 เฟส 4 สายประกอบซีที แรงต่ำ และมิเตอร์ 3 เฟส 3 สายประกอบซีที พีทีระบบ 22 กิโลโวลท์

ผลสรุปที่ได้จากทดสอบ คือ 1) สามารถลดเวลาในการตรวจสอบมิเตอร์ แบบ 1 เฟส 2 สาย ลงเฉลี่ยร้อยละ 59.30 ต่อหนึ่งลูก 2) ลดเวลาในการตรวจสอบมิเตอร์ แบบ 3 เฟส 4 สาย ลงเฉลี่ยร้อยละ 65.92 ต่อหนึ่งลูก 3) ลดเวลาในการตรวจสอบมิเตอร์ แบบ 3 เฟส 4 สาย ประกอบซีที ลงเฉลี่ยร้อยละ 56.16 4) ต่อหนึ่งลูกลดเวลาในการตรวจสอบมิเตอร์ แบบ 3 เฟส 3 สาย ประกอบซีที พีที ลงเฉลี่ยร้อยละ 59.09 ต่อหนึ่งลูก

บัณฑิตวิทยาลัย
สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2553

ลายมือชื่อนักศึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

AEKKAPHON PARIPINIDCHAI : SOFTWARE DEVELOPMENT FOR
HANDHELD DEVICE TO INCREASE EFFICIENCY OF ELECTRICAL METER
INSPECTION. ADVISOR: DR. KORAKOT HEMSATHAPAT, 39 PP.

The objective of this study is to create a device in assisting electrical meter inspectors to accomplish their job more conveniently, specifically, in the calculation part. The study started from basic theory of electrical meter inspection in order to find appropriate mathematical equation used for software development. Then, software was designed and created to calculate measurement error for each type of electrical meters. Consequently, software was tested in the real world electrical meter inspection.

As a result, software was created in compatible with the handheld calculator, namely, CASIO, CFX-9xx0GB PLUS. The software is able to calculate 4 types of measurement error of electrical meter including 1-phase-2-line, 3-phase-4-line, 3-phase-4-line CT assembled low voltage, and 3-phase-3-line CT assembled PT high voltage with 22 KV meters.

After testing, the software with the handheld calculator is able to 1) reduce inspection time of 1-phase-2-line meter in average by 59.30%, 2) reduce inspection time of 3-phase-4-line meter in average by 65.92%, 3) reduce inspection time of 3-phase-4-line CT assembled low voltage meter in average by 56.16%, and 4) reduce inspection time of 3-phase-3-line CT assembled PT high voltage meter in average by 59.09%.

Graduate School
Field of Study Industrial Management
Academic Year 2010

Student's Signature.....
Advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้จะเสร็จสมบูรณ์ลงไม่ได้เลย หากขาดคำแนะนำและความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่านทั้งการเสนอแนะ คำแนะนำ ดิชม ช่วยตรวจทาน และการให้กำลังใจจนกระทั่งสำเร็จเป็นรูปเล่มสารนิพนธ์ที่สมบูรณ์ในที่สุด

ขอขอบคุณ ดร. กรกฎ เหมสถาปัตย์ อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ รวมทั้งได้ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนอย่างดียิ่ง

ขอขอบคุณ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และเพื่อนพนักงาน โดยเฉพาะพนักงานแผนก มิเตอร์ ที่ช่วยให้ข้อเสนอแนะในการออกแบบปรับปรุงจนสำเร็จใช้งานได้ และช่วยในการทดสอบการทำงานจนได้ผลสรุปอันเป็นที่น่าพอใจ

ขอขอบคุณคณาจารย์ และเพื่อนร่วมชั้นเรียนบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น และครอบครัวที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา จนสารนิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

ผู้ศึกษาหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะมีส่วนหนึ่งส่วนใดในสารนิพนธ์ฉบับนี้ ที่ก่อประโยชน์ต่องานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

เอกพล ปริพิณจัญ



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูป.....	ญ
 บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
ขอบเขตของการศึกษา.....	2
ขั้นตอนการศึกษาและการดำเนินงาน.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
แผนงานและระยะเวลาดำเนินงาน.....	3
2 หลักการพื้นฐาน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
ทฤษฎีการตรวจสอบมิเตอร์.....	4
ทฤษฎีการตรวจสอบมิเตอร์โดยใช้นาฬิกาจับเวลาการหมุนของมิเตอร์.....	6
สาเหตุความคลาดเคลื่อนของมิเตอร์ไฟฟ้า.....	18
3 วิธีดำเนินงานสารนิพนธ์.....	19
ศึกษาคุณสมบัติของตัวอุปกรณ์.....	19
การออกแบบโปรแกรมเมนูหลัก.....	21
การออกแบบโปรแกรมเมนูการคำนวณมิเตอร์ 1 เฟส 2 สาย.....	23
การออกแบบโปรแกรมเมนูการคำนวณมิเตอร์ 3 เฟส 4 สาย และแบบ 3 เฟส 4 สาย ประกอบซีที.....	24

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
การออกแบบโปรแกรมเมนูการคำนวณมิเตอร์ แบบ 3 เฟส 3 สาย ประกอบ ซีที พีที	25
การใช้งานโปรแกรม.....	26
การทดลองใช้งานในการตรวจสอบมิเตอร์.....	31
4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	35
สรุปผลการศึกษา.....	35
สรุปผลการปรับปรุงกระบวนการในการตรวจสอบมิเตอร์.....	36
ข้อเสนอแนะอื่น ๆ.....	36
ประโยชน์ที่ได้จากการทำสารนิพนธ์.....	36
บรรณานุกรม.....	37
ประวัติผู้เขียนสารนิพนธ์.....	39



สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	แผนงานและระยะเวลาดำเนินงาน.....	3
2	แสดงการเปรียบเทียบวิธีเดิมและวิธีใหม่.....	35



สารบัญรูป

รูป		หน้า
1	คลิปออนกิโลวัตต์ และนาฬิกาจับเวลา เครื่องมือในการตรวจสอบมิเตอร์.....	6
2	มิเตอร์แบบ 1 เฟส 2 สาย ที่ติดตั้งอยู่ในระบบ.....	7
3	แสดงวงจรของมิเตอร์ 1 เฟส 2 สาย และวิธีการวัดค่าต่างๆ.....	8
4	มิเตอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย แบบจานหมุน.....	9
5	แสดงวงจรของมิเตอร์ 3 เฟส 4 สาย และวิธีการวัดค่าต่างๆ.....	10
6	มิเตอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย ประกอบซีที ขณะติดตั้งใช้งาน.....	12
7	ซีทีหรือ หม้อแปลงกระแส (Current Transformer).....	13
8	แสดงวงจรของมิเตอร์ 3 เฟส 4 สาย ประกอบซีที และวิธีการวัดค่าต่างๆ.....	13
9	มิเตอร์แบบ 3 เฟส 3 สาย ประกอบซีทีพีที ขณะติดตั้งใช้งาน.....	15
10	แสดงวงจรของมิเตอร์ 3 เฟส 3 สาย ประกอบซีทีพีที และวิธีการวัดค่าต่างๆ.....	16
11	อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำสารนิพนธ์.....	19
12	โปรแกรมที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมผ่านคอมพิวเตอร์.....	20
13	วงจรภายในของสายลึงค์ระหว่างคอมพิวเตอร์และเครื่องคิดเลขโดยใช้ IC MAX232	20
14	วงจรภายในของสายลึงค์ระหว่างเครื่องคิดเลขกับเครื่องคิดเลข.....	21
15	โฟลว์ชาร์ตหลักของโปรแกรม.....	22
16	โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมการคำนวณแบบ 1 เฟส 2 สาย.....	23
17	โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมการคำนวณแบบ 3 เฟส 4 สาย.....	24
18	โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมการคำนวณแบบ 3 เฟส 3 สายประกอบ ซีที พีที.....	25
19	รูปแสดง Layout ของปุ่มกดบนเครื่องคิดเลข.....	26
20	หน้าจอของเครื่องคิดเลขเมื่อเปิดเครื่องขึ้นมา.....	27
21	หน้าจอของเครื่องคิดเลขเมื่อเข้ามาในเมนู PRGM.....	27
22	หน้าจอของเครื่องคิดเลขเมื่อเข้ามาในโปรแกรม MM.....	27
23	หน้าจอของการแสดงผลการคำนวณ ของมิเตอร์แบบ 1 เฟส 2 สาย.....	28
24	หน้าจอของการแสดงผลการคำนวณ ของมิเตอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย.....	30
25	หน้าจอของการแสดงผลการคำนวณ ของมิเตอร์แบบ 3 เฟส 3 สาย.....	31
26	การตรวจสอบสภาพภายนอกของมิเตอร์.....	32
27	วัดค่าต่างๆ ของมิเตอร์โดยเครื่องวัดคลิปออนกิโลวัตต์.....	32

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
28	บันทึกค่าที่อ่านได้จากตัวมิเตอร์ในรหัส 093 เพื่อนำไปคำนวณ.....	33
29	นำค่าต่างๆมาคำนวณโดยใช้เครื่องคิดเลข.....	33



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค มีหน้าที่จัดหาและจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับพื้นที่ 73 จังหวัดในส่วนภูมิภาคของประเทศไทย โดยมีกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้า คือ กลุ่มบ้านพักอาศัย กลุ่มธุรกิจขนาดเล็กและกลาง กลุ่มอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ กลุ่มโรงแรม และกลุ่มอื่นๆ ข้อมูลในเดือนมกราคม 2553 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีรายได้จากการขายไฟฟ้าเท่ากับ 23,778.11 ล้านบาท จากลูกค้าจำนวน 15.11 ล้านราย แต่เมื่อพิจารณา จำนวนหน่วย ของการจำหน่ายและการซื้อ คือ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคซื้อไฟฟ้าจากแหล่งผลิตไฟฟ้า ได้แก่ การไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.) ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (VSPP) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) และรวมผลิตเองทั้งสิ้น 8,256.38 ล้านหน่วย ในขณะที่มีหน่วยจำหน่ายทั้งสิ้น 7,845.63 ล้านหน่วย มีหน่วยสูญเสียในระบบจำหน่าย 410.75 ล้านหน่วย คิดเป็นร้อยละ 4.97 ของหน่วยซื้อ

จำนวนมิเตอร์ไฟฟ้าที่มีอยู่ 15.11 ล้านเครื่อง มีส่วนหนึ่งที่ทำงานวัดค่าผิดพลาด คลาดเคลื่อนจากการใช้ไฟฟ้าจริง ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดหน่วยสูญเสียในระบบนอกจากนี้ยังส่งผลถึงภาพลักษณ์ และความเชื่อถือว่าลูกค้ามีการใช้ไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ของมิเตอร์ไฟฟ้าอยู่ที่ บวกลบร้อยละ 2.5 จากการใช้ไฟฟ้าจริง โดยกำหนดให้มีการตรวจสอบมิเตอร์ทุกประเภทในแต่ละเดือน ดังนี้

1. มิเตอร์ 1 เฟส ร้อยละ 30 ของมิเตอร์ที่ติดตั้ง
2. มิเตอร์ 3 เฟส ร้อยละ 50 ของมิเตอร์ที่ติดตั้ง
3. มิเตอร์ของผู้ใช้ไฟฟ้า รายใหญ่ ทั้งหมด
4. มิเตอร์ที่วัดค่าได้เป็น 0
5. มิเตอร์กลุ่มเสี่ยงและเคยละเมิด
6. มิเตอร์ที่มีการใช้ไฟฟ้าเกินหรือน้อยกว่า 25% ของการใช้ไฟฟ้าเดือนก่อนหน้า
7. มิเตอร์ที่มีการติดตั้งใช้งานใหม่

ในการตรวจสอบมิเตอร์เกือบทุกประเภทมีขั้นตอนการทำงานคล้ายๆกันดังนี้

1. ตรวจสอบสภาพภายนอก
2. ตรวจวัดค่าต่างๆ
3. คำนวณและสรุปผล

ในขั้นตอนการทำงานของ การตรวจสอบมิเตอร์ทั้งสามขั้นตอน ขั้นตอนการคำนวณ และสรุปผลเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ และซับซ้อนที่สุด เพราะมีสมการทางคณิตศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้อง ยิ่งยากที่พนักงานจะต้องจำสมการต่างๆ เป็นสาเหตุให้เกิดความล่าช้าในการตรวจสอบและทำให้เกิดความผิดพลาดในการคำนวณอยู่บ่อยครั้ง ซึ่งจะก่อให้เกิดความเสียหายแก่ทั้งการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและลูกค้าได้ ผู้จัดทำจึงมีแนวคิด ว่า ควรเลือกปรับปรุงกระบวนการคำนวณและสรุปผล โดยน่าจะมียุทธวิธีที่ช่วยในการคำนวณเพื่อทำให้ลดเวลาในการปฏิบัติงาน และมีความถูกต้องเชื่อถือได้ มาช่วยแก้ปัญหา

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

ออกแบบและสร้างโปรแกรมประยุกต์ใช้สำหรับอุปกรณ์พกพาเพื่อใช้ลดเวลาและเพิ่มความถูกต้องเชื่อถือได้ในกระบวนการคำนวณสรุปผลซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญและซับซ้อนของการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของมิเตอร์

ขอบเขตของการศึกษา

ออกแบบและสร้างโปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์พกพา เพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของ มิเตอร์ 1 เฟส 2 สาย มิเตอร์ 3 เฟส 4 สาย มิเตอร์ 3 เฟส 4 สาย ประกอบซีทีแรงต่ำ และมิเตอร์ 3 เฟส 3 สายประกอบซีที ฟีทีแรงสูงระบบ 22 กิโลโวลต์

