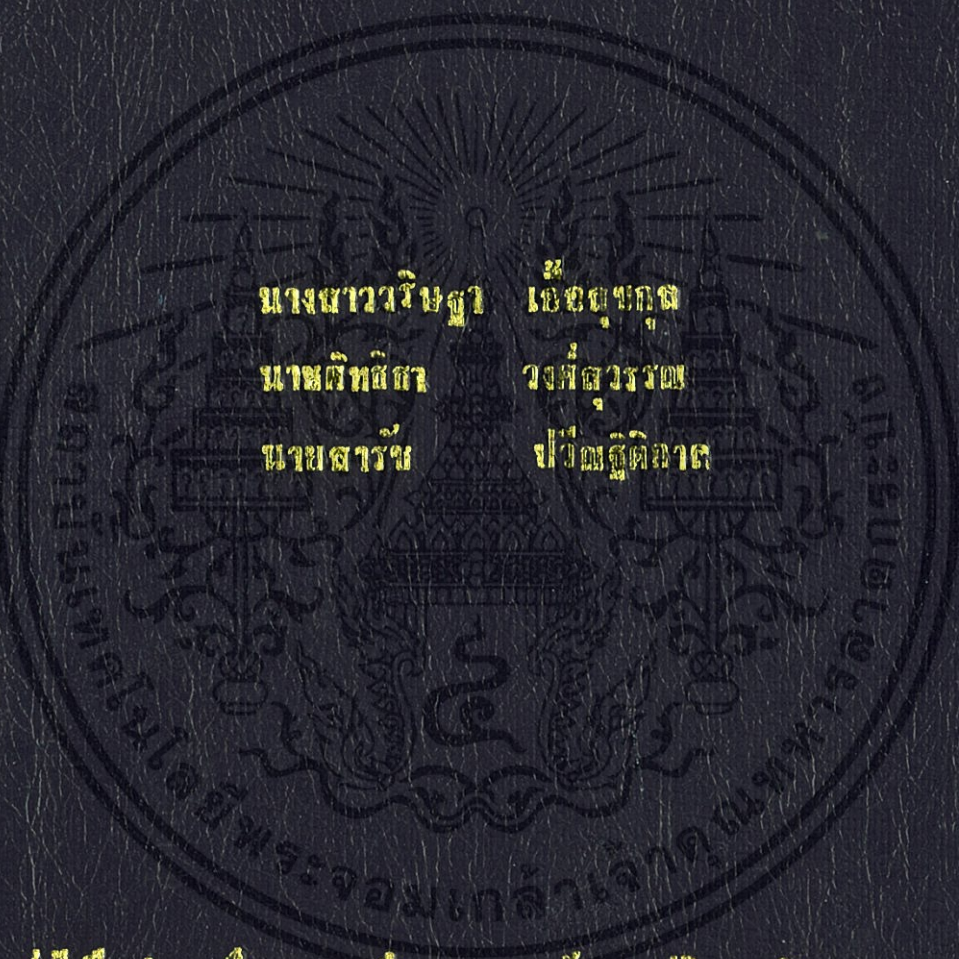


ระบบควบคุมอัตโนมัติระบบอาคารศูนย์พลังงานทดแทนแห่งอนาคต
Building Automation System For Future Center At KMITL.



นางสาววิชญา เอื้อบุญกุล
นาถกิติศา วงศ์สุวรรณ
นายสารัช ปวีตติฎิภาต

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของงานที่คิดหาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2555

ระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับอาคารศูนย์พลังงานทดแทนแห่งอนาคต

Building Automation System For Future Center At KMITL



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าคณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่เพื่อเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BUILDING AUTOMATION SYSTEM FOR FUTURE CENTER AT KMITL



A PAPER SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF ELECTRICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2012

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2555

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

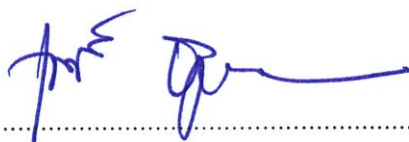
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับอาคารศูนย์พลังงานทดแทนแห่งอนาคต

ผู้จัดทำ

1. นางสาว วริษฐา เอื้อสุขกุล
2. นาย ศิทธิธา วงศ์สุวรรณ
3. นาย สารัช ปวีณฐิติกาล





..... อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการวิจัย (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชาว์ ชมภูอินไหว) การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับอาคารศูนย์พลังงานทดแทนแห่งอนาคต

นางสาว วริษฐา เอื้อสุขกุล
นาย ศิทธิธา วงศ์สุวรรณ
นาย สารัช ปวีณฐิติกาล

ผศ.ดร.เชาว์ ชมภูอินโหว
อาจารย์ที่ปรึกษา ปีการศึกษา 2555

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้นำเสนอระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับอาคารศูนย์พลังงานทดแทนแห่งอนาคตเป็นระบบที่สามารถบริหารจัดการพลังงานภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการควบคุมต่างๆจะถูกควบคุมจากห้องควบคุมกลางที่มีการเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าซึ่งแบ่งเป็นระบบต่างๆ คือ ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ ระบบเตือนอัคคีภัย เป็นต้น การออกแบบระบบต่างๆ ภายในอาคารอาจซับซ้อนมากขึ้น สำหรับอาคารใหญ่ที่มีหลายระบบที่ต้องบริหารจัดการ ในระบบควบคุมอัจฉริยะจะควบคุมโดยใช้โปรแกรมแลปวิว (LabVIEW) ที่จะทำการตรวจจับค่าพารามิเตอร์ ประมวลผล แสดงผล และบันทึกค่าสัญญาณ ที่สภาวะการเกิดความผิดปกติในระบบไฟฟ้า เช่น แรงดันเกิน แรงดันตก หรือความถี่เปลี่ยน การบันทึกค่าพารามิเตอร์ในแต่ละชั่วโมง และการบันทึกเพื่อดูลักษณะกราฟของพารามิเตอร์ในแต่ละลูกคลื่น ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งที่สำคัญต่อระบบจัดการไฟฟ้าอย่างยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

Building Automation System For Future Center @ KMITL

Waridta Auasukul

Sittita Wongsuwan

Sarach Paweenathitikal

Asst.Prof.Dr.ChowChompoo-Inwai

Supervisor Year 2012

Abstract

This project presents the Building Automation System (BAS) of Future center at KMITL. The system is controlled from the control room which can manage energy used in the building. The control room connects to all of the separate electrical systems together such as the lighting systems, air conditioning systems, and the fire alarm system. The design system in the building will be complicated for larger buildings, because large buildings contain many systems. Most automation systems controlled by the LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) program that analyzes, monitors, and records data from the Three-phase parameter. LabVIEW analyzes both normal and faults conditions, for example undervoltage, overvoltage, and frequency fluctuations. LabVIEW records the parameters each hour and records the cycle for analysis, This is extremely important for managing energy.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดีด้วยคำปรึกษา ข้อเสนอแนะข้อมูลทางวิชาการต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการ และได้กรุณาตรวจแก้ไข ปริญญานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อยเป็นอย่างดี จากผศ.ดร.เชาว์ ชมภูอินไหว ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ คณะผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณพี่เจตสาสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าที่ให้คำแนะนำปรึกษาให้ความช่วยเหลือ ในด้านต่างๆให้ความรู้ในเรื่องแลปวิวที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการและกำลังใจในการทำงาน

ขอขอบคุณพี่ๆเพื่อนๆ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่ให้คำปรึกษาและคอยช่วยแก้ไข ปัญหาต่างๆให้โครงการสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดผู้ที่ให้กำเนิดพวกเราและกำลังใจ คอยสนับสนุนเราในทุกๆด้านเพื่อให้เราประสบความสำเร็จมาโดยตลอดก็คือบิดามารดาอันเป็นที่ เคารพรักยิ่งซึ่งได้เลี้ยงดูพวกเรามาเป็นอย่างดีความดีงามอันเกิดจากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้เขียน ขอมอบแต่บิดา มารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ณ ที่นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 ทฤษฎีไฟฟ้าเบื้องต้น	4
2.1.1 ค่าพารามิเตอร์พื้นฐานในระบบไฟฟ้า	4
2.1.2 สัญญาณความผิดปกติของระบบไฟฟ้า	9
2.2 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของระบบควบคุมอาคารอัจฉริยะ	15
2.2.1 องค์ประกอบหลักของระบบควบคุมอาคารอัจฉริยะ	16
2.2.2 ลักษณะเครือข่ายในการสื่อสารเพื่อตรวจวัดในปัจจุบัน	20
2.2.3 ลักษณะการควบคุมระบบต่างๆในระบบพื้นฐานของอาคาร	21
2.2.4 ประโยชน์ของระบบอาคารอัจฉริยะ	23
2.3 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของโปรแกรม แลปวิว	24
2.3.1 ประวัติความเป็นมาแลปวิว	24
2.3.2 ส่วนประกอบของแลปวิว	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับของโครงการวิจัยที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ได้