ขั้นตอนการศึกษาและการดำเนินงาน

1. ศึกษาสมการทางคณิตศาสตร์ที่จะนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนของมิเตอร์
2. ศึกษาอุปกรณ์พกพาและอุปกรณ์ต่อพ่วงที่จะนำมาใช้งาน
3. ออกแบบและเขียนโปรแกรมที่จะใช้งาน
4. ทดสอบและเก็บผลการทดสอบ
5. สรุปผลปัญหาพร้อมแนวทางแก้ไข
6. จัดทำรูปเล่มสารนิพนธ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

พนักงานแผนกมิเตอร์สามารถปฏิบัติงานตรวจสอบมิเตอร์ไฟฟ้าได้รวดเร็วและถูกต้องแม่นยำขึ้นส่งผลให้ช่วยลดต้นทุนในการตรวจสอบและหน่วยสูญเสียให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

บทที่ 2

หลักการพื้นฐาน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวัดค่าแต่ละครั้ง ของอุปกรณ์เครื่องมือวัดทุกชนิดในทางปฏิบัตินั้น ค่าที่วัดได้จะเกิดความแตกต่างจากค่าจริงเสมอ ค่าความแตกต่างนี้ จะเรียกว่า ค่าความผิดพลาด (Error)

นิยามของความผิดพลาด (Error) ว่าในการวัดปริมาณหนึ่ง ถ้าหากค่าที่ได้จากการวัด คือ χ_m (เรียกว่าค่าที่วัดได้) และค่าจริงของปริมาณนั้นคือ χ_t (เรียกว่า ค่าจริง) เรานิยามความผิดพลาดของการวัด ε ว่าเป็น ผลต่างค่าที่วัดได้จากค่าจริง หรือ

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \text{ค่าที่วัดได้} - \text{ค่าจริง} \\ &= \chi_m - \chi_t\end{aligned}$$

โดยได้กล่าวข้างต้นแล้วว่า $\chi_m \neq \chi_t$

ซึ่งหมายถึง ในการวัดแต่ละครั้งค่าที่ได้จากการวัด χ_m จะแตกต่างไปจากค่าจริง χ_t เสมอ (เอก ไชยสวัสดิ์. 2546)

ในการตรวจสอบค่าความผิดพลาดของมิเตอร์ไฟฟ้าก็เช่นเดียวกันคือ ต้องเปรียบเทียบปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ตัวมิเตอร์ไฟฟ้าวัดได้ เปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัดที่ใช้อ้างอิงซึ่งจะมีค่าความผิดพลาดมาตรฐานน้อยกว่า มิเตอร์ไฟฟ้ามากๆ หลังจากนั้นก็นำค่าที่วัดได้ของทั้งสองตัว มาคำนวณหาค่าร้อยละ ของความผิดพลาด และนำไปเปรียบเทียบกับค่าความผิดพลาดมาตรฐานที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด โดยได้กล่าวข้างต้นแล้วว่าต้องมีค่าไม่เกิน ร้อยละ ± 2.5 ของเครื่องมือวัดที่ใช้อ้างอิง

ทฤษฎีการตรวจสอบมิเตอร์

การตรวจสอบค่าความผิดพลาดของมิเตอร์ไฟฟ้านั้นกระทำได้หลายวิธี แต่ที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคใช้อยู่มีอยู่ 3 วิธี คือ

1. การตรวจสอบโดยใช้วิธีเปรียบเทียบกับมิเตอร์ ที่ทราบค่าความเที่ยงตรง ซึ่งจะต้องเป็นมิเตอร์ที่มีขนาด แอมแปร์ (A) โวลต์ (V) และ รอบต่อกิโลวัตต์ – ชั่วโมง (Revs/kWh) เท่ากับมิเตอร์ที่ต้องการตรวจสอบ ในการตรวจสอบจะต้องต่อวงจรกระแส (Current Coil) ของมิเตอร์ที่ใช้เปรียบเทียบกับมิเตอร์ที่ต้องการตรวจสอบแบบอนุกรม (Series) กัน ส่วนวงจรแรงดัน (Voltage Coil) นั้น ต่อขนาน (Parallel) กัน แล้วต้องทิ้งเวลาไว้ระยะหนึ่ง หลังจากนั้นก็นำหน่วยที่มิเตอร์ ทั้งสองตัวมาคิดค่าร้อยละความผิดพลาด และนำไปเปรียบเทียบกับ ค่าความผิดพลาดมาตรฐานที่การไฟฟ้ากำหนดต่อไป

ข้อดีของวิธีนี้

- ค่าที่ได้จากการวัดมีความถูกต้องแม่นยำ

ข้อเสีย

- ต้องหามิเตอร์ที่เป็นตัวอ้างอิงที่มีขนาดแรงดัน กระแสที่เท่ากับกับมิเตอร์ที่ต้องการ

ตรวจสอบ

- ต้องมีการต่อวงจรเพิ่มเติมเพื่อทำการตรวจสอบ
- ต้องใช้เวลาในการเปรียบเทียบนาน อยู่ในช่วง 7-15 วัน
- ต้องมีการเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์เพื่อไปทำการตรวจสอบจำนวนมาก

2. การตรวจสอบโดย เปรียบเทียบกับ โรเตตติ้ง สแตนดาร์ด (Rotating Standard) วิธีการก็เช่นเดียวกับวิธีแรกต่างกันว่าใช้ โรเตตติ้ง สแตนดาร์ด (Rotating Standard) เป็นตัวเปรียบเทียบ การตรวจสอบใช้วิธีนี้รอบการหมุนของมิเตอร์ที่ต้องการตรวจสอบ เปรียบเทียบกับจำนวนรอบการหมุนของ โรเตตติ้ง สแตนดาร์ด (Rotating Standard) แล้วนำค่ามาคำนวณหา ค่าความผิดพลาดเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าความผิดพลาดมาตรฐานที่การไฟฟ้ากำหนดต่อไป

ข้อดีของวิธีนี้

- ค่าที่ได้จากการวัดมีความถูกต้องแม่นยำ
- สามารถใช้ได้กับมิเตอร์ทุกขนาดไม่จำเป็นต้องมีขนาดเท่ากับมิเตอร์ที่ต้องการ

ตรวจสอบ

- ใช้เวลาในการเปรียบเทียบน้อยกว่าวิธีที่ 1

ข้อเสีย

- ต้องมีการต่อวงจรเพิ่มเติมเพื่อทำการตรวจสอบ
- ต้องมีการเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์เพื่อไปทำการตรวจสอบจำนวนมาก
- ต้องมีการเข้าสู่ตรรกาคำนวณหาค่าความผิดพลาด

3. การตรวจสอบโดยใช้นาฬิกาจับเวลาการหมุนของมิเตอร์ แล้วนำไปคำนวณหา พลังงานที่ใช้ในขณะนั้น เทียบกับ พลังงานที่ใช้ขณะนั้นที่วัดได้จาก คลิปออนกิโลวัตต์

ข้อดีของวิธีนี้

- สามารถใช้ได้กับมิเตอร์ทุกขนาดไม่จำเป็นต้องมีขนาดเท่ากับมิเตอร์ที่ต้องการ

ตรวจสอบ

- ใช้เวลาในการเปรียบเทียบน้อย
- ไม่ต้องการการต่อวงจรเพิ่มเติม
- เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบมีไม่มาก

ข้อเสีย

- ค่าความถูกต้องน้อยกว่า อีก 2 วิธี
- ต้องมีการเข้าสู่ตรรกาคำนวณหาค่าความผิดพลาด

ในสารนิพนธ์ฉบับนี้ ได้เลือกวิธีที่ 3 คือ การตรวจสอบโดยใช้นาฬิกาจับเวลาการหมุนของมิเตอร์ เนื่องจาก เป็นวิธีที่ ยืดหยุ่น สะดวก รวดเร็ว ใช้เครื่องมืออุปกรณ์น้อย สามารถตรวจสอบมิเตอร์ได้ปริมาณมากต่อวัน เหมาะกับการตรวจสอบภาคสนาม กับมิเตอร์ที่ติดตั้งใช้งานอยู่สามารถตรวจสอบได้โดยไม่ต้องตัดกระแสไฟฟ้า และเมื่อพบมิเตอร์ที่ต้องสงสัยว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเกินกว่าที่กำหนด ก็สามารถทำการตรวจสอบหลายซ้ำได้ หรือนำมิเตอร์ใหม่ไปสับเปลี่ยนและนำมิเตอร์ที่สงสัยกลับมาทำการตรวจสอบโดยใช้วิธีที่ 1 และ 2 ทำการตรวจสอบอย่างละเอียด ในห้องปฏิบัติการ ได้อีกครั้งเพื่อความแม่นยำ

ทฤษฎีการตรวจสอบมิเตอร์โดยใช้นาฬิกาจับเวลาการหมุนของมิเตอร์

มิเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้วัดไฟฟ้าในบ้านเรือนสถานประกอบการ รวมถึงโรงงานอุตสาหกรรม โดยทั่วไป จะแบ่งตามขนาดของการใช้ไฟฟ้า ดังนี้

- มิเตอร์ 1 เฟส 2 สาย
- มิเตอร์ 3 เฟส 4 สาย
- มิเตอร์ 3 เฟส 4 สาย ประกอบ ซีที
- มิเตอร์ 3 เฟส 3 สาย ประกอบ ซีที พีที

โดยหลักการของวิธีนี้จะเหมือนกันในมิเตอร์ทุกประเภท คือ ใช้นาฬิกาจับเวลา จับรอบการหมุนของจานมิเตอร์เพื่อคำนวณหาค่ากิโลวัตต์ที่มิเตอร์อ่านได้ขณะนั้น และใช้คลิปปอนกิโลวัตต์วัดค่ากิโลวัตต์ขณะนั้น แล้วนำค่าทั้งสองมาคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนดังที่จะกล่าวต่อไป ในมิเตอร์แต่ละแบบ



รูปที่ 1 คลิปปอนกิโลวัตต์ และนาฬิกาจับเวลา เครื่องมือในการตรวจสอบมิเตอร์

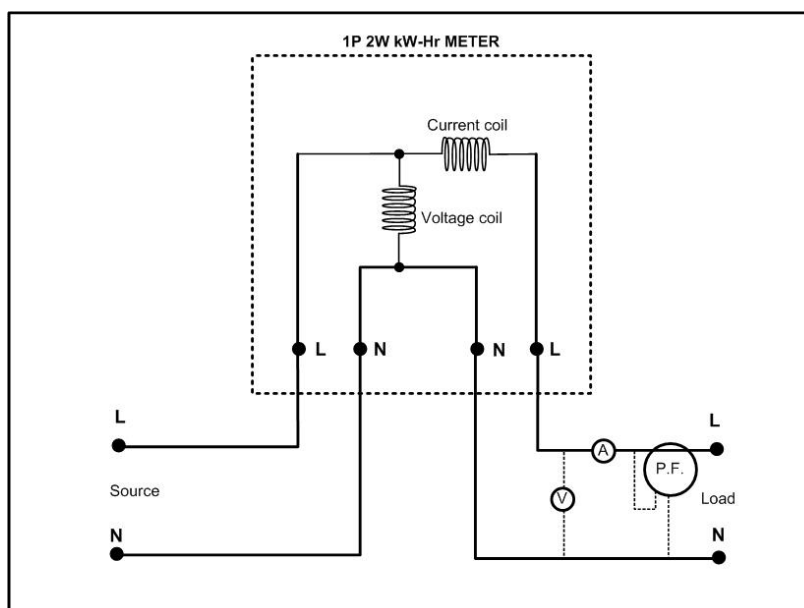
วิธีการตรวจสอบมิเตอร์แบบ 1 เฟส 2 สาย โดยใช้นาฬิกาจับเวลาการหมุน

มิเตอร์แบบ 1 เฟส 2 สาย เป็นมิเตอร์ที่ใช้กับบ้านเรือนที่พักอาศัยทั่วไป และธุรกิจขนาดเล็กมาก ในส่วนของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะมีอยู่ 3 ขนาด ที่เป็นมิเตอร์ขอติดตั้งใหม่ คือ 5(15)A 15(45)A 30(100)A นอกจากนี้ในปัจจุบันยังมีมิเตอร์ 1 เฟส 2 สาย ชนิดใหม่ที่เป็นมิเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้คิดเงินแบบตามช่วงเวลาการใช้หรือเรียกว่า ทีโอยู ที่มีขนาด 10(100)A อีกด้วย ส่วนที่ติดตั้งในระบบที่มีขอใช้ไฟฟ้าและติดตั้งมาเป็นเวลานานก็จะมีมิเตอร์รุ่นเก่าขนาดอื่นๆ อีก เช่น 3(9)A 10(30)A 20(40)A ซึ่งมิเตอร์พวกนี้มีการทยอยสับเปลี่ยนตามวาระเมื่อใช้งานนานเกิน 10 ปี มิเตอร์ 1 เฟส 2 สาย ที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ทั้งหมดสามารถใช้วิธีการตรวจสอบโดยใช้นาฬิกาจับเวลาการหมุนของมิเตอร์ได้ทั้งสิ้น



รูปที่ 2 มิเตอร์แบบ 1 เฟส 2 สาย ที่ติดตั้งอยู่ในระบบ

การตรวจสอบมิเตอร์จะใช้นาฬิกาจับเวลา จับเวลาการหมุนของมิเตอร์ต่อจำนวนรอบ และใช้คัลคูลอนกิโลวัตต์ วัดค่าแรงดัน (V) กระแส (A) และค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (PF) จากนั้นนำค่าที่อ่านและวัดได้ไปคำนวณผลลัพธ์ที่ได้ออกมาจะเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเพื่อนำไปเทียบกับค่ามาตรฐานที่การไฟฟ้ากำหนด



รูปที่ 3 แสดงวงจรของมิเตอร์ 1 เฟส 2 สาย และวิธีการวัดค่าต่างๆ

ก่อนจะทำการคำนวณได้นั้นจำเป็นต้องทราบค่าที่จำเป็นต้องใช้เสียก่อน คือ

1. ค่าที่เป็นค่าคงที่ของตัวมิเตอร์เอง

2. ค่าที่ได้จากการวัดค่า

ค่าคงที่ของตัวมิเตอร์สามารถหาได้จากเนมเพลจของตัวกิโลวัตต์มิเตอร์

- ค่า จำนวนรอบต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (rev/kW-Hr)

ค่าที่ได้จากการวัดค่า

- กิโลวัตต์มิเตอร์หมุนกี่รอบ(N) ใช้เวลาที่วินาที (S)

- แรงดันเฟส โวลต์ (V)

- กระแสเฟส แอมป์ (A)

- เพาเวอร์แฟคเตอร์ (PF.)