2.3.3 ประโยชน์ของ Labview27

2.3.4 กระบวนการในการวัด.....27

บทที่ 3 การออกแบบโปรแกรมและอุปกรณ์..... 30

3.1 ระบบอัจฉริยะ 31

 3.1.1 ระบบแสงสว่างภายในบ้าน..... 31

 3.1.2 ระบบแสงสว่างภายนอกบ้าน 31

 3.1.3 ระบบอัคคีภัย..... 31

 3.1.4 ระบบป้องกันขโมย..... 31

 3.1.5 ระบบพลังงานทดแทน 31

3.2 การออกแบบโปรแกรม 32

 3.2.1 ระบบควบคุมอัจฉริยะ..... 33

 3.2.2 การสร้างหน้าจอแสดงผล..... 34

 3.2.3 ระบบบันทึกพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า..... 41

 3.2.4 ระบบตรวจจับอัจฉริยะ 46

 3.2.5 ระบบตัดสินใจอัจฉริยะ 46

 3.2.6 การควบคุมระยะไกลผ่านระบบอินเทอร์เน็ต 46

3.3 การออกแบบอุปกรณ์..... 47

 3.3.1 อุปกรณ์การวัด..... 48

 3.3.2 อุปกรณ์ควบคุมอัจฉริยะ 49

 3.3.3 อุปกรณ์ตัดสินใจอัจฉริยะ 50

 3.3.4 อุปกรณ์เซ็นเซอร์..... 51

 3.2.5 ชุดตรวจจับสถานะของโหลด..... 53

บทที่ 4 การทดลอง 54

4.1 ทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมแลปวิวกับชุดอุปกรณ์ 54

 4.1.1 การหาค่าแก้อัตราส่วนของชุดอุปกรณ์ 54

 4.1.2 การหาค่าแก้มุมเฟสที่เกิดจากหม้อแปลงกระแส 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

4.1.3 การทดสอบขณะทำการวัด Basic Linear Load.....	61
4.1.4 การตรวจสอบหาค่าความผิดเพี้ยนแรงดันและกระแสฮาร์มอนิก.....	63
4.1.5 ตรวจสอบหาย่านการทำงานของ Zener Diode.....	64
4.1.6 การลดสัญญาณรบกวนที่เกิดจาก DAQ.....	64
4.2 ผลการทดลองของโมเดลระบบ Building Automation System(BAS)	65
4.2.1 การวัดค่าการใช้พลังงาน	65
4.2.2 การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า.....	66
4.2.3 สัญญาณเตือนภัย.....	70
4.2.4 การควบคุมการใช้พลังงานระหว่างแหล่งจ่ายจากการไฟฟ้ากับแบตเตอรี่.....	73
บทที่ 5 สรุปผลชุดอุปกรณ์.....	74
ภาคผนวก ก DAQ.....	75
ภาคผนวก ข สเปคอุปกรณ์เครื่องวัดต่างๆ.....	82
ภาคผนวก ค บทความทางวิชาการ	92
เอกสารอ้างอิง.....	97
ประวัติผู้จัดทำ.....	98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 ทฤษฎีและหลักการของระบบควบคุมอาคารอัจฉริยะ	3
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างไฟฟ้ากระแสตรง	4
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างไฟฟ้ากระแสสลับ	4
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างคลื่นไฟฟ้าที่คาบเวลาเท่ากับ 0.02 มิลลิเมตร	5
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างกระแสซ้อนแรงดันไฟฟ้า	5
รูปที่ 2.6 ตัวอย่างกระแสตามแรงดันไฟฟ้า.....	6
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างกระแสนำแรงดันไฟฟ้า.....	6
รูปที่ 2.8 รูปสามเหลี่ยมกำลัง (Power Triagle).....	8
รูปที่ 2.9 ส่วนประกอบสมมาตรทางไฟฟ้าสามเฟส.....	8
รูปที่ 2.10 เฟสเซอร์แรงดันของระบบสมดุล	9
รูปที่ 2.11 เฟสเซอร์แรงดันของระบบไม่สมดุล.....	9
รูปที่ 2.12 ฮาร์มอนิกสัญญาณ Sine ลำดับที่ 1, 3, 5, 7	10
รูปที่ 2.13 สัญญาณ Sine ที่เพี้ยนจากผลของฮาร์มอนิกส์.....	10
รูปที่ 2.14 อิมพัลส์ชั่วคราว (Impulsive Transients).....	11
รูปที่ 2.15 ออสซิลเลทชั่วคราว (Oscillatory Transient).....	12
รูปที่ 2.16 แรงดันเกิน(Over Voltage).....	13
รูปที่ 2.17 แรงดันตก (Under Voltage).....	13
รูปที่ 2.18 ไฟดับ (Blackout).....	14
รูปที่ 2.19 แรงดันไม่สมดุล	15
รูปที่ 2.20 การเปลี่ยนแปลงความถี่ (Frequency Variation).....	15
รูปที่ 2.21 ตัวอย่างห้องควบคุมอาคารกลาง.....	16
รูปที่ 2.22 ระบบไฟฟ้าสำรอง และ UPS	17
รูปที่ 2.23 แสดงภายในห้อง Video Conferencing.....	19
รูปที่ 2.24 ตัวอย่างเครือข่ายระบบสื่อสารเพื่อตรวจวัดสภาพแวดล้อมต่างๆ ภายในอาคาร.....	21
รูปที่ 2.25 ตัวอย่างระบบควบคุมไฟฟ้าส่องสว่างภายในอาคาร	22
รูปที่ 2.26 อาคารที่ติดตั้งระบบอาคารอัจฉริยะ.....	23
รูปที่ 2.27 หน้าจอแสดงผล.....	25
รูปที่ 2.28 Block Diagram.....	26

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 3.1 Flowchart การทำงานส่วนของการออกแบบโปรแกรม	30
รูปที่ 3.2 Flow Chart แสดงการทำงานการจำลองสัญญาณและควบคุม	32
รูปที่ 3.3 Block Diagram การทำงาน	32
รูปที่ 3.4 การปรับค่า Amplitude, Frequency, Phase ของสัญญาณ	33
รูปที่ 3.5 การควบคุมผ่านพอร์ต Digital output	34
รูปที่ 3.6 การควบคุมผ่านพอร์ต Digital input	34
รูปที่ 3.7 ส่วนของโปรแกรมที่ถูกออกมาเพื่อสั่งการเปิด-ปิด load และแสดงสถานะของ load ภายในบ้าน	34
รูปที่ 3.8 แสดงผลการใช้พลังงานของบ้านอัจฉริยะ	35
รูปที่ 3.9 แสดงหน้าจอการควบคุม และแสดงผลโหลดต่างๆภายในบ้าน	36
รูปที่ 3.10 หน้าจอแสดงผลสำหรับส่วนของการควบคุมแรงดัน กระแส ของเฟส A B C	36
รูปที่ 3.11 Apparent Power(kVA), Real Power(kW), Reactive Power(kVAR) ของเฟส A B และ C	37
รูปที่ 3.12 แสดงผลของข้อมูลแรงดันและกระแสเฟส A B และ C ภายในกราฟเดียว	37
รูปที่ 3.13 แสดงผลของการตรวจวัดค่าPhase Frequency ของแรงดัน และกระแสทั้ง 3 เฟส	38
รูปที่ 3.14 แสดงผลของ Harmonic ของกระแส แรงดัน เฟส A B และ C	38
รูปที่ 3.15 ค่าความผิดเพี้ยนของกระแสและแรงดัน ภายในเฟส A B และ C	38
รูปที่ 3.16 หน้าจอแสดงส่วนของการบันทึกไฟล์	39
รูปที่ 3.17 แสดงสถานะของระบบแสงสว่างภายในชั้น	40
รูปที่ 3.18 การบันทึกกราฟแรงดันและกระแส ในแต่ละเฟส	42
รูปที่ 3.19 บล็อกไดอะแกรมการคำนวณ Per Unit และเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน	43
รูปที่ 3.20 การบันทึกความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจนถึงเวลาที่ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นหมดไป	43
รูปที่ 3.21 สถานะของการเกิดความผิดพลาดทางไฟฟ้าในแต่ละชนิด	43
รูปที่ 3.22 การบันทึกค่าพารามิเตอร์ ตามเวลาที่กำหนด	44
รูปที่ 3.23 ส่วนของการอ่านข้อมูล	45
รูปที่ 3.24 การแสดงผลอยู่ในรูปของ Analog Value(Graph)	45
รูปที่ 3.25 แสดงผลของการอ่านไฟล์	46
รูปที่ 3.26 การควบคุมโปรแกรมผ่าน Application ใน Smart phone	47
รูปที่ 3.27 รูป one line diagram ของบ้าน	47

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 3.28 หม้อแปลงแรงดัน อัตราส่วน 1000/10 V พิกัด 40 VA.....	48
รูปที่ 3.29 วงจรควบคุมแสงสว่างและโหลด DC.....	49
รูปที่ 3.30 วงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง.....	49
รูปที่ 3.31 ชุดควบคุมการเลือกใช้พลังงานจากแหล่งจ่ายพลังงานทดแทนและแหล่งจ่ายจากการไฟฟ้า.....	50
รูปที่ 3.32 ชุดตรวจจับสถานะโดยใช้ LDR.....	51
รูปที่ 3.33 ชุดเตือนการเกิดอัคคีภัยโดยใช้ Thermistor.....	52
รูปที่ 3.34 ชุดสัญญาณกันขโมย.....	52
รูปที่ 4.1 แสดงแผนผังขั้นตอนการปฏิบัติงาน.....	54
รูปที่ 4.2 วงจรการทดสอบ.....	55
รูปที่ 4.3 แสดง phase shift Va-la R load ที่ 100 Volt ก่อนการแก้ค่าจากเครื่องวัดอ้างอิง.....	59
รูปที่ 4.4 แสดง phase shift Va-la R load ที่ 150 Volt ก่อนการแก้ค่าจากเครื่องวัดอ้างอิง.....	59
รูปที่ 4.5 phase shift Va-la RL load ที่ 100 Volt หลังแก้ค่าจากเครื่องวัดอ้างอิง.....	60
รูปที่ 4.6 phase shift Va-la RL load ที่ 100 Volt หลังแก้ค่าจากโปรแกรมแลปวิว.....	60
รูปที่ 4.7 phase shift Va-la RL load ที่ 150 Volt หลังแก้ค่าจากเครื่อง Power Analyzer.....	61
รูปที่ 4.8 phase shift Va-la RL load ที่ 150 Volt หลังแก้ค่าจากโปรแกรมแลปวิว.....	61
รูปที่ 4.9 ค่าความผิดพลาดของแรงดันฮาร์มอนิกที่ได้จากโปรแกรมแลปวิว.....	63
รูปที่ 4.10 ค่าความผิดพลาดของแรงและกระแสฮาร์มอนิกที่ได้จากโปรแกรมแลปวิว.....	64
รูปที่ 4.11 การวัดค่าการใช้พลังงานในครัวเรือน.....	66
รูปที่ 4.12 แสดงการปิดไฟผ่านโปรแกรมโซน2.....	67
รูปที่ 4.13 แสดงการปิดไฟผ่านโปรแกรมโซน1.....	68
รูปที่ 4.14 แสดงการเปิด-ปิดไฟโดยใช้สวิตช์.....	68
รูปที่ 4.15 แสดงการปิดไฟผ่านโปรแกรมโซน3.....	68
รูปที่ 4.16 แสดงการเปิด-ปิด พัดลมโดยใช้สวิตช์.....	69
รูปที่ 4.17 แสดงการเปิด-ปิดพัดลมโดยใช้โปรแกรม.....	69
รูปที่ 4.18 แสดงการควบคุมการทำงานไฟรอบบ้าน.....	70
รูปที่ 4.19 การจำลองเมื่อมีคนเดินผ่านเลเซอร์.....	71
รูปที่ 4.20 การติดตั้งเลเซอร์.....	71

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4 21 การปิด alarm โดยใช้สวิตช์.....	72
รูปที่ 4.22 แสดงหน้าจอของโปรแกรมเมื่อมีคนเดินผ่าน.....	72
รูปที่ 4.23 แสดงหน้าจอโปรแกรมแลปวิวเมื่อมีสถานะปกติ.....	73
รูปที่ 4.24 แสดงสถานะการเกิดสิ่งผิดปกติ.....	73
รูปที่ 4.25 การจ่ายพลังงานโดยใช้แหล่งจ่าย 2 ชนิด.....	74



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงค่าระยะเวลาที่แรงดันเริ่มสูงขึ้นกับช่วงระยะเวลาการเกิดของอิมพัลส์.....	12
ตารางที่ 2.2 แสดงขนาดแรงดันและช่วงเวลาตามความถี่ออสซิลเลทซ์ครู่.....	12
ตารางที่ 2.3 สรุปคำศัพท์ที่พบในแลปวิว	27
ตารางที่ 4.1 ค่าแรงดันเอาต์พุตสามเฟสที่ได้จากหม้อแปลงกระแส.....	56
ตารางที่ 4.2 ค่าอัตราส่วนใหม่ของหม้อแปลงกระแสทั้งสามเฟส	56
ตารางที่ 4.3 ค่าแรงดันเอาต์พุตสามเฟสที่ได้จากหม้อแปลงแรงดัน.....	57
ตารางที่ 4.4 ค่าอัตราส่วนใหม่ของหม้อแปลงแรงดันทั้งสามเฟส	57
ตารางที่ 4.5 ค่าอัตราส่วนใหม่ของหม้อแปลงกระแสและหม้อแปลงแรงดันที่ใช้.....	57
ตารางที่ 4.6 ความต่างเฟสที่บันทึกได้ก่อนทำการปรับแก้ค่าในโปรแกรม.....	58
ตารางที่ 4.7 ความต่างเฟสที่บันทึกได้หลังทำการแก้ไข	60
ตารางที่ 4.8 ค่าพารามิเตอร์ที่บันทึกจาก Power Analyzer เปรียบเทียบกับค่าจากโปรแกรมแลปวิว	62
ตารางที่ 4.9 ค่าพารามิเตอร์ที่บันทึกจาก Power Analyzer เปรียบเทียบกับค่าจากโปรแกรมแลปวิว	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงมีการหันมาใช้พลังงานทดแทนควบคู่กับพลังงานจากการไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ทำให้ต้องมีระบบการควบคุมการใช้พลังงานภายในอาคารให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดของอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆภายในอาคาร นอกจากนี้แล้วพลังงานไฟฟ้าที่สร้างขึ้นจากพลังงานทดแทนถ้าไม่นำไปใช้งานเลย ก็ได้มีการเอาไปจัดเก็บในแบตเตอรี่ ดังนั้นจึงต้องมีการเก็บข้อมูลต่างๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์แนวโน้มการใช้พลังงานภายในอาคาร

กลุ่มของเราจึงเล็งเห็นความสำคัญดังกล่าว จึงพัฒนาโปรแกรมแลปวิวมาร่วมเพื่อจัดเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ โดยการจัดเก็บข้อมูลจะประกอบไปด้วยค่าแรงดัน, กระแส, ความถี่, ตัวประกอบกำลัง, กำลังไฟฟ้าต่างๆ, มุมเฟสและค่าความผิดพลาดต่างๆทางไฟฟ้าเป็นต้น เพื่อนำข้อมูลที่จัดเก็บมาวิเคราะห์แนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาการใช้งานของโปรแกรมแลปวิวมาร่วมเพื่อนำมาออกแบบโปรแกรมการเก็บข้อมูลค่าพารามิเตอร์พื้นฐานทางไฟฟ้า
2. เพื่อศึกษาการนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ แนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารให้มีประสิทธิภาพสูงสุด
3. เพื่อศึกษาและออกแบบอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้งานร่วมกับโปรแกรมแลปวิวมาร่วมในระบบBAS (Building Automation System)
4. เพื่อศึกษาเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้ในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า
5. เพื่อส่งเสริมการใช้ระบบ BAS (Building Automation System) ให้เพิ่มขึ้น