ค่าที่ได้จากการวัด โวลต์ แอมป์ และเพาเวอร์แฟคเตอร์ สามารถวัดได้โดยใช้คลิปปอน
มิเตอร์ ดังแสดงวิธีการวัดไว้ในรูปที่ 3

การคำนวณ

หาค่ากิโลวัตต์ขณะนั้นที่มิเตอร์อ่านได้

$$kW_m = \frac{3600 \times \text{จำนวนรอบที่นับได้ (N)}}{\text{ค่าคงที่ (rev/kW-Hr) } \times \text{เวลาที่ใช้ (S)}}$$

หาค่ากิโลวัตต์ขณะนั้นที่คลิปปอนมิเตอร์ตัวที่ใช้อ้างอิงอ่านได้

$$kW_{co} = \frac{\text{แรงดัน (V)} \times \text{กระแส (A)} \times \text{เพาเวอร์แฟคเตอร์ (PF.)}}{1000}$$

หาค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อน

$$\%Error = \left[\frac{kW_m}{kW_{co}} - 1 \right] \times 100$$

เมื่อได้ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของมิเตอร์ แล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ที่การไฟฟ้ากำหนด แล้วนำค่าไปกรอกในเอกสารการตรวจสอบมิเตอร์ แบบ 1 เฟส 2 สาย ต่อไป

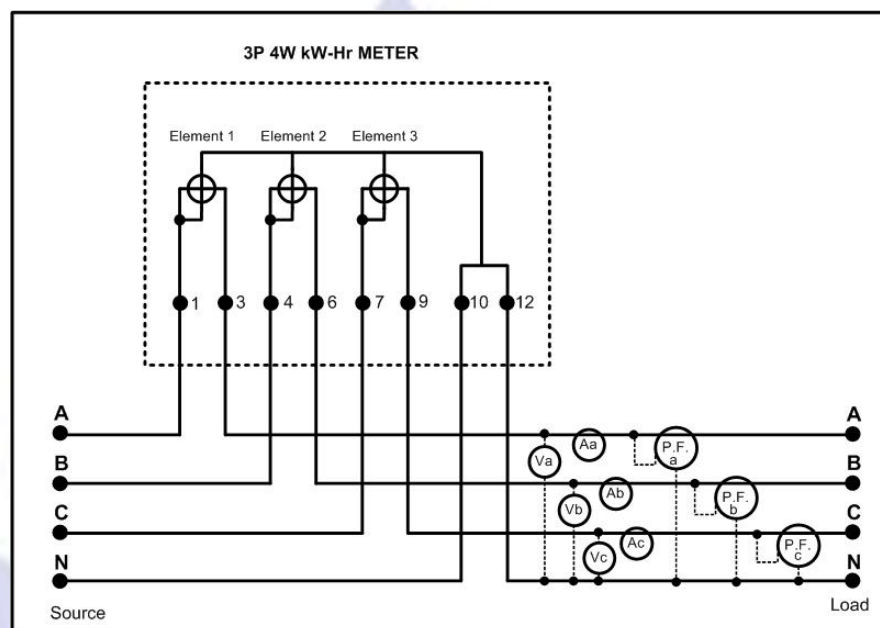
วิธีการตรวจสอบมิเตอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย โดยใช้นาฬิกาจับเวลาการหมุน

มิเตอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย เป็นมิเตอร์ที่ใช้กับบ้านเรือนที่พักอาศัยขนาดใหญ่ และธุรกิจขนาดเล็กจนถึงขนาดกลาง และการทำเกษตรกรรมขนาดกลาง ในส่วนของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะมีอยู่ 2 ขนาดที่เป็นมิเตอร์ขอติดตั้งใหม่ คือ 15(45)A 30(100)A นอกจากนี้ในปัจจุบันยังมีมิเตอร์ 3 เฟส 4 สาย ชนิดใหม่ที่เป็นมิเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้คิดเงินแบบตามช่วงเวลาการใช้หรือเรียกว่า ทีโอยู ที่มีขนาด 10(110)A และ 10(120)A อีกด้วย โดยมีมิเตอร์ 3 เฟส 4 สาย ที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ทั้งหมดสามารถใช้วิธีการตรวจสอบโดยใช้นาฬิกาจับเวลาการหมุนของมิเตอร์ได้ทั้งสิ้น



รูปที่ 4 มิเตอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย แบบจานหมุน

การตรวจสอบมิเตอร์จะใช้นาฬิกาจับเวลา จับเวลาการหมุนของมิเตอร์ต่อจำนวนรอบ และใช้คลิปปอนกิโลวัตต์วัดค่าแรงดัน (V) กระแส (A) และค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (PF) ของแต่ละเฟสทั้งสามเฟส จากนั้นนำค่าที่อ่านและวัดได้ไปคำนวณ ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาจะเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเพื่อนำไปเทียบกับค่ามาตรฐานที่การไฟฟ้ากำหนด



รูปที่ 5 แสดงวงจรของมิเตอร์ 3 เฟส 4 สาย และวิธีการวัดค่าต่างๆ

ก่อนจะทำการคำนวณได้นั้นจำเป็นต้องทราบค่าที่จำเป็นต้องใช้เสียก่อน คือ

1. ค่าที่เป็นค่าคงที่ของตัวมิเตอร์เอง
2. ค่าที่ได้จากการวัดค่า

ค่าคงที่ของตัวมิเตอร์สามารถหาได้จากเนมเพลจของตัวกิโลวัตต์มิเตอร์

- ค่าจำนวนรอบต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (rev/kW-Hr)

ค่าที่ได้จากการวัดค่า

- กิโลวัตต์มิเตอร์หมุนกี่รอบ (N) ใช้เวลาที่วินาที (S)
- แรงดันเฟสเทียบกับนิวทรัล โวลต์เฟสเอ (V_a) โวลต์เฟสบี (V_b) โวลต์เฟสซี (V_c)
- กระแสเฟส แอมป์เฟสเอ (A_a) แอมป์เฟสบี (A_b) แอมป์เฟสซี (A_c)
- เพาเวอร์แฟคเตอร์ทั้งสามเฟส ได้แก่ (P.F. a) (P.F. b) (P.F. c)

ค่าที่ได้จากการวัด โวลต์ แอมป์ และเพาเวอร์แฟคเตอร์ สามารถวัดได้โดยใช้คลิปปอนมิเตอร์ ดังแสดงวิธีการวัดไว้ในรูปที่ 5

การคำนวณ

หาค่ากิโลวัตต์ขณะนั้นที่มีเตอร์อ่านได้

$$kW_m = \frac{3600 \times \text{จำนวนรอบที่นับได้ (N)}}{\text{ค่าคงที่ (rev/kW-Hr)} \times \text{เวลาที่ใช้ (S)}}$$

หาค่ากิโลวัตต์ขณะนั้นที่คลิปปอนมิเตอร์ตัวที่ใช้อ้างอิงอ่านได้

$$kW_{a_{co}} = \frac{\text{แรงดัน(Va)} \times \text{กระแส(Aa)} \times \text{เพาเวอร์แฟคเตอร์(PF.a)}}{1000}$$

$$kW_{b_{co}} = \frac{\text{แรงดัน(Vb)} \times \text{กระแส(Ab)} \times \text{เพาเวอร์แฟคเตอร์(PF.b)}}{1000}$$

$$kW_{c_{co}} = \frac{\text{แรงดัน(Vc)} \times \text{กระแส(Ac)} \times \text{เพาเวอร์แฟคเตอร์(PF.c)}}{1000}$$

หาค่ากิโลวัตต์รวมขณะนั้นที่คลิปปอนมิเตอร์ตัวที่ใช้อ้างอิงอ่านได้

$$kW_{cot} = kW_{a_{co}} + kW_{b_{co}} + kW_{c_{co}}$$

หาค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อน

$$\%Error = \left[\frac{kW_m}{kW_{cot}} - 1 \right] \times 100$$

เมื่อได้ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของมิเตอร์ แล้วจึงนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่การไฟฟ้ากำหนด แล้วนำค่าไปกรอกในเอกสารการตรวจสอบมิเตอร์ มต.ทม.5 ต่อไป

วิธีการตรวจสอบมิเตอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย ประกอบซีทีที่ใช้หน้าฬิกาจับเวลาการ

หมุน

มิเตอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย ประกอบซีทีที่เป็นมิเตอร์ที่ใช้กับธุรกิจขนาดเล็กจนถึงขนาดกลาง โรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก และการทำเกษตรกรรมขนาดกลางไปจนถึงขนาดใหญ่ ซึ่งมีเตอร์ประเภทนี้ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องมีหม้อแปลงเป็นของตนเองเรียกว่าหม้อแปลงเฉพาะราย ที่มีขนาดของหม้อแปลงตั้งแต่ 100kVA ไปจนถึง 250kVA ปัจจุบันมิเตอร์แบบ 3 เฟส 4 สายที่ขอติดตั้งใหม่ทั้งหมดจะเป็นการคิดเงินแบบตามช่วงเวลา หรือ ทีโอยู ซึ่งมีเตอร์แบบนี้จะเป็นมิเตอร์แบบอิเล็กทรอนิกส์ แต่ในระบบที่มีการติดตั้งอยู่ปัจจุบันจะมีมิเตอร์แบบจานหมุนติดตั้งรวมอยู่ด้วยซึ่งมิเตอร์ทั้งสองชนิดนี้สามารถใช้วิธีการตรวจสอบโดยใช้หน้าฬิกาจับเวลาการหมุนของมิเตอร์ได้ทั้งสิ้น



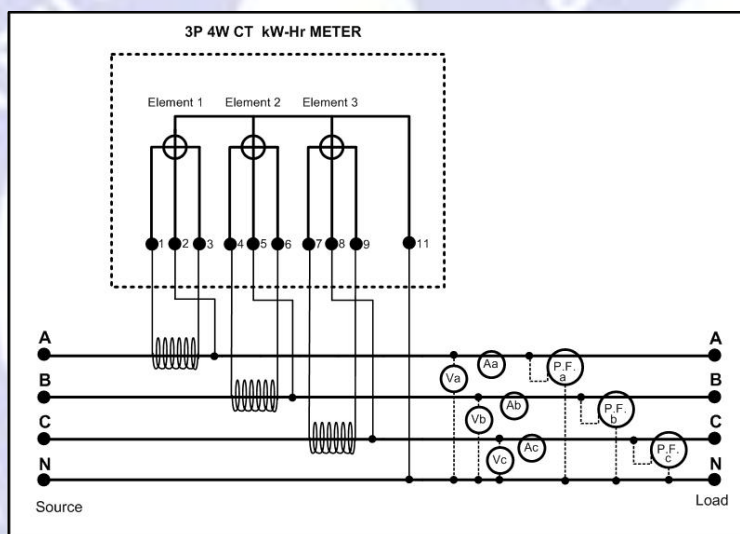
รูปที่ 6 มิเตอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย ประกอบซีที ขณะติดตั้งใช้งาน

การทำงานของมิเตอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย ประกอบซีทีนั้นจะเหมือนกันกับมิเตอร์แบบ 3 เฟส 4 สายธรรมดาเพียงแต่จะมีอุปกรณ์ที่เพิ่มขึ้นมา คือ ซีทีหรือ หม้อแปลงกระแส (Current Transformer) ซึ่งมีหน้าที่ลดปริมาณกระแสที่จะไหลเข้าตัวมิเตอร์จากกระแสจริงที่มีปริมาณมาก เพื่อให้มิเตอร์ที่มีขนาดเล็กสามารถที่จะวัดกระแสปริมาณมากได้ ซีทีทั่วไปจะมีอัตราส่วนคือ ปริมาณกระแสจริง/5 ซึ่งขนาดของอัตราส่วนซีทีจะต้องมีขนาดที่สัมพันธ์กับขนาดของหม้อแปลงที่ติดตั้งดังนี้ หม้อแปลงขนาด 100kVA จะใช้ซีทีขนาด 150/5A หม้อแปลงขนาด 160kVAจะใช้ซีทีขนาด 250/5A และหม้อแปลงขนาด 250kVA จะใช้ซีทีขนาด 400/5A และเมื่อมิเตอร์อ่านค่าได้จะต้องนำค่าที่ได้นั้นไปคูณกับอัตราส่วนของซีทีเสียก่อนจึงจะได้ค่าจริงออกมา



รูปที่ 7 ซีทีหรือ หม้อแปลงกระแส (Current Transformer)

การตรวจสอบมิเตอร์จะใช้นาฬิกาจับเวลา จับเวลาการหมุนของมิเตอร์ต่อจำนวนรอบ หรือมิเตอร์ที่เป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์บางรุ่น จะมีค่ากิโลวัตต์ชั่วโมงนั้นให้อ่านในตัวมิเตอร์ได้เลย และใช้คลิปปอนกิโลวัตต์วัดค่าแรงดัน (V) กระแส (A) และค่าเฟาเวอร์แฟคเตอร์ (PF) ของแต่ละเฟสทั้งสามเฟส จากนั้นนำค่าที่อ่านและวัดได้ไปคำนวณ ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาจะเป็นเปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อนเพื่อนำไปเทียบกับค่ามาตรฐานที่การไฟฟ้ากำหนด