1.3 ขอบเขตของโครงการ

ภาคเรียนที่ 1 ทำการศึกษาการใช้งานโปรแกรมแลปวิวมาร่วมและค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่จะทำการบันทึกข้อมูล แล้วทดลองเขียนโปรแกรมที่สามารถตรวจวัดค่าพารามิเตอร์พื้นฐาน และค่าความผิดพลาดทางไฟฟ้าต่างๆ โดยการทำงานของโปรแกรมจะทำการเก็บค่าพารามิเตอร์พื้นฐานและค่าความผิดพลาดทางไฟฟ้าต่างๆ แล้วนำค่าที่ได้จากการทดลองโปรแกรมมาวิเคราะห์กับค่าที่ได้จากการเครื่องมือวัด

ภาคเรียนที่ 2 ทำการออกแบบชุดอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่จะนำมาใช้ในระบบจำลอง ประกอบด้วยชุดการควบคุมระบบแสงสว่าง ชุดการควบคุมระบบแสงสว่าง และชุดสัญญาณเตือนภัย แล้วทำการสั่งงานผ่านอุปกรณ์ DAQ แล้วทำการทดลอง

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนดำเนินงานจะเริ่มต้นจากการศึกษาการใช้งานโปรแกรมแลปวิวและค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่จะทำการบันทึกข้อมูล จากนั้นจะทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากเครื่องมือวัด ต่อไปจะทำการออกแบบระบบจำลองแล้วนำโปรแกรมที่ได้ออกแบบมาใช้งานจริงกับระบบจำลอง แล้วทำการทดสอบ วิเคราะห์ และแก้ไข โดยมีแผนการดำเนินงานดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	เดือน							
	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค
1.ศึกษาการใช้งานโปรแกรมแลปวิวและค่าข้อมูลทางไฟฟ้าที่จะทำการบันทึกข้อมูล								
2.เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองโปรแกรมกับค่าที่ได้จากเครื่องมือวัด								
3.ออกแบบระบบจำลองแล้วนำโปรแกรมแลปวิวที่ได้สร้างขึ้นไปใช้งานในระบบจำลอง								
4.ทดสอบ วิเคราะห์ และแก้ไขโปรแกรม								
5.ปริญญานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์								

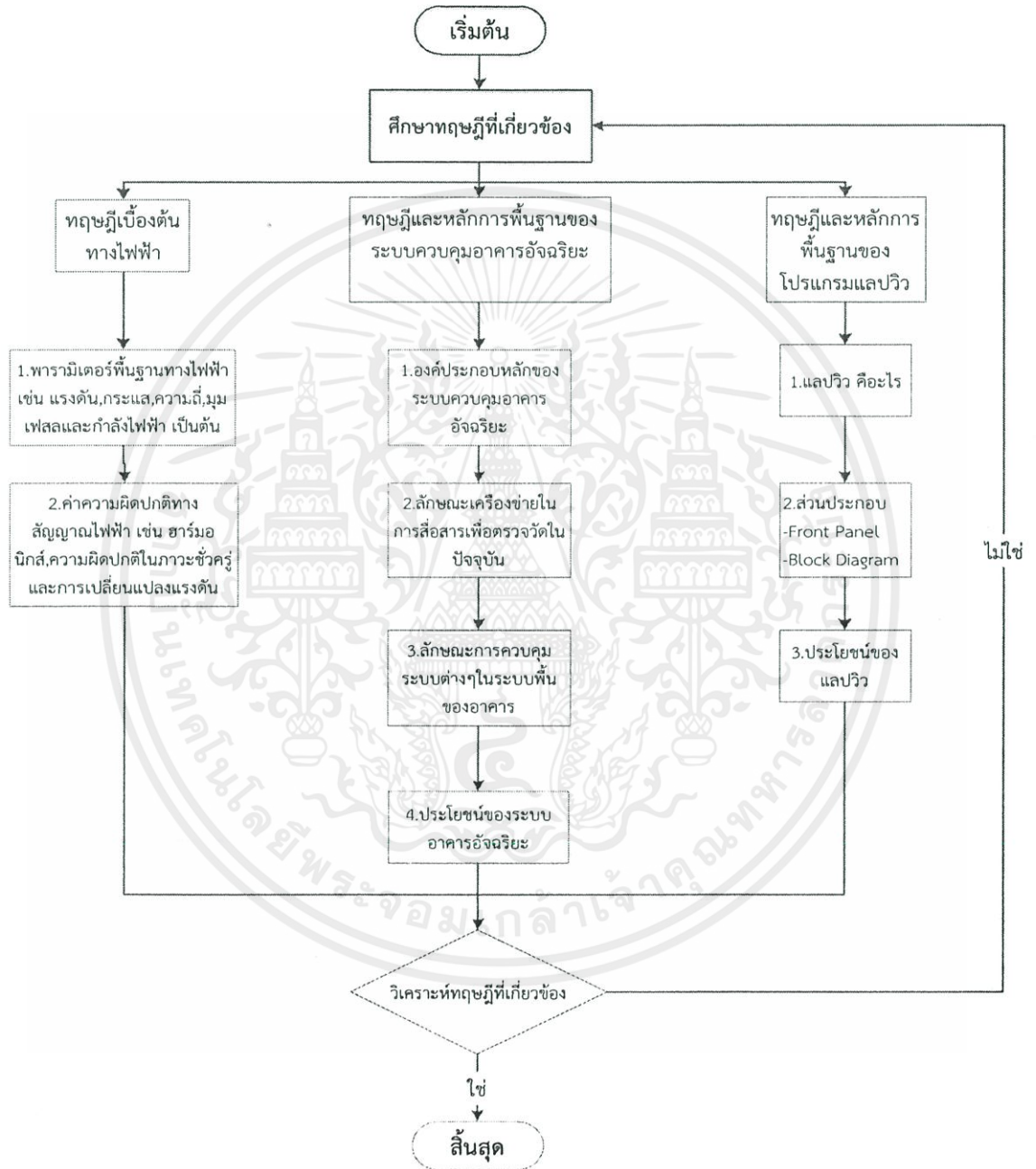
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมแลปวิวมาวิเคราะห์แนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารได้
2. สามารถทำให้มีการใช้พลังงานในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
3. สามารถวัดและบันทึกค่าต่างๆทางไฟฟ้า ได้อย่างต่อเนื่องตามต้องการ
4. สามารถช่วยให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด
5. สามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ภายในอาคารให้ประหยัดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

ในการศึกษาทฤษฎีและหลักการของระบบควบคุมอาคารอัจฉริยะ BAS (Building Automation System) นั้นมีขั้นตอนตาม Flow Chart ตามขั้นตอนดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ทฤษฎีและหลักการของระบบควบคุมอาคารอัจฉริยะ (Building Automation System)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 ทฤษฎีไฟฟ้าเบื้องต้น

ในการศึกษาทฤษฎีและหลักการของพื้นฐานไฟฟ้าเพื่อนำค่าต่างๆเหล่านี้ไปใช้ในการศึกษาแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร สิ่งที่ทำการศึกษาจะเป็นพวกค่าพารามิเตอร์ต่างๆ อาทิเช่น กำลังไฟฟ้า, ความถี่, มุมเฟส และตัวประกอบกำลัง เป็นต้น และค่าความผิดพลาดต่างๆ อาทิเช่น ค่าความผิดพลาดกระแสฮาร์โมนิกสรวมและค่าความผิดพลาดแรงดันฮาร์โมนิกสรวม เป็นต้น ค่าต่างๆเหล่านี้จะช่วยให้เราสามารถวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารได้เพื่อให้อาคารใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดเพื่อช่วยพลังงานต่อไปซึ่งความหมายของค่าพารามิเตอร์และค่าความผิดพลาดจะอธิบายต่อไปนี้