รูปที่ 8 แสดงวงจรของมิเตอร์ 3 เฟส 4 สาย ประกอบซีที และวิธีการวัดค่าต่างๆ

ก่อนจะทำการคำนวณได้นั้นจำเป็นต้องทราบค่าที่จำเป็นต้องใช้เสียก่อน คือ 1.ค่าที่เป็นค่าคงที่ของตัวมิเตอร์เอง 2.ค่าที่ได้จากการวัดค่า

ค่าคงที่ของตัวมิเตอร์สามารถหาได้จากเนมเพลจของตัวกิโลวัตต์มิเตอร์

- ค่าจำนวนรอบต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (rev/kW-Hr)
- ค่าอัตราส่วนของซีที หรือหม้อแปลงกระแส (Current Transformer Ratio)

ค่าที่ได้จากการวัดค่า

- กิโลวัตต์มิเตอร์หมุนกี่รอบ (N) ใช้เวลาที่วินาที (S)
- แรงดันเฟสเทียบกับนิวทรัล โวลต์เฟสเอ (Va) โวลต์เฟสบี (Vb) โวลต์เฟสซี (Vc)
- กระแสเฟส แอมป์เฟสเอ (Aa) แอมป์เฟสบี (Ab) แอมป์เฟสซี (Ac)
- เพาเวอร์แฟคเตอร์ทั้งสามเฟส ได้แก่ (PF.a) (PF.b) (PF.c)

ค่าที่ได้จากการวัด โวลต์ แอมป์ และเพาเวอร์แฟคเตอร์ สามารถวัดได้โดยใช้คลิปปอนมิเตอร์ ดังแสดงวิธีการวัดไว้ในรูปที่ 8

การคำนวณ

หาค่ากิโลวัตต์ขณะนั้นที่มิเตอร์อ่านได้

$$kW_m = \left[\frac{3600 \times \text{จำนวนรอบที่นับได้ (N)}}{\text{ค่าคงที่} \left(\frac{\text{rev}}{\text{kW}} \right) \times \text{เวลาที่ใช้ (S)}} \right] \times \text{อัตราส่วนของซีที}$$

หาค่ากิโลวัตต์ขณะนั้นที่คลิปปอนมิเตอร์ตัวที่ใช้อ้างอิงอ่านได้

$$kW_{a_{co}} = \frac{\text{แรงดัน (Va)} \times \text{กระแส (Aa)} \times \text{เพาเวอร์แฟคเตอร์ (PF.a)}}{1000}$$

$$kW_{b_{co}} = \frac{\text{แรงดัน (Vb)} \times \text{กระแส (Ab)} \times \text{เพาเวอร์แฟคเตอร์ (PF.b)}}{1000}$$

$$kW_{c_{co}} = \frac{\text{แรงดัน (Vc)} \times \text{กระแส (Ac)} \times \text{เพาเวอร์แฟคเตอร์ (PF.c)}}{1000}$$

หาค่ากิโลวัตต์รวมขณะนั้นที่คลิปปอนมิเตอร์ตัวที่ใช้อ้างอิงอ่านได้

$$kW_{cot} = kW_{a_{co}} + kW_{b_{co}} + kW_{c_{co}}$$

หาค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อน

$$\% \text{Error} = \left[\frac{kW_m}{kW_{cot}} - 1 \right] \times 100$$

เมื่อได้ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของมิเตอร์แล้ว นำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน
ที่การไฟฟ้ากำหนด แล้วนำค่าไปกรอกในเอกสารการตรวจสอบมิเตอร์ มต.ทม.5 ต่อไป

วิธีการตรวจสอบมิเตอร์แบบ 3 เฟส 3 สาย ประกอบ ซีที ฟීที โดยใช้นาฬิกาจับเวลา

การหมุน

มิเตอร์แบบ 3 เฟส 3 สาย ประกอบ ซีที ฟීที เป็นมิเตอร์ที่ใช้กับ ธุรกิจขนาดกลางจน
ถึงขนาดใหญ่ โรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ และการทำเกษตรกรรมขนาดใหญ่
ซึ่งมิเตอร์ประเภทนี้ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องมีหม้อแปลงเป็นของตนเองเรียกว่าหม้อแปลงเฉพาะรายที่มี
ขนาดของหม้อแปลงตั้งแต่ 315kVA เป็นต้นไป ปัจจุบันมิเตอร์แบบ 3 เฟส 3 สายที่ขอติดตั้งใหม่
ทั้งหมดจะเป็นการคิดเงินแบบตามช่วงเวลา หรือ ทีโอยู ซึ่งมิเตอร์แบบนี้จะเป็นมิเตอร์แบบ
อิเล็กทรอนิกส์ แต่ในระบบที่มีการติดตั้งอยู่ปัจจุบันจะมีมิเตอร์แบบจานหมุนติดตั้งร่วมอยู่ด้วยซึ่ง
มิเตอร์ทั้งสองชนิดนี้สามารถใช้วิธีการตรวจสอบโดยใช้นาฬิกาจับเวลาการหมุนของมิเตอร์ได้
ทั้งสิ้น

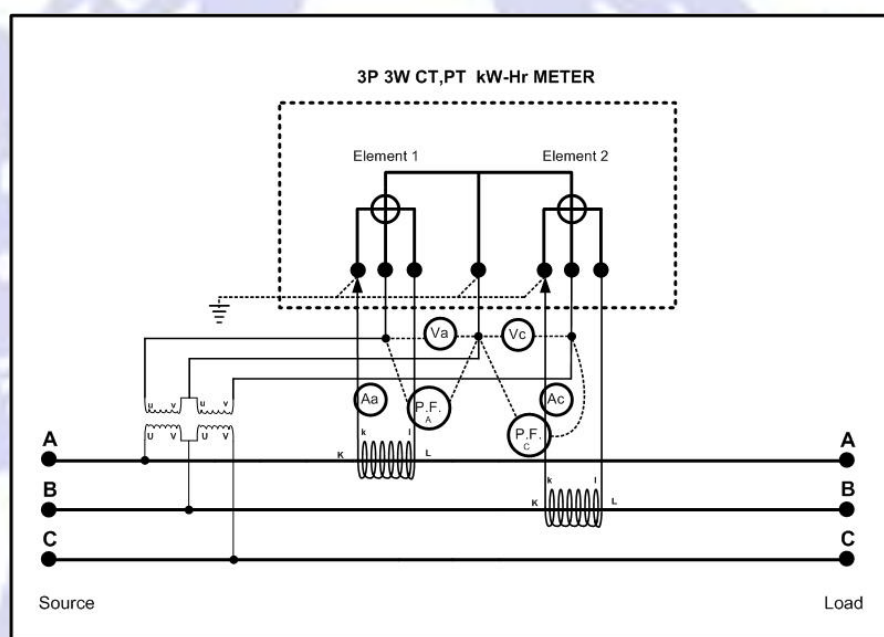


รูปที่ 9 มิเตอร์แบบ 3 เฟส 3 สาย ประกอบซีทีฟීที ขณะติดตั้งใช้งาน

การทำงานของมิเตอร์ 3 เฟส 3 สาย ประกอบซีทีฟීที นั้นจะแตกต่างจากมิเตอร์แบบ
อื่นที่ใช้วัดในระบบสามเฟส คือ ภายในตัวมิเตอร์จะมีอุปกรณ์ในการวัดค่าแค่สองชุดแต่สามารถ
วัดค่าของไฟฟ้าระบบสามเฟสได้ ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าภาระไฟฟ้าของระบบสามเฟสแรงดัน 22-
33kV นั้นจะเป็นภาระไฟฟ้าที่สมดุล จึงสามารถลดอุปกรณ์ในการวัดค่าไปได้ 1 ชุด การวัดค่า
แบบ 3 เฟส 3 สายนั้นเป็นการวัดค่าทางด้านไฟฟ้าแรงดันสูงซึ่งจำเป็นจะต้องมีอุปกรณ์ที่ฉลาด

ปริมาณแรงดัน และกระแส เพื่อให้ตัวมิเตอร์สามารถทำงานได้ คือซีที หรือหม้อแปลงกระแส (Current Transformer) ซึ่งมีหน้าที่ ลดปริมาณกระแสที่จะไหลเข้าตัวมิเตอร์จากกระแสจริงที่มีปริมาณมาก เพื่อให้มิเตอร์ที่มีขนาดเล็กสามารถที่จะวัดกระแสปริมาณมากได้ ซีทีทั่วไปจะมีอัตราส่วนคือ ปริมาณกระแสจริง/5 ซึ่งขนาดของอัตราส่วนซีทีที่จะต้องมีความสัมพันธ์กับขนาดของหม้อแปลงที่ติดตั้งอยู่ด้วย และพีทีหรือ หม้อแปลงแรงดัน (Potential Transformer) ซึ่งมีหน้าที่ ลดระดับแรงดันของระบบไฟฟ้าเพื่อให้ตัวมิเตอร์สามารถทำงานได้ และปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงานเนื่องจากไม่ต้องปฏิบัติงานกับไฟฟ้าแรงดันสูง พีทีส่วนใหญ่ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะมีอัตราส่วนอยู่ที่ 22kV/110V และ 33kV/110V เมื่อมิเตอร์อ่านค่าได้จะต้องนำค่าที่ได้นั้นไปคูณกับอัตราส่วนของซีทีและพีทีเสียก่อนจึงจะได้ค่าจริงออกมา

การตรวจสอบมิเตอร์จะใช้นาฬิกาจับเวลา จับเวลาการหมุนของมิเตอร์ต่อจำนวนรอบ หรือมิเตอร์ที่เป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์บางรุ่นจะมีค่ากิโลวัตต์ขณะนั้นให้อ่านในตัวมิเตอร์ได้เลย และใช้คลิปปอนกิโลวัตต์วัดค่าแรงดัน (V) กระแส (A) และค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (PF) ของแต่ละเฟสทั้งสามเฟส จากนั้นนำค่าที่อ่านและวัดได้ไปคำนวณ ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาจะเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเพื่อนำไปเทียบกับค่ามาตรฐานที่การไฟฟ้ากำหนด



รูปที่ 10 แสดงวงจรของมิเตอร์ 3 เฟส 3 สาย ประกอบซีทีพีที และวิธีการวัดค่าต่างๆ

ก่อนจะทำการคำนวณได้นั้นจำเป็นต้องทราบค่าที่จำเป็นต้องใช้เสียก่อน คือ

1. ค่าที่เป็นค่าคงที่ของตัวมิเตอร์เอง
2. ค่าที่ได้จากการวัดค่า

ค่าคงที่ของตัวมิเตอร์สามารถหาได้จากเนมเพลจของตัวกิโลวัตต์มิเตอร์

- ค่าจำนวนรอบต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (rev/kW-Hr)

ค่าที่ได้จากการวัดค่า

- กิโลวัตต์มิเตอร์หมุนกี่รอบ (N) ใช้เวลากี่วินาที (S)
- แรงดันเฟสเทียบกับนิวทรัล โวลต์เฟสเอ (Va) โวลต์เฟสซี (Vc)
- กระแสเฟส แอมป์เฟสเอ (Aa) แอมป์เฟสซี (Ac)
- เพาเวอร์แฟคเตอร์ทั้งสามเฟส ได้แก่ (PF.a) (PF.c)

ค่าที่ได้จากการวัด โวลต์ แอมป์ และเพาเวอร์แฟคเตอร์ สามารถวัดได้โดยใช้

คลิปปอนมิเตอร์ ดังแสดงวิธีการวัดไว้ในรูปที่ 10

การคำนวณ

หาค่ากิโลวัตต์ขณะนั้นที่มิเตอร์อ่านได้

$$kW_m = \left[\frac{3600 \times \text{จำนวนรอบที่นับได้(N)}}{\text{ค่าคงที่} \left(\frac{\text{rev}}{\text{kW}} \right) \times \text{เวลาที่ใช้(S)}} \right]$$

หาค่ากิโลวัตต์ขณะนั้นที่คลิปปอนมิเตอร์ตัวที่ใช้อ้างอิงอ่านได้

$$kW_{a_{co}} = \frac{\text{แรงดัน(Va)} \times \text{กระแส(Aa)} \times \text{เพาเวอร์แฟคเตอร์(PF.a)}}{1000}$$

$$kW_{c_{co}} = \frac{\text{แรงดัน(Vc)} \times \text{กระแส(Ac)} \times \text{เพาเวอร์แฟคเตอร์(PF.c)}}{1000}$$

หาค่ากิโลวัตต์รวมขณะนั้นที่คลิปปอนมิเตอร์ตัวที่ใช้อ้างอิงอ่านได้

$$kW_{cot} = kW_{a_{co}} + kW_{c_{co}}$$

หาค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อน

$$\%Error = \left[\frac{kW_m}{kW_{cot}} - 1 \right] \times 100$$

เมื่อได้คำร้อยละความคลาดเคลื่อนของมิเตอร์ แล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน
ที่การไฟฟ้ากำหนด แล้วนำค่าไปกรอกในเอกสารการตรวจสอบมิเตอร์ มต.ทม.5 ต่อไป

สาเหตุความคลาดเคลื่อนของมิเตอร์ไฟฟ้า

เราสามารถแบ่งสาเหตุของความคลาดเคลื่อนของมิเตอร์ไฟฟ้าได้เป็น 3 กลุ่มหลักและ
ได้บรรยายรายละเอียดของแต่ละกลุ่มโดยสังเขป ดังนี้

1. ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการใช้งานของมิเตอร์เอง เช่น การเสื่อมสภาพของ
อุปกรณ์ประกอบภายในตัวมิเตอร์เมื่อมีการติดตั้งใช้งานเป็นเวลานาน หรือ ติดตั้งบริเวณที่มี
มลภาวะต่าง ๆ และรวมไปถึงการใช้งานเกินขนาดของมิเตอร์ที่ระบุไว้

2. ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากภัยธรรมชาติ ยกตัวอย่างเช่น ไฟฟ้า พายุ และอัคคีภัย
 เป็นต้น

3. ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความตั้งใจ และการประกอบวงจรมิเตอร์ที่ไม่ถูกต้อง
ความคลาดเคลื่อนข้อนี้ จะเกิดจากความตั้งใจของผู้ใช้ไฟฟ้าที่จะทำการทุจริต ต่อตัวมิเตอร์ เพื่อ
ต้องการทำให้ค่าไฟถูกลงซึ่งมีวิธีการมากมายที่สามารถทำได้ทั้งที่เป็นการขัดขวางระบบทางกล
และแก้ไขวงจรไฟฟ้าของมิเตอร์ ซึ่งถือว่าเป็นการละเมิดสิทธิ์ และเป็นการกระทำความผิดทาง
อาญา นอกจากนี้ยังมีความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการประกอบวงจรมิเตอร์ผิดจากการติดตั้ง

ทั้งหมดที่กล่าวมานั้น ล้วนเป็นสาเหตุทำให้มิเตอร์อ่านค่าได้คลาดเคลื่อนจากความ
เป็นจริง ไม่ว่าจะเป็นการคลาดเคลื่อน ทางบวก หรือทางลบ ซึ่งสามารถใช้วิธีการตรวจสอบโดย
ใช้นาฬิกาจับเวลาการหมุนในการตรวจสอบได้ทั้งสิ้น

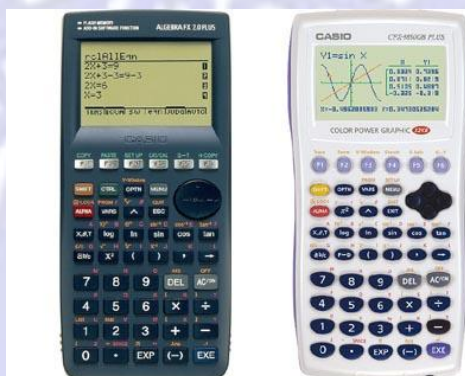


บทที่ 3

วิธีดำเนินงานสารนิพนธ์

ศึกษาคุณสมบัติของตัวอุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำสารนิพนธ์ฉบับนี้คือ เครื่องคิดเลขทางวิทยาศาสตร์ยี่ห้อCASIO รุ่น CFX-990GB PLUS ซึ่งเครื่องรุ่นนี้มีความสามารถในการโปรแกรมได้ โดยใช้ภาษาเฉพาะของ CASIO ซึ่งจะมีความใกล้เคียงกับภาษา C มาก และการสร้างโปรแกรมสามารถเรียกใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ต่างๆ ที่มีอยู่ในตัวเครื่องมาใช้งานได้อย่างสะดวก นอกจากนี้โครงสร้างตัวเครื่องเองก็มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานในภาคสนาม ด้วยปุ่มกดที่ชัดเจนกดง่าย และหน้าจอสามสีที่มีขนาด 128 x 64 จุด และฝาครอบที่มีความทนทานและสามารถป้องกันน้ำได้ในระดับหนึ่ง

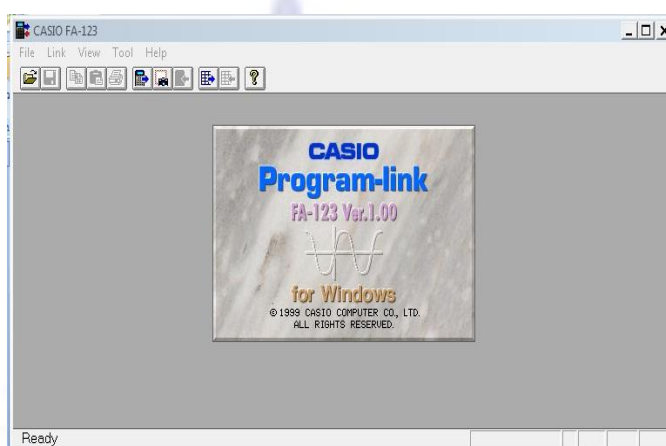


รูปที่ 11 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำสารนิพนธ์

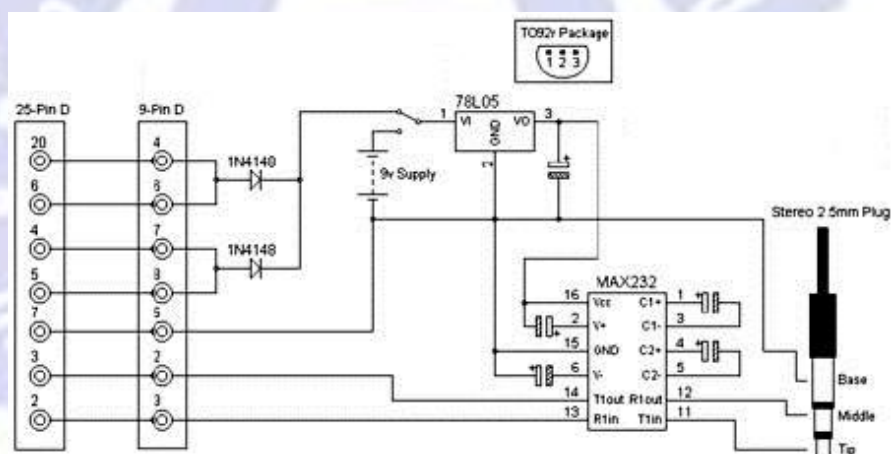
ที่มา : Casio Computer Co.,Ltd. (2010). **CFX-9950GB PLUS**. Online.

การเขียนโปรแกรมสำหรับเครื่องคิดเลขรุ่น CFX-990GB PLUS นั้นสามารถเขียนได้สองวิธีด้วยกันคือ การเขียนใส่ตัวเครื่องโดยตรง ต้องใช้ปุ่มกดที่อยู่บนตัวเครื่องในการโปรแกรม ซึ่งมีความลำบากพอสมควร น่าจะเหมาะกับการปรับเปลี่ยนโปรแกรมเพียงเล็กน้อย และอีกวิธีคือการเขียนโปรแกรมผ่านคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมของบริษัท CASIO เอง ชื่อโปรแกรม FA-123 หรือ FA-124 ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรม พร้อมทั้งสามารถจัดการโปรแกรมกับเครื่องคิดเลขของ CASIO ได้เกือบทุกรุ่นนอกจากนั้น ยังมีนักพัฒนาโปรแกรมที่ได้เขียนโปรแกรมและเกมทั่วโลกได้ทำโปรแกรมและเกมให้เราสามารถเลือกดาวน์โหลดมาใช้งานได้โดยการลงผ่านโปรแกรม FA-123 หรือ FA-124 ได้อีกด้วย

การลงโปรแกรมสามารถลงได้ 2 วิธี คือการลงโปรแกรมจากเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยผ่านโปรแกรม FA-123 หรือ FA-124 โดยต้องมีสายลิงค์ระหว่าง คอมพิวเตอร์กับเครื่องคิดเลข และการลงโปรแกรมจากเครื่องคิดเลขตัวที่มีโปรแกรมอยู่แล้วโดยทำการลงผ่านสายลิงค์ข้อมูลระหว่างเครื่องคิดเลขกับเครื่องคิดเลข

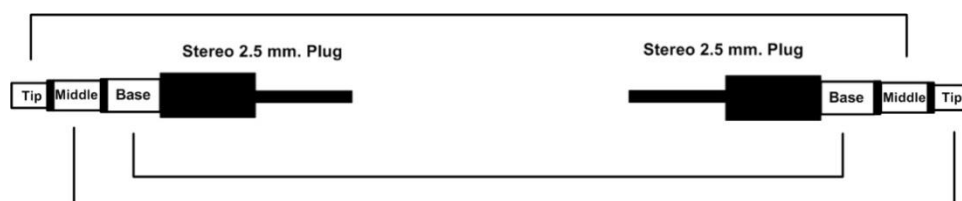


รูปที่ 12 โปรแกรมที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมผ่านคอมพิวเตอร์



รูปที่ 13 วงจรภายในของสายลิงค์ระหว่างคอมพิวเตอร์และเครื่องคิดเลขโดยใช้ IC MAX232

ที่มา : Link Cable FAQ. (2010). **Standard RS-232 Cable**. Online.

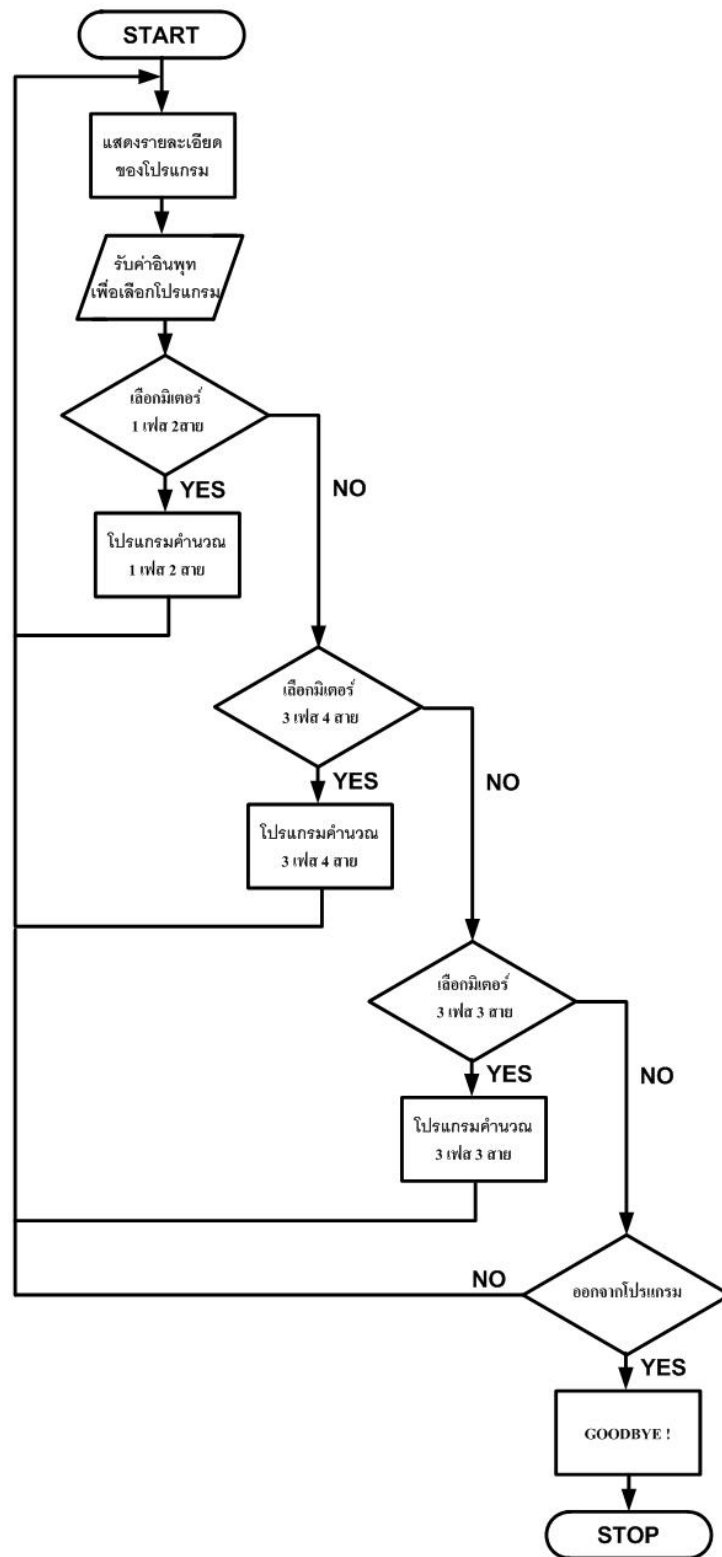


รูปที่ 14 วงจรภายในของสายลิ้งค์ระหว่างเครื่องคิดเลขกับเครื่องคิดเลข

การออกแบบโปรแกรมเมนูหลัก

ในการออกแบบโปรแกรมจะเน้นความสะดวกรวดเร็ว และจะแสดงค่าเฉพาะค่าที่จำเป็นต่อการใช้งานเท่านั้นเพื่อให้ใช้งานง่าย โดยเริ่มจากหน้าจอแสดงรายละเอียด และเมนูหลักให้เลือกเพื่อเข้าทำการคำนวณตามชนิดของมิเตอร์แต่ละประเภทซึ่งเป็นไปตามโฟลว์ชาร์ต

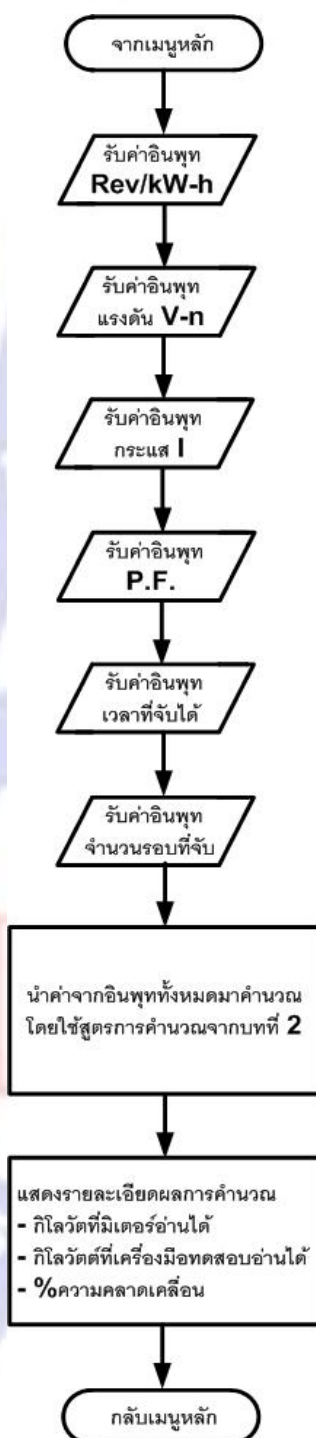




รูปที่ 15 โฟลว์ชาร์ตหลักของโปรแกรม

การออกแบบโปรแกรมเมนูการคำนวณมิเตอร์ 1 เฟส 2 สาย

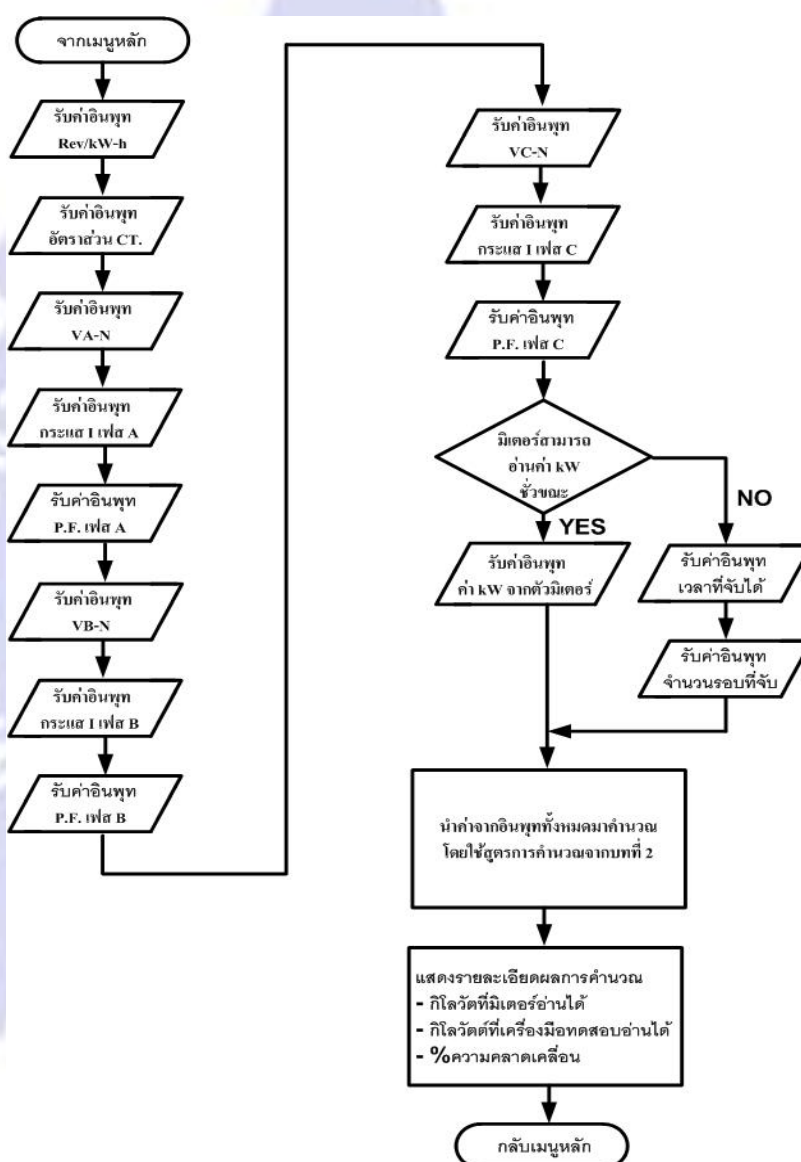
การออกแบบโปรแกรมของมิเตอร์ชนิด 1 เฟส 2 สาย นั้นจะใช้ทฤษฎีในการคำนวณ ดังที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 ซึ่งเป็นไปตามโฟลว์ชาร์ตที่แสดงด้านล่าง



รูปที่ 16 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมการคำนวณแบบ 1 เฟส 2 สาย

การออกแบบโปรแกรมการคำนวณมิเตอร์ 3 เฟส 4 สาย และแบบ 3 เฟส 4 สาย ประกอบ ซีที

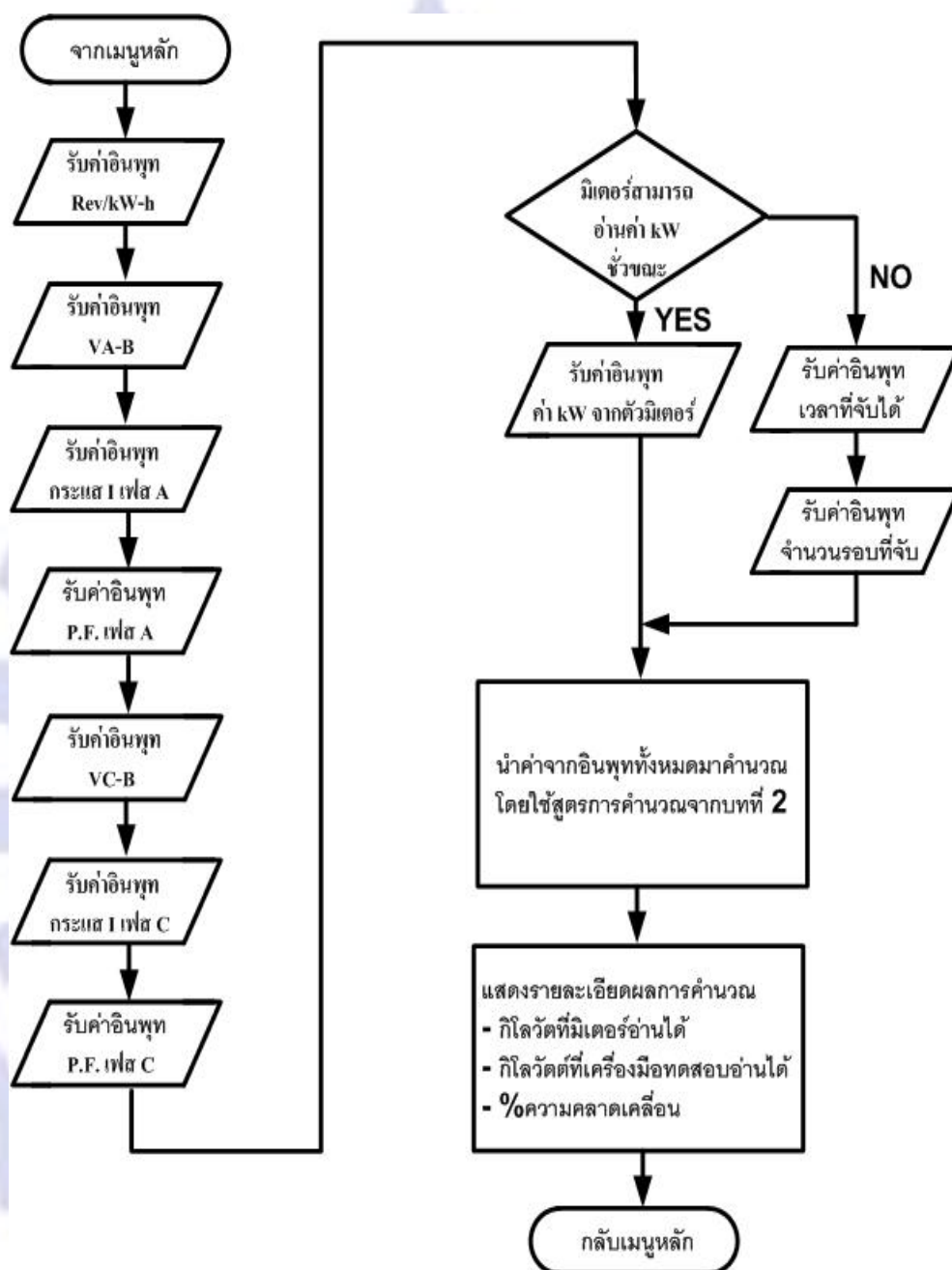
การออกแบบโปรแกรมของมิเตอร์ชนิด 3 เฟส 4 สาย นั้นจะเป็นไปตามทฤษฎีในการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 แต่เนื่องจากมิเตอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย และแบบ 3 เฟส 4 สาย ประกอบซีที มีการคำนวณที่เหมือนกัน แตกต่างเพียงแค่แบบประกอบ ซีทีที่มีอัตราส่วนของตัวซีทีเข้ามาคูณด้วย จึงสามารถนำมิเตอร์ทั้งสองแบบมารวมไว้ในเมนูเดียวกันได้ และสามารถแยกประเภทได้โดยใช้อัตราส่วนของตัวซีทีเป็นตัวแบ่งแยก การทำงานของโปรแกรมเป็นไปตามโฟลว์ชาร์ตที่แสดงด้านล่าง



รูปที่ 17 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมการคำนวณแบบ 3 เฟส 4 สาย

การออกแบบโปรแกรมเมนูการคำนวณมิเตอร์ แบบ 3 เฟส 3 สาย ประกอบ ซีที ฟีที

การออกแบบโปรแกรมของมิเตอร์ชนิด 3 เฟส 3 สาย นั้นจะใช้ทฤษฎีในการคำนวณ ดังที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 ซึ่งจะเป็นการวัดค่าทางด้าน Secondary โดยค่าที่วัดได้ทั้งหมดเป็นค่าที่ผ่าน ซีที และ ฟีทีแล้ว การทำงานของโปรแกรมเป็นไปตามโฟลว์ชาร์ตที่แสดงด้านล่าง



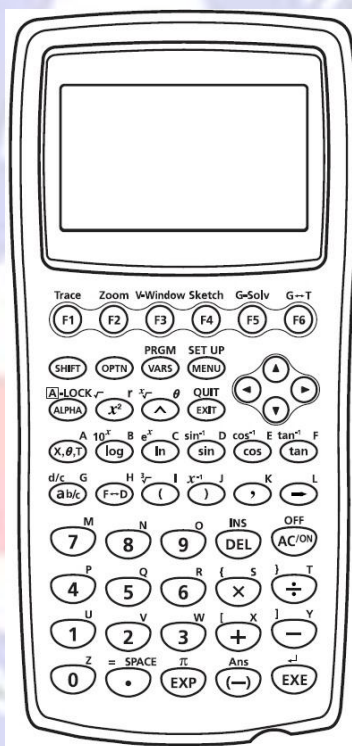
รูปที่ 18 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมการคำนวณแบบ 3 เฟส 3 สายประกอบ ซีที ฟีที

การใช้งานโปรแกรม

ในส่วนนี้จะเหมือนคู่มือการใช้งานโปรแกรม โดยจะมีการแบ่งรายละเอียดการใช้งานในส่วนต่างๆ เพื่อให้ผู้ที่ใช้งานโปรแกรม สามารถที่จะใช้เป็นคู่มือใช้งานโปรแกรมได้ โดยเริ่มจาก ส่วนเมนูหลัก จะแสดงตั้งแต่ Layout ของปุ่มต่างๆ บนเครื่อง วิธีการเปิดเครื่อง การเปิดโปรแกรม วิธีการเลือกเพื่อจะเข้าไปในโปรแกรมการคำนวณในโหมดแต่ละแบบ และออกจากโปรแกรมและการปิดเครื่อง ส่วนต่อมาก็จะเป็นการแสดงวิธีการใช้งานโปรแกรมในการคำนวณของโหมดแต่ละแบบ ตั้งแต่การเลือกเข้าโปรแกรม การป้อนค่าแต่ละค่า การดูผลการคำนวณ และสุดท้ายคือ การกลับไปสู่หน้าจอหลัก

การใช้งานโปรแกรมหลัก

ก่อนที่จะสามารถใช้งานโปรแกรมได้นั้น ผู้ใช้งานจำเป็นที่จะต้องรู้จักตำแหน่งของปุ่มต่างๆ บนเครื่องคิดเลขเพื่อที่จะสามารถ ใช้งานได้อย่างรวดเร็ว ปุ่มการใช้งานต่าง ๆ จะเป็นไปตามที่แสดงไว้ในรูปด้านล่าง



รูปที่ 19 รูปแสดง Layout ของปุ่มกดบนเครื่องคิดเลข

ที่มา : Casio Computer Co.,Ltd. (2010). **CFX-9950GB PLUS**. Online.

กดปุ่ม **AC/ON** เพื่อเปิดเครื่อง จะเห็นหน้าจอดังรูปที่ 20 จากนั้นใช้ปุ่ม **◀ ▶ ▲ ▼** เพื่อเลื่อนแถบที่บให้ไปอยู่ในตำแหน่ง **PRGM** ที่อยู่ทางด้านล่างซ้ายมือของหน้าจอ แล้วกดปุ่ม **EXE** เพื่อเข้าสู่เมนู **PRGM**



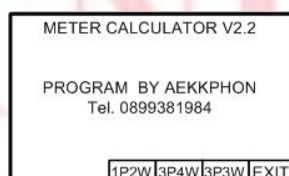
รูปที่ 20 หน้าจอของเครื่องคิดเลขเมื่อเปิดเครื่องขึ้นมา

ที่มา : Casio Computer Co.,Ltd. (2010). **CFX-9950GB PLUS**. Online.