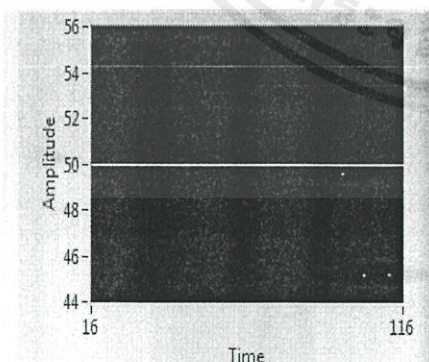
2.1.1 ค่าพารามิเตอร์พื้นฐานในระบบไฟฟ้า

2.1.1.1 *แรงดันไฟฟ้า (Voltage)* หมายถึง กระแสไฟฟ้าเกิดจากการที่อิเล็กตรอนไหลในสายไฟซึ่งการที่อิเล็กตรอนไหลหรือเคลื่อนที่ได้นั้นจะต้องมีแรงมากระทำต่ออิเล็กตรอนทำให้เกิดกระแสไหล แรงดันดังกล่าวเรียกว่า แรงดันไฟฟ้า หรือหมายถึง แรงดันไฟฟ้าประสิทธิผล (r.m.s. หรือ Effective Voltage) ที่ต่อใช้งานจริง และสามารถวัดได้ด้วยโวลต์มิเตอร์ (Voltmeter)

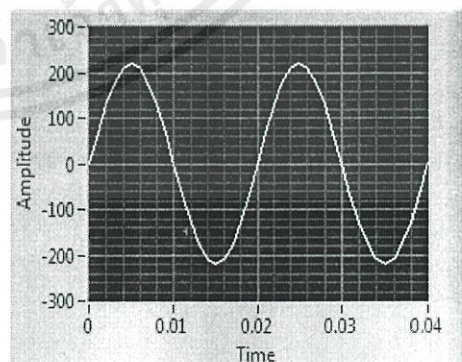
2.1.1.2 *กระแสไฟฟ้า (Current)* หมายถึง กระแสไฟฟ้าประสิทธิผล (r.m.s. หรือ Effective Current) ที่ไหลจริงในสายไฟและวงจรไฟฟ้า เพื่อจ่ายให้กับเครื่องใช้ อุปกรณ์ และเครื่องจักรกลไฟฟ้าทั้งหลายที่สามารถวัดได้ด้วยแอมมิเตอร์ (Ammeter) แบ่งเป็น 2 ชนิด

ก. ระบบไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current) แสดงดังรูปที่ 2.2

ข. ระบบแรงไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current) ดังแสดงดังรูปที่ 2.3

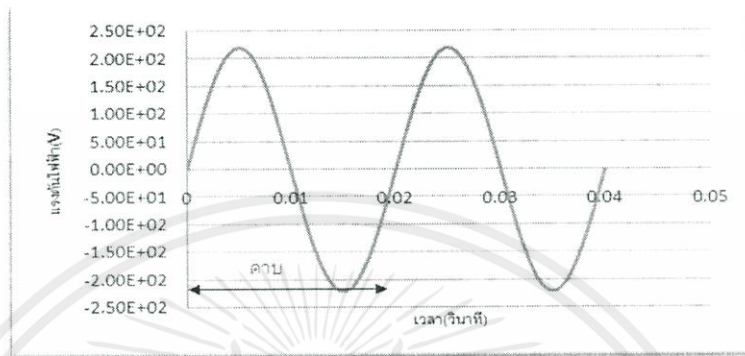


รูปที่ 2.2 ตัวอย่างไฟฟ้ากระแสตรง



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างไฟฟ้ากระแสสลับ

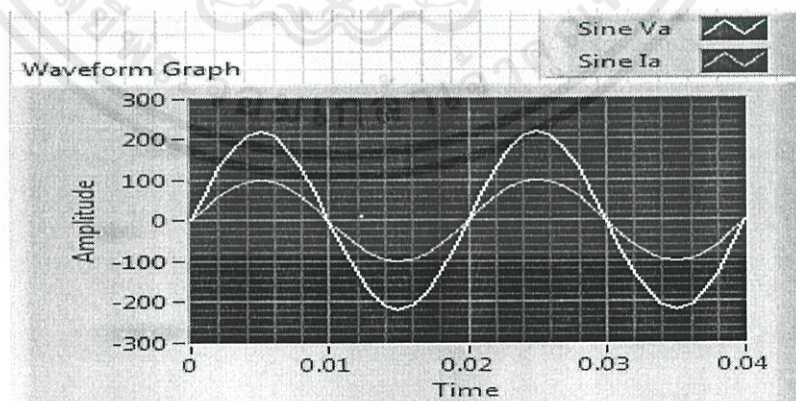
2.1.1.3 ความถี่ไฟฟ้า (Frequency) หมายถึง คลื่นไฟฟ้ารูปไซน์ จำนวน f (คาบ:คลื่น:พีเรียด) ที่เคลื่อนที่ไปในเวลา 1 วินาที หรือคลื่นไฟฟ้าจำนวน 1 คาบ ที่เคลื่อนที่ไปในเวลา $1/f$ วินาที เช่น ความถี่ 50 Hz คือ คลื่นไฟฟ้ารูปไซน์จำนวน 50 คลื่น ที่เคลื่อนที่ไปในเวลา 1 วินาที หรือคลื่นไฟฟ้าจำนวน 1 คลื่น ที่เคลื่อนที่ไปใน $1/50$ วินาที ($1/50$ วินาที = 0.02 วินาที = 20 มิลลิวินาที) ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างคลื่นไฟฟ้าที่คาบเวลาเท่ากับ 0.02 มิลลิวินาที

2.1.1.4 เฟส (Phase) หมายถึง มุมระหว่างแรงดันกับกระแสไฟฟ้าของวงจรเครื่องใช้ อุปกรณ์ และเครื่องจักรกลไฟฟ้าใดๆ (โหลดไฟฟ้า) มีอยู่ด้วยกัน 3 ลักษณะ คือ

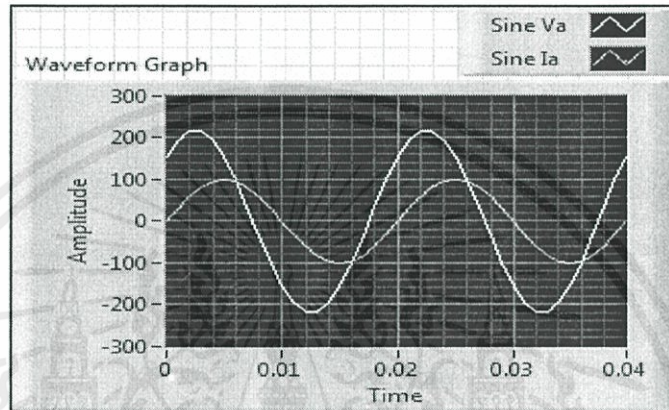
1. กระแสซ้อน (Inphase Current) หมายถึง กระแสซ้อนทับกับแรงดัน หรือที่เรียกว่า “ I inphase E ” คือกระแสทับกับแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าใดๆ จะให้กำเนิดพร้อมๆ กันมีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด ณ จุดเดียวกัน โหลดไฟฟ้าที่ให้ลักษณะเฟสเช่นนี้ ได้แก่ โหลดประเภทวงจรความต้านทานทั้งหมด (Resistive Circuit : R- Circuit) ดังแสดงตัวอย่างดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างกระแสซ้อนแรงดันไฟฟ้า