จากนั้นใช้ปุ่ม **▼ ▲** เพื่อเลื่อนแถบที่บให้ไปอยู่ที่โปรแกรม **MM** ดังรูปที่ 21 จากนั้นกดปุ่ม **EXE** เพื่อเข้าสู่โปรแกรมคำนวณมิติเตอร์ เมื่อเข้ามาในโปรแกรมแล้วจะพบหน้าจอแสดงรายละเอียดของตัวโปรแกรม ดังที่แสดงในรูปที่ 22



รูปที่ 21 หน้าจอของเครื่องคิดเลขเมื่อเข้ามาในเมนู **PRGM**



รูปที่ 22 หน้าจอของเครื่องคิดเลขเมื่อเข้ามาในโปรแกรม **MM**

เมื่อเข้ามาสู่หน้าจอแสดงรายละเอียดของโปรแกรมแล้ว สามารถเลือกเพื่อจะเข้าทำการคำนวณมิติเตอร์แต่ละแบบโดย กด **F3** เพื่อเข้าไปยังการคำนวณมิติเตอร์แบบ 1 เฟส 2 สาย กด **F4** เพื่อเข้าไปยังการคำนวณมิติเตอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย และ 3 เฟส 4 สาย ประกอบซีที กด **F5** เพื่อเข้าไปยังการคำนวณมิติเตอร์แบบ 3 เฟส 3 สาย และกด **F6** เพื่อที่จะออกจาก

โปรแกรมคำนวณมิเตอร์ จะพบหน้าจอแสดงข้อความ “GOODBYE !” แสดงว่าออกจากโปรแกรมแล้ว ถ้าต้องการปิดเครื่องให้กดปุ่ม **SHIFT** **AC/ON** เพื่อปิดเครื่องหรือถ้าต้องการ ที่จะกลับเข้าไปยังโปรแกรมอีกครั้ง ทำได้โดยการกดปุ่ม **MENU** ที่หน้าจอเครื่องก็จะแสดงเหมือนกับเปิดเครื่องขึ้นมาตาม รูปที่ 20 จากนั้นก็ทำตามขั้นตอนเดิมเพื่อเข้าไปใช้งานโปรแกรมอีกครั้ง

การใช้งานโปรแกรมคำนวณมิเตอร์แบบ 1 เฟส 2 สาย

เมื่อต้องการเข้าใช้งานคำนวณมิเตอร์แบบ 1 เฟส 2 สาย ให้กดปุ่ม **F3** จากหน้าจอแสดงรายละเอียดของโปรแกรม รูปที่ 22

เมื่อเข้ามายังโปรแกรมการคำนวณมิเตอร์แบบ 1 เฟส 2 สาย แล้วจะพบกับข้อความ “rev/kW-h=? ” ให้ป้อนจำนวนรอบต่อกิโลวัตต์ชั่วโมงมิเตอร์ ที่อ่านได้จากเนมเพลจของตัวมิเตอร์ที่เราจะทำการตรวจสอบ เสร็จแล้วกดปุ่ม **EXE**

หน้าจอจะขึ้นข้อความ “V-N=? ” ให้ป้อนแรงดันที่อ่านได้จากการวัดค่าของคลิพออนมิเตอร์ เสร็จแล้วกดปุ่ม **EXE**

หน้าจอจะขึ้นข้อความ “I=? ” ให้ป้อนกระแสที่อ่านได้จากการวัดค่าของคลิพออนมิเตอร์ เสร็จแล้วกดปุ่ม **EXE**

หน้าจอจะขึ้นข้อความ “P.F.=?” ให้ป้อนค่าเพอร์เวอร์แฟคเตอร์ที่อ่านได้จากการวัดค่าของคลิพออนมิเตอร์ เสร็จแล้วกดปุ่ม **EXE**

หน้าจอจะขึ้นข้อความ “TIME (S)=?” ให้ป้อนเวลาเป็นวินาทีที่อ่านได้จากการจับเวลา เสร็จแล้วกดปุ่ม **EXE**

หน้าจอจะขึ้นข้อความ “NO. OF ROUND=? ” ให้ป้อนจำนวนรอบที่ใช้ในการจับเวลา เสร็จแล้วกดปุ่ม **EXE**

หลังจากนั้นเครื่องจะทำการคำนวณ และแสดงค่าของการคำนวณบนหน้าจอ คือ ค่ากิโลวัตต์ที่ตัวมิเตอร์อ่านได้ค่ากิโลวัตต์ที่คลิพออนมิเตอร์อ่านได้และค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด เป็นการเสร็จสิ้นของการคำนวณ ให้กดปุ่ม **EXE** เพื่อกลับไปยังหน้าจอรายละเอียดของโปรแกรม

kW METER = XXX.XX
kW CLIP ON= XXX.XX
% ERROR=XX.XXX

Press [EXE] to return

รูปที่ 23 หน้าจอของการแสดงผลการคำนวณ ของมิเตอร์แบบ 1 เฟส 2 สาย

การใช้งานโปรแกรมคำนวณมิเตอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย และ แบบ 3 เฟส 4 สาย
ประกอบซีที

เมื่อต้องการเข้าใช้งานคำนวณมิเตอร์แบบ 1 เฟส 2 สาย ให้กดปุ่ม **[F4]** จากหน้าจอแสดงรายละเอียดของโปรแกรม รูปที่ 22

เมื่อเข้ามายังโปรแกรมการคำนวณมิเตอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย แล้วจะพบกับข้อความ “rev/kW-h=? ” ให้ป้อนจำนวนรอบต่อกิโลวัตต์ชั่วโมงมิเตอร์ ที่อ่านได้จากเนมเพลจของตัวมิเตอร์ที่เราจะทำการตรวจสอบ เสร็จแล้วกดปุ่ม **[EXE]**

หน้าจอจะขึ้นข้อความ “C.T.RATIO ?/5?” ตรงนี้จะเป็นการแยกชนิดระหว่าง มิเตอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย และ แบบ 3 เฟส 4 สาย ประกอบซีที โดยถ้าเป็นมิเตอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย ธรรมดาให้ใส่ ค่า=5 ลงไป แต่ถ้าเป็น มิเตอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย ประกอบซีที ให้ใส่อัตราส่วนของซีทีที่อ่านได้จากเนมเพลจของซีทีลงไป เสร็จแล้วกดปุ่ม **[EXE]** เครื่องจะแสดงตัวคูณของซีทีขึ้นมา ให้กด **[EXE]** อีกครั้งเพื่อดำเนินการต่อไป

หน้าจอจะขึ้นข้อความ “VA-N=? ” ให้ป้อนแรงดันที่อ่านได้จากการวัดค่าของคลิปปอนมิเตอร์ เสร็จแล้วกดปุ่ม **[EXE]**

หน้าจอจะขึ้นข้อความ “IA=? ” ให้ป้อนกระแสที่อ่านได้จากการวัดค่าของคลิปปอนมิเตอร์ เสร็จแล้วกดปุ่ม **[EXE]**

หน้าจอจะขึ้นข้อความว่า “P.F.A=? ” ให้ป้อนค่าเพอร์เวอร์แฟคเตอร์ที่อ่านได้จากการวัดค่าของ คลิปปอนมิเตอร์ เสร็จแล้วกดปุ่ม **[EXE]**

หน้าจอจะขึ้นข้อความ “VB-N=? ” ให้ป้อนแรงดันที่อ่านได้จากการวัดค่าของคลิปปอนมิเตอร์ เสร็จแล้วกดปุ่ม **[EXE]**

หน้าจอจะขึ้นข้อความ “IB=? ” ให้ป้อนค่ากระแสที่อ่านได้จากการวัดค่าของคลิปปอนมิเตอร์ เสร็จแล้วกดปุ่ม **[EXE]**

หน้าจอจะขึ้นข้อความว่า “P.F.B=? ” ให้ป้อนค่าเพอร์เวอร์แฟคเตอร์ที่อ่านได้จากการวัดค่าของ คลิปปอนมิเตอร์ เสร็จแล้วกดปุ่ม **[EXE]**

หน้าจอจะขึ้นข้อความ “VC-N=? ” ให้ป้อนแรงดันที่อ่านได้จากการวัดค่าของคลิปปอนมิเตอร์ เสร็จแล้วกดปุ่ม **[EXE]**

หน้าจอจะขึ้นข้อความ “IC=? ” ให้ป้อนกระแสที่อ่านได้จากการวัดค่าของคลิปปอนมิเตอร์ เสร็จแล้วกดปุ่ม **[EXE]**

หน้าจอจะขึ้นข้อความว่า “P.F.C=? ” ให้ป้อนค่าเพอร์เวอร์แฟคเตอร์ที่อ่านได้จากการวัดค่าของ คลิปปอนมิเตอร์ เสร็จแล้วกดปุ่ม **[EXE]**

หน้าจอจะขึ้นข้อความ “093 OR 097 IF NO CODE PRESS KEY(0)=?” ในหน้าจอของมิเตอร์แบบอิเล็กทรอนิกส์บางรุ่นจะมีรหัส 093 หรือ 097 เพื่อแสดงค่ากิโลวัตต์ปัจจุบันที่

ตัวมิเตอร์อ่านค่าได้ ก็ให้ใส่ค่าในรหัส 093 หรือ 097 ของตัวมิเตอร์นั้นลงไปได้เลย แล้วกดปุ่ม **[EXE]** เครื่องก็จะทำการคำนวณและแสดงผลเลย

ในกรณีที่ตัวมิเตอร์เป็นแบบจานหมุน หรือ ไม่มีรหัส 093 หรือ 097 ก็ให้ใส่ค่า 0 และกด **[EXE]**

หน้าจอจะขึ้นข้อความ “TIME (S)=?” ให้ป้อนเวลาเป็นวินาทีที่อ่านได้จากการจับเวลาเสร็จแล้วกดปุ่ม **[EXE]**

หน้าจอจะขึ้นข้อความ “NO. OF ROUND=?” ให้ป้อนจำนวนรอบที่ใช้ในการจับเวลาเสร็จแล้วกดปุ่ม **[EXE]**

หลังจากนั้นเครื่องจะทำการคำนวณ และแสดงค่าของการคำนวณบนหน้าจอ คือ ค่ากิโลวัตต์ที่ตัวมิเตอร์อ่านได้ ค่ากิโลวัตต์เฟส A B C และกิโลวัตต์รวม ที่คลิปปอนมิเตอร์อ่านได้ ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด เป็นการเสร็จสิ้นของการคำนวณ ให้กดปุ่ม **[EXE]** เพื่อกลับไปยังหน้าจอรายละเอียดของโปรแกรม

kW A = XXX.XX	% ERROR=
kW B = XXX.XX	XX.XXX
kW C = XXX.XX	
Total kW= XXX.XX	
kW METER= XXX.XX	
Press [EXE] to return	

รูปที่ 24 หน้าจอของการแสดงผลการคำนวณ ของมิเตอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย

การใช้งานโปรแกรมคำนวณมิเตอร์แบบ 3 เฟส 3 สาย

เมื่อต้องการเข้าใช้งานคำนวณมิเตอร์แบบ 1 เฟส 2 สาย ให้กดปุ่ม **[F5]** จากหน้าจอแสดงรายละเอียดของโปรแกรม รูปที่ 22

เมื่อเข้ามายังโปรแกรมการคำนวณมิเตอร์แบบ 3 เฟส 3 สาย แล้วจะพบข้อความว่า “rev/kW-h=?” ให้ป้อนจำนวนรอบต่อกิโลวัตต์ชั่วโมงมิเตอร์ ที่อ่านได้จากเนมเพลจของตัวมิเตอร์ที่เราจะทำการตรวจสอบ เสร็จแล้วกดปุ่ม **[EXE]**

หน้าจอจะขึ้นข้อความ “VA=?” ให้ป้อนแรงดันที่อ่านได้จากการวัดค่าของคลิปปอนมิเตอร์ เสร็จแล้วกดปุ่ม **[EXE]**

หน้าจอจะขึ้นข้อความ “IA=?” ให้ป้อนกระแสที่อ่านได้จากการวัดค่าของคลิปปอนมิเตอร์ เสร็จแล้วกดปุ่ม **[EXE]**

หน้าจอจะขึ้นข้อความ “P.F.A=?” ให้ป้อนค่าเพอร์เวอร์แฟคเตอร์ที่อ่านได้จากการวัดค่าของ คลิปปอนมิเตอร์ เสร็จแล้วกดปุ่ม **[EXE]** หน้าจอจะขึ้นข้อความ “VC=?” ให้ป้อนแรงดันที่อ่านได้จากการวัดค่าของ คลิปปอนมิเตอร์ เสร็จแล้วกดปุ่ม **[EXE]**

หน้าจอจะขึ้นข้อความ “IC=?” ให้ป้อนกระแสที่อ่านได้จากการวัดค่าของคลิปปอนมิเตอร์ เสร็จแล้วกดปุ่ม **[EXE]**

หน้าจอจะขึ้นข้อความ “P.F.C=?” ให้ป้อนค่าเพอร์เวอร์แฟคเตอร์ที่อ่านได้จากการวัดค่าของ คลิปปอนมิเตอร์ เสร็จแล้วกดปุ่ม **[EXE]**

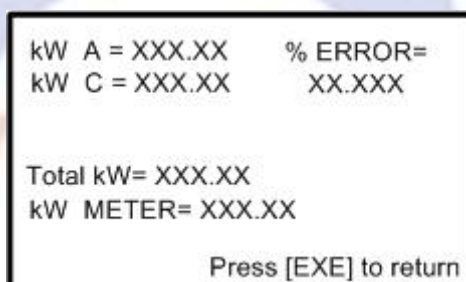
หน้าจอจะขึ้นข้อความ “093 OR 097 IF NO CODE PRESS KEY(0)=?” ในหน้าจอของมิเตอร์แบบอิเล็กทรอนิกส์บางรุ่นจะมีรหัส 093 หรือ 097 เพื่อแสดงค่ากิโลวัตต์ปัจจุบันที่ตัวมิเตอร์อ่านค่าได้ ก็ให้ใส่ค่าในรหัส 093 หรือ 097 ของตัวมิเตอร์นั้นลงไปได้เลย แล้วกดปุ่ม **[EXE]** เครื่องก็จะทำการคำนวณและแสดงผลเลย

ในกรณีที่ตัวมิเตอร์เป็นแบบจานหมุน หรือ ไม่มีรหัส 093 หรือ 097 ก็ให้ใส่ค่า 0 และกด **[EXE]**

หน้าจอจะขึ้นข้อความ “TIME (S)=?” ให้ป้อนเวลาเป็นวินาทีที่อ่านได้จากการจับเวลา เสร็จแล้วกดปุ่ม **[EXE]**

หน้าจอจะขึ้นข้อความ “NO. OF ROUND=?” ให้ป้อนจำนวนรอบที่ใช้ในการจับเวลา เสร็จแล้วกดปุ่ม **[EXE]**

หลังจากนั้นเครื่องจะทำการคำนวณ และแสดงค่าของการคำนวณบนหน้าจอ คือ ค่ากิโลวัตต์ที่ตัวมิเตอร์อ่านได้ ค่ากิโลวัตต์เฟส A เฟส C และกิโลวัตต์รวม ที่คลิปปอนมิเตอร์อ่านได้ ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด เป็นการเสร็จสิ้นของการคำนวณ ให้กดปุ่ม **[EXE]** เพื่อกลับไปยังหน้าจอรายละเอียดของโปรแกรม



kW A = XXX.XX % ERROR= XX.XXX
 kW C = XXX.XX

 Total kW= XXX.XX
 kW METER= XXX.XX

 Press [EXE] to return

รูปที่ 25 หน้าจอของการแสดงผลการคำนวณ ของมิเตอร์แบบ 3 เฟส 3 สาย

การทดลองใช้งานในการตรวจสอบมิเตอร์

หลังจากที่เขียนโปรแกรมขึ้นมาแล้ว จึงได้นำเครื่องคิดเลขที่ลงโปรแกรม ออกไปทำการทดสอบการใช้งานจริงในการตรวจสอบมิเตอร์ภาคสนาม ซึ่งมีมิเตอร์ที่ใช้ทำการทดสอบนั้นเป็นมิเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์ ยี่ห้อ EDM I แบบ 3 เฟส 4 สาย ประกอบซีที ซึ่งมีขั้นตอนการตรวจสอบดังนี้

1. การตรวจสอบสภาพภายนอก สิ่งแปลกปลอม ตราตะกั่วและเปิดฝาตู้ ดังแสดงในรูปที่ 26



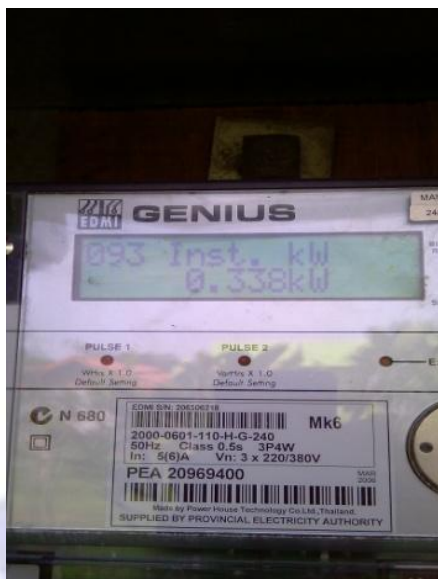
รูปที่ 26 การตรวจสอบสภาพภายนอกของมิเตอร์

2. ทำการวัดค่าต่างๆ ของมิเตอร์โดยเครื่องวัดคลิปปอนน์กิโลวัตต์ แสดงในรูปที่ 27



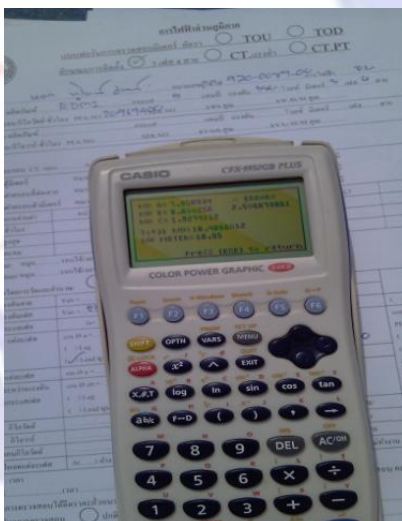
รูปที่ 27 วัดค่าต่างๆ ของมิเตอร์โดยเครื่องวัดคลิปปอนน์กิโลวัตต์

3. บันทึกค่าที่อ่านได้จากตัวมิเตอร์โดยเครื่องยี่ห้อ EDMl นั้นสามารถอ่านค่ากิโลวัตต์ ขณะนั้นได้โดยดูได้จากรหัส 093 ดังแสดงในรูปที่ 28



รูปที่ 28 บันทึกค่าที่อ่านได้จากตัวมิเตอร์ในรหัส 093 เพื่อนำไปคำนวณ

4. นำค่าที่ได้จากเครื่องมือวัดและจากการบันทึกหน้าจอของมิเตอร์ มาคำนวณโดยใช้วิธีคำนวณด้วยมือ และนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข



รูปที่ 29 นำค่าต่างๆ มาคำนวณโดยใช้เครื่องคิดเลข

ค่าที่วัดได้จากคลิปออนมิโวลต์

- $V_a=237\text{ V}$, $V_b=237\text{ V}$, $V_c=234\text{ V}$
- $I_a=38.6\text{ A}$, $I_b=37.8\text{ V}$, $I_c=8.58\text{ V}$
- $P.F.a=0.870$, $P.F.b=0.960$, $P.F.c=0.960$

ค่าที่อ่านได้จากตัวมิเตอร์

- ค่ากิโลวัตต์ขณะนั้นที่อ่านได้จาก รหัส 093 = 0.379 kW
- ค่ากิโลวัตต์ขณะนั้นที่อ่านได้คูณด้วยตัวคูณ $0.379 \times 50 = 18.95\text{ kW}$

การคำนวณ

หาค่ากิโลวัตต์ขณะนั้นที่คลิปออนมิเตอร์ตัวที่ใช้อ้างอิงอ่านได้

$$kW_{a_{co}} = \frac{237 \times 38.6 \times 0.87}{1000} = 7.96$$

$$kW_{b_{co}} = \frac{237 \times 37.8 \times 0.960}{1000} = 8.60$$

$$kW_{c_{co}} = \frac{234 \times 8.58 \times 0.960}{1000} = 1.93$$

หาค่ากิโลวัตต์รวมขณะนั้นที่คลิปออนมิเตอร์ตัวที่ใช้อ้างอิงอ่านได้

$$kW_{cot} = 7.96 + 8.60 + 1.93 = 18.49$$

หาค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อน

$$\%Error = \left[\frac{18.95}{18.49} - 1 \right] \times 100 = +2.49\%$$

และเมื่อทดลองใช้โปรแกรมในเครื่องคิดเลข คำนวณหาความคลาดเคลื่อนของมิเตอร์ โดยใช้ข้อมูลชุดเดียวกัน ได้ค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ +2.5% ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ใช้วิธีการคำนวณด้วยมือ ที่มีค่าเท่ากับ +2.49% จะพบว่ามีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งน่าจะมาจากสาเหตุของการคำนวณด้วยมือ มีความละเอียดของเลขทศนิยมน้อยกว่าการคำนวณด้วยโปรแกรม

บทที่ 4

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

การเก็บรวบรวมผลการทดสอบ ได้ใช้วิธีการตรวจสอบมิเตอร์ประเภทต่างๆ โดยแบ่งเป็น 2 วิธี คือ วิธีคิดมือแบบเดิม และวิธีใช้โปรแกรมในเครื่องคิดเลขที่สร้างขึ้น โดยมีจำนวนในการทดสอบแบบ และวิธีละ 10 เครื่อง รวมทำการทดสอบทั้งหมด 80 ครั้ง โดยใช้พนักงานแผนกมิเตอร์ ที่มีเงินเดือนเฉลี่ย 32,316 บาท จำนวน 4 คน เป็นผู้ทดสอบ และสรุปผลในตาราง

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบวิธีเดิมและวิธีใหม่

ลำดับ	ประเภทของมิเตอร์	รายละเอียด	หน่วย	แบบเดิม	แบบใหม่	ลดลง (%)
1.	มิเตอร์ แบบ 1 เฟส 2 สาย	เวลาเฉลี่ยต่อเครื่อง	วินาที/เครื่อง	70.41	28.65	59.3
		Error	ครั้ง	0	0	-
		ต้นทุนต่อเครื่อง	บาท/เครื่อง	4.51	1.84	59.2
2.	มิเตอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย	เวลาเฉลี่ยต่อเครื่อง	วินาที/เครื่อง	118.4	40.34	65.92
		Error	ครั้ง	1	0	-
		ต้นทุนต่อเครื่อง	บาท/เครื่อง	7.59	2.59	65.87
3.	มิเตอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย ประกอบ ซีที	เวลาเฉลี่ยต่อเครื่อง	วินาที/เครื่อง	125.13	54.86	56.16
		Error	ครั้ง	1	0	-
		ต้นทุนต่อเครื่อง	บาท/เครื่อง	8.02	3.51	56.23
4.	มิเตอร์แบบ 3 เฟส 3 สาย ประกอบ ซีที พีที	เวลาเฉลี่ยต่อเครื่อง	วินาที/เครื่อง	98.12	40.14	59.09
		Error	ครั้ง	0	0	-
		ต้นทุนต่อเครื่อง	บาท/เครื่อง	6.29	2.57	59.14

สรุปผลการปรับปรุงกระบวนการในการตรวจสอบมิเตอร์

1. สามารถสร้างโปรแกรมสำหรับเครื่องคิดเลขยี่ห้อ CASIO เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของมิเตอร์ทั้ง 4 ประเภท ได้แก่ มิเตอร์ 1 เฟส 2 สาย มิเตอร์ 3 เฟส 4 สาย มิเตอร์ 3 เฟส 4 สายประกอบซีทีที่แรงต่ำ และมิเตอร์ 3 เฟส 3 สายประกอบซีทีพีที่แรงสูงระบบ 22 กิโลโวลต์ ได้

2. ลดระยะเวลาในการตรวจสอบมิเตอร์แบบ 1 เฟส 2 สาย ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 59.30 ต่อหนึ่งลูก

3. ลดระยะเวลาในการตรวจสอบมิเตอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 65.92 ต่อหนึ่งลูก

4. ลดระยะเวลาในการตรวจสอบมิเตอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย ประกอบซีที ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 56.16 ต่อหนึ่งลูก

5. ลดระยะเวลาในการตรวจสอบมิเตอร์แบบ 3 เฟส 3 สาย ประกอบซีที พีที ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 59.09 ต่อหนึ่งลูก

6. สามารถลดต้นทุนทางตรง คือ เวลาการปฏิบัติงานของพนักงานดังแสดง ในตารางที่ 2 ซึ่งเมื่อคิดเป็นมูลค่าเงินแล้วอาจดูไม่มาก แต่เมื่อคิดถึงต้นทุนทางอ้อม เช่น การฝึกอบรมจากเดิมต้องเรียกพนักงานเข้าไปฝึกอบรม ก็สามารถฝึกแบบ OJT แทนได้ เป็นต้น

7. สามารถลดความผิดพลาดในการคำนวณอันเนื่องมาจาก จุททศนิยม การบันทึก และอ่านตัวเลขของผู้ปฏิบัติงาน

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

เครื่องมือที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้ดีในระดับหนึ่งสามารถตอบโจทย์การใช้งานทั่วไปได้ดี แต่งานที่ต้องอาศัยการวิเคราะห์เชิงลึกยังไม่สามารถทำได้ ซึ่งโดยศักยภาพของตัวเครื่องนั้นยังสามารถพัฒนาต่อไปได้ ในส่วนการแสดงผลการคำนวณออกมาเป็นกราฟเวกเตอร์เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์เชิงลึกต่อไป

ควรสนับสนุนให้นำเครื่องมือที่สร้างขึ้น ไปใช้งานอย่างแพร่หลายในการตรวจสอบมิเตอร์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพื่อเป็นการลดเวลา และต้นทุน พร้อมทั้งเป็นการลดความเสียหายอันอาจจะเกิดขึ้นจากการทำงานผิดพลาดของตัวมิเตอร์ ทั้งในส่วนของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเองและในส่วนของลูกค้า

ประโยชน์ที่ได้จากการทำสารนิพนธ์

แผนกมิเตอร์สามารถปฏิบัติงานตรวจสอบมิเตอร์ไฟฟ้าได้รวดเร็วและถูกต้องแม่นยำขึ้น ส่งผลให้ช่วยลดต้นทุนในการตรวจสอบและหน่วยสูญเสียให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้

บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (2525). มีเตอร์ และซีที พีที. (คู่มืออบรมหลักสูตรพนักงานมิเตอร์).

กรุงเทพฯ : ศูนย์ฝึกอบรม การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.

ทีมงานสมาร์ตเลิร์นนิ่ง. (2550). **PIC Microcontroller Learning-By-Doing** ด้วยภาษา C

ฉบับรวมเครื่องโปรแกรมและอุปกรณ์ครบชุด. กรุงเทพฯ : สมาร์ตเลิร์นนิ่ง.

เอก ไชยสวัสดิ์. (2546). การวัดและเครื่องมือวัดไฟฟ้า. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

Casio Computer Co.,Ltd. (2010). **CFX-9950GB PLUS**. Retrieved January 23, 2010, from http://word.casio.com/edu_e/

----- (2010). **fx-9750G PLUS/CFX-9850G PLUS/9850GB PLUS/9950GB PLUS User's Guide**. Retrieved January 23, 2010, from http://word.casio.com/edu_e/

Link Cable FAQ. (2010). **Standard RS-232 Cable**. Retrieved February 12, 2011, from <http://www.casiocalc.org/?showtopic=514&st=320>