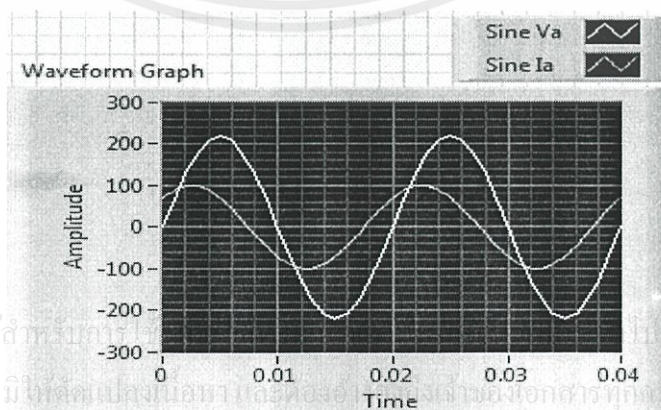
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในโครงการที่ขอใช้เท่านั้น มิใช่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กระแสตาม (Lagging Current) หมายถึง กระแสตามหลังแรงดันไฟฟ้าอยู่ ส่วนมุมเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับวงจรไฟฟ้าภายในของโหลดไฟฟ้านั้นๆ ดูได้จากค่า $\cos\theta$ ของโหลดที่เรียกว่า “โหลดเพาเวอร์แฟกเตอร์ (Load Power Factor) ตัวอย่างเช่น $\cos\theta=0.8$ ย่อมแสดงว่า กระแสไฟฟ้าของโหลดตามหลังแรงดันอยู่เป็นมุม $\theta = \cos^{-1} 0.8 = 37^\circ$ โหลดไฟฟ้าที่ให้เฟสลักษณะนี้ ได้แก่ โหลดไฟฟ้าประเภทวงจรขดลวดสนามแม่เหล็กที่เรียกว่า “อินดักทีฟโหลด (Inductive Load) เช่น มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ หม้อแปลง เป็นต้น ดังแสดงตัวอย่างดังรูปที่ 2.6 เป็นรูปกระแสและแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างกระแสตามแรงดันไฟฟ้า

3. กระแสนำ (Leading Current) หมายถึง กระแสนำหน้าแรงดันไฟฟ้าอยู่ ส่วนจะเป็นเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับวงจรไฟฟ้าภายในของโหลดไฟฟ้านั้นๆ ดูได้จากค่า $\cos\theta$ ของโหลดที่เรียกว่า “โหลดเพาเวอร์แฟกเตอร์ (Load Power Factor) ตัวอย่างเช่น $\cos\theta=0.8$ ย่อมแสดงว่า กระแสไฟฟ้าของโหลดตามนำหน้าแรงดันไฟฟ้าอยู่เป็นมุม $\theta = \cos^{-1} 0.8 = 37^\circ$ โหลดไฟฟ้าที่ให้เฟสลักษณะนี้ ได้แก่ โหลดประเภทวงจรคาปาซิทีฟ (Capacitive Load) เช่น คาปาซิเตอร์ (Capacitor) หรือ คอนเดนเซอร์ (Condenser) เป็นต้น ดังแสดงตัวอย่างดังรูปที่ 2.7 เป็นรูปกระแสและแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างกระแสนำแรงดันไฟฟ้า

2.1.1.5 กำลังไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 3 ส่วน

1. กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power: S) คือกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจรหรือโหลด หน่วยเป็น โวลต์-แอมป์ (VA) หรือกิโลวัตต์-แอมป์ (kVA) [1]

2. กำลังไฟฟ้าจริง (Real Power : P) คือกำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง เช่น การขับเคลื่อนลิฟท์ การขับเคลื่อนของสายพาน เป็นต้น มีหน่วยเป็นวัตต์ (W) หรือ กิโลวัตต์ (kW) ซึ่งสามารถวัดได้จากวัตต์มิเตอร์ (Wattmeter) [1]

3. กำลังไฟฟ้าเสมือน (Reactive Power : Q) คือพลังงานที่ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็กเป็นกำลังไฟฟ้าที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ หรือกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไป เช่น พลังงานที่ไหลผ่านแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าหรือผ่าน Air Gap ของอินดักชันมอเตอร์ (Induction motor) เป็นต้น มีหน่วยเป็น วาร์ (Var) หรือกิโลวาร์ (kVar) ซึ่งสามารถวัดได้จากวาร์มิเตอร์ (Var meter)

โดยกำลังไฟฟ้าทั้งหมดนี้สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.1, 2.2 และ 2.3

ตามลำดับ

$$S = V_{rms} I_{rms} = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (2.1)$$

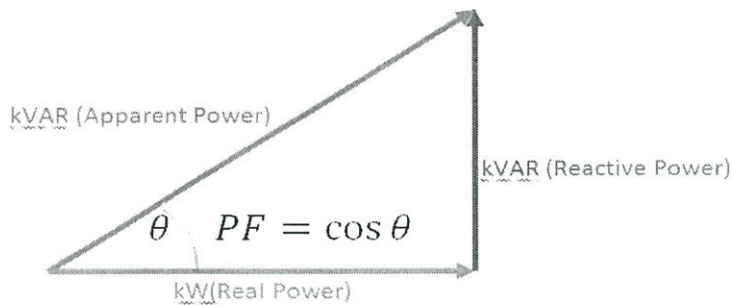
$$P = V_{rms} I_{rms} \cos \theta \quad (2.2)$$

$$Q = V_{rms} I_{rms} \sin \theta \quad (2.3)$$

4. ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) หมายถึง คือค่าตัวเลขอัตราส่วนของกำลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงหรือ Real Power (P) ซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt:W) ทหารด้วยค่ากำลังงานที่ปรากฏ หรือ Apparent Power (S) ซึ่งมีหน่วยเป็น โวลต์-แอมป์ (VA) โดยสามารถอธิบายให้เข้าใจง่ายได้ว่า Power Factor คือตัวเลขที่บอกถึงกำลังงานไฟฟ้าที่ได้ใช้ประโยชน์หรือเกิดการทํางานจริงกับขนาดของกำลังงานทั้งหมดที่ต้องการจากระบบไฟฟ้ามีค่าตั้งแต่ 0-1 ถ้ามีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าในวงจรมีความจุหรือความเหนี่ยวนำเพียงอย่างเดียว และถ้ามีค่าเป็น 1 แสดงว่าในวงจรมีความต้านทานเพียงอย่างเดียว[1]

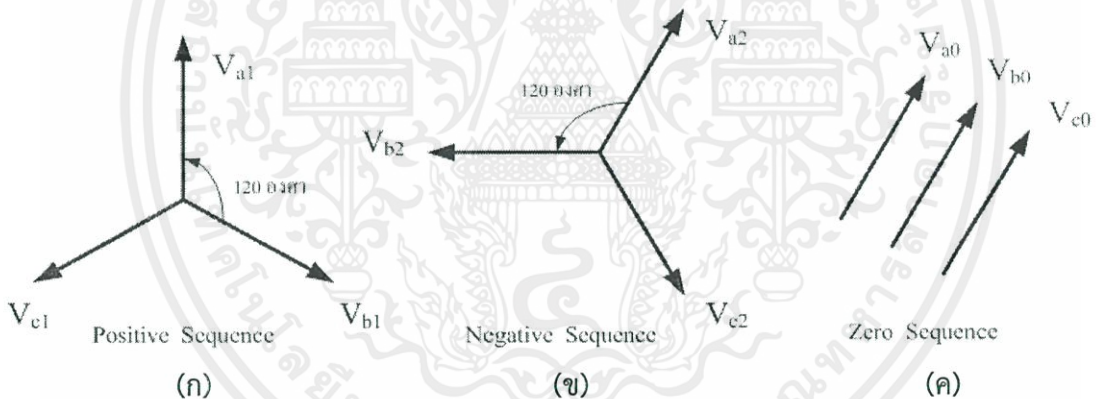
$$\text{PowerFactor} (PF.) = \frac{P}{S} \quad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"



รูปที่ 2.8 รูปสามเหลี่ยมกำลัง (Power Triangle)

2.1.1.6 ส่วนประกอบสมมาตรทางไฟฟ้าสามเฟสส่วนประกอบสมมาตรนำมาใช้ในการวิเคราะห์แรงดันและกระแสไฟฟ้าสามเฟสในขณะที่เกิดระบบไม่สมดุล โดยกรณีทีระบบสามเฟสสมดุล (Balance system) ส่วนประกอบสมมาตรลำดับเฟสลบและลำดับเฟสศูนย์มีค่าเป็นศูนย์ ส่วนกรณีระบบไม่สมดุล (Unbalance system) ส่วนประกอบสมมาตรลำดับเฟสลบและลำดับเฟสศูนย์ไม่เป็นศูนย์ โดยใช้การอ้างอิงของส่วนประกอบ 3 ส่วน ซึ่งระบบไฟฟ้าสามเฟสสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ส่วนประกอบสมมาตรทางไฟฟ้าสามเฟส (ก) คือส่วนประกอบสมมาตรลำดับเฟสบวก, (ข) คือส่วนประกอบสมมาตรลำดับเฟสลบ และ (ค) คือส่วนประกอบสมมาตรลำดับเฟสศูนย์[15]

ส่วนประกอบสมมาตรลำดับเฟสบวก (Positive-sequence component) ประกอบด้วย 3 เฟสเซอร์ (phasors) ที่มีขนาดเท่ากัน มุมเฟสต่างกัน 120 องศา

ส่วนประกอบสมมาตรลำดับเฟสลบ (Negative-sequence components) ประกอบด้วย 3 เฟสเซอร์ (phasors) ที่มีขนาดเท่ากัน มุมเฟสต่างกัน 120 องศา แต่มีลำดับเฟสตรงข้ามกับส่วนประกอบสมมาตรลำดับเฟสบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงวิชาการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิพนธ์ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบสมมาตรลำดับเฟสศูนย์ (Zero-sequence component) ประกอบด้วย 3 เฟสเซอร์ ที่มีขนาดเท่ากันและมีมุมเฟสเท่ากัน (in phase) ดังนั้นสามารถเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ของแรงดันแต่ละเฟสได้ดังนี้

$$V_a = V_{a1} + V_{a2} + V_{a0} \quad (2.5)$$

$$V_b = V_{b1} + V_{b2} + V_{b0} \quad (2.6)$$

$$V_c = V_{c1} + V_{c2} + V_{c0} \quad (2.7)$$

และสามารถเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ด้านกระแสได้เช่นเดียวกัน

$$I_a = I_{a1} + I_{a2} + I_{a0} \quad (2.8)$$

$$I_b = I_{b1} + I_{b2} + I_{b0} \quad (2.9)$$

$$I_c = I_{c1} + I_{c2} + I_{c0} \quad (2.10)$$

ในกรณีที่ระบบสมดุล (balance system) ส่วนประกอบสมมาตรลำดับเฟสลบและลำดับเฟสศูนย์มีค่าเป็นศูนย์ดังนั้นผลรวมทางเฟสเซอร์แสดงดังภาพประกอบ 2.4 ส่วนกรณีระบบไม่สมดุล (unbalance system) ส่วนประกอบสมมาตรลำดับเฟสลบและลำดับเฟสศูนย์ไม่เป็นศูนย์ดังนั้นผลรวมทางเฟสเซอร์แสดงดังรูปที่ 2.10 และ 2.11 เราสามารถนำทฤษฎีของส่วนประกอบสมมาตรมาใช้ในการวิเคราะห์ที่ระบบไฟฟ้า เช่น การวิเคราะห์การลัดวงจร การวิเคราะห์แรงดันไม่สมดุล เป็นต้น



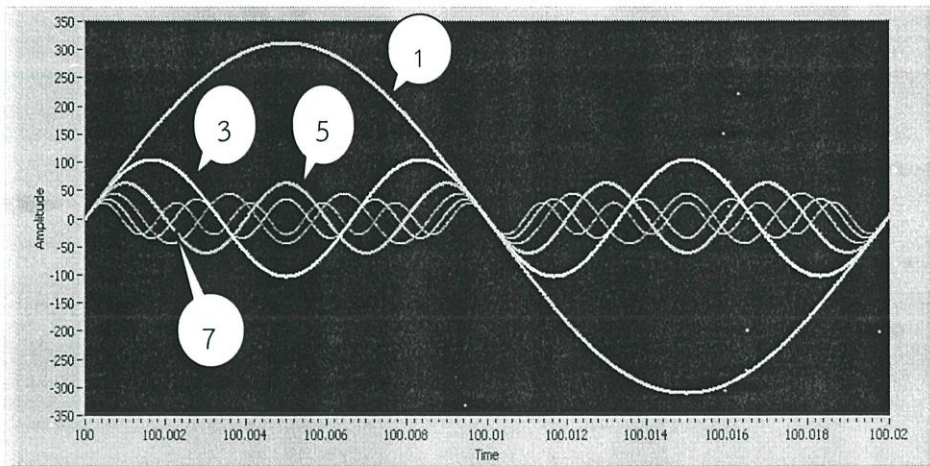
รูปที่ 2.10 เฟสเซอร์แรงดันของระบบสมดุล

รูปที่ 2.11 เฟสเซอร์แรงดันของระบบไม่สมดุล

2.1.2 สัญญาณความผิดปกติของระบบไฟฟ้า

2.1.2.1 ฮาร์โมนิก (Harmonics) คือองค์ประกอบทางไฟฟ้าของรูปสัญญาณคลื่น

ไซน์ที่มีความถี่เป็นจำนวนเท่าของความถี่มูลฐานของระบบไฟฟ้า ตัวอย่างจากรูปที่ 2.12 ระบบไฟฟ้า 50 เฮิรท์ ดังนั้นฮาร์โมนิกที่ 3 คือสัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่เป็นจำนวน 3 เท่าของ 50 เฮิรท์ก็คือ 150 เฮิรท์ นั่นเอง โดยฮาร์โมนิกในระบบไฟฟ้าที่พบมากจะเป็นฮาร์โมนิกเลขคี่ คือ 3, 5, 7, 9 ... จากรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ฮาร์มอนิกสัญญาณ Sine ลำดับที่ 1,3,5,7,...[15]



รูปที่ 2.13 สัญญาณ Sine ที่เพี้ยนจากผลของฮาร์มอนิก [15]

มาตรฐาน IEC และ IEEE ใช้ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิก : %THD (Total Harmonic Distortion) เป็นค่าบอกระดับความเพี้ยนฮาร์มอนิก โดยเทียบจากอัตราส่วนระหว่าง ค่ารากที่สองของผลบวกกำลังสองของส่วนประกอบฮาร์มอนิกกับค่าของส่วนประกอบ ความถี่หลักมูลเทียบเป็นร้อยละ ซึ่งจะแยกออกเป็น ค่าความเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกสรวม และค่าความเพี้ยนแรงดันฮาร์มอนิกสรวม

ค่าความเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกสรวม

$$\%THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_{h(rms)}^2}}{I_{1(rms)}} \times 100\% \quad (2.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความเพี้ยนแรงดันฮาร์มอนิกรวม

$$\%THD_v = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_{h(rms)}^2}}{V_{1(rms)}} \times 100\% \quad (2.12)$$

$V_{h(rms)}$ = ค่า rms ของแรงดันฮาร์มอนิกลำดับที่ h

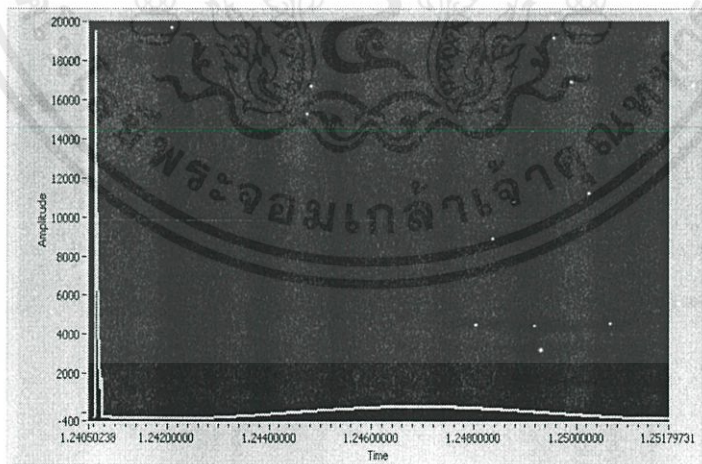
$I_{h(rms)}$ = ค่า rms ของกระแสฮาร์มอนิกลำดับที่ h

$V_{1(rms)}$ = ค่า rms ของแรงดันที่ความถี่หลักมูล

$I_{1(rms)}$ = ค่า rms ของกระแสที่ความถี่หลักมูล

2.1.2.2 ความผิดปกติในภาวะชั่วคราว (Transient) คือปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงของสภาพไฟฟ้า (แรงดันและกระแส) ในเวลาทันทีทันใดจากสภาพปกติแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ Impulsive Transients และ Oscillatory Transients

1. อิมพัลส์ชั่วคราว (Impulsive Transients) คือขนาดกระแสและแรงดันที่มีค่าความชันสูงมากเกิดขึ้นในทันทีทันใดไม่มีความถี่เปลี่ยนแปลงกำหนดให้มีขีดทิศทางเดียวหรือเรียกว่าเสิร์จ (Surge) เกิดจากฟ้าผ่าซึ่งอาจเกิดได้โดยตรงหรือในบริเวณใกล้เคียงมีผลทำให้อุปกรณ์ในระบบได้รับความเสียหายจากแรงดันไฟฟ้าเกินมาตรฐาน IEEE std 1159 - 1995 มีการกำหนดค่าอิมพัลส์ตามช่วงระยะเวลาที่เกิดกับค่าระยะเวลา



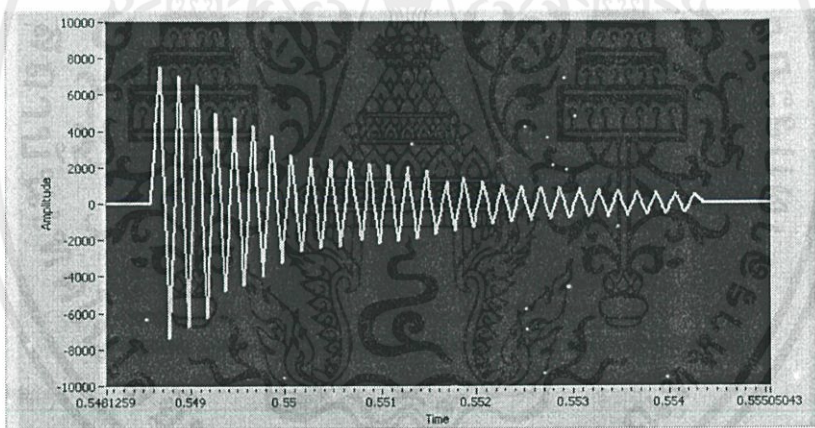
รูปที่ 2.14 อิมพัลส์ชั่วคราว (Impulsive Transients) [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าระยะเวลาที่แรงดันเริ่มสูงขึ้นกับช่วงระยะเวลาการเกิดของอิมพัลส์

อิมพัลส์ภาวะชั่วคราว	ระยะเวลาที่แรงดันเริ่มสูงขึ้น (rise time)	ช่วงระยะเวลาการเกิด (Duration)
Nanosecond	5 ns	< 50 ns
Microsecond	1 μ s	50 ns - 1 ms
Millisecond	0.1 ms	> 1 ms

2. ออสซิลเลทชั่วคราว (Oscillatory Transient) คือลักษณะของแรงดันหรือกระแสแรงดันมีค่าสูงเกิดขึ้นในทันทีทันใด ไม่มีความถี่เปลี่ยนแปลงมีการเปลี่ยนแปลงชั่ว (บวก ลบ) ของรูปคลื่นอย่างรวดเร็ว ดังรูปที่ 2.15 มีสาเหตุเกิดจากการสวิตชิงของอุปกรณ์ในระบบ ผลทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าได้รับความเสียหายและฉนวนของอุปกรณ์มีการเสื่อมสภาพหรือมีการสูญเสียความเป็นฉนวนเร็วขึ้นมาตรฐาน IEEE std1159 - 1995 มีการแบ่งการเกิดออสซิลเลทในภาวะชั่วคราวตามขนาดแรงดันและช่วงระยะเวลาการเกิดตามความถี่ [2]



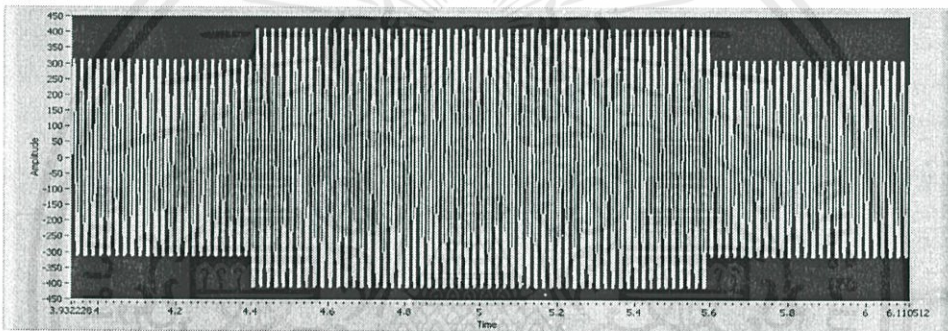
รูปที่ 2.15 ออสซิลเลทชั่วคราว (Oscillatory Transient) [15]

ตารางที่ 2.2 แสดงขนาดแรงดันและช่วงเวลาตามความถี่ออสซิลเลทชั่วคราว

ออสซิลเลทในภาวะชั่วคราว	ความถี่	ช่วงระยะเวลาการเกิด	ขนาดแรงดัน
Lower Frequency	< 5 kHz	0.3-50 ms	0.4 pu.
Medium Frequency	5-500 kHz	5-20 ms	0-8 pu.
High Frequency	0.5-5MHz	0-5 ms	0.4 pu.

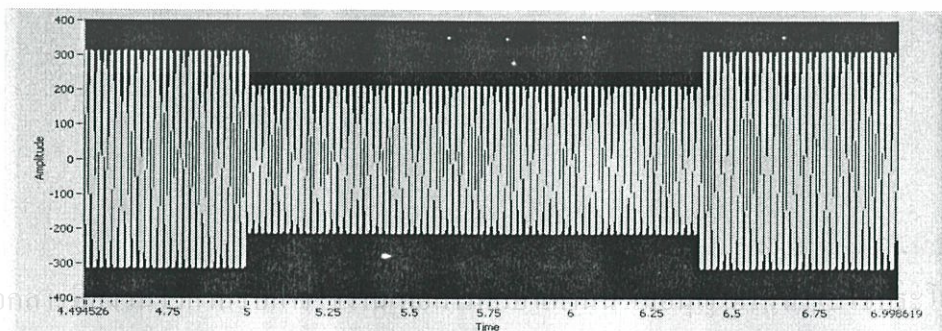
2.1.2.3 การเปลี่ยนแปลงแรงดันการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดัน ที่มีระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงค่าในเวลาต่างๆ มีสาเหตุเกิดจากสถานะความผิดปกติทางไฟฟ้า (Faults) คือการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดัน ที่มีระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงเกิน 1 นาที มีสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการทำงานของโหลดขนาดใหญ่ ทำให้เกิดเหตุการณ์แรงดันเกิน (Overvoltage) แรงดันตก (Under Voltage) หรือไฟดับ (Sustained Interruptions)

1.แรงดันเกิน คือค่าแรงดันมีขนาดเพิ่มขึ้นระหว่าง 1.1-1.2 pu. ในช่วงเวลานานกว่า 1 นาทีมีสาเหตุเกิดขึ้นจากการปลดโหลดขนาดใหญ่ออกจากระบบหรือมีการสวิตซ์ซึ่งคาปาซิเตอร์เข้าระบบ เกิดจากการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีมอเตอร์กินไฟมาก เช่น เครื่องปรับอากาศ หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านอื่นๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน เนื่องจากอุปกรณ์เหล่านี้เมื่อหยุดทำงานแรงดันไฟฟ้าส่วนหนึ่งที่เหลืออยู่ในมอเตอร์ จะไหลกลับเข้าไปในสายส่งการไฟฟ้า ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเกินดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แรงดันเกิน Over Voltage [15]

2. แรงดันตก (Under Voltage) คือค่าแรงดันมีขนาดลดลงระหว่าง 0.8-0.9 pu. ในช่วงเวลานานเกิน 1 นาทีมีสาเหตุจากผลของการสวิตซ์ซึ่งโหลดขนาดใหญ่เข้าระบบหรือมีการปลดคาปาซิเตอร์ออกจากระบบ เกิดจากการเปิดสวิตซ์อุปกรณ์บางชนิดที่ต้องการใช้กระแสไฟฟ้ามก เช่น มอเตอร์, ปั้มน้ำ และเครื่องมือเครื่องจักร เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้ต้องการกระแสไฟฟ้ามกในการติดเครื่องเมื่อเทียบกับการทำงานในภาวะปกติ ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าในสายส่งลดต่ำลงดังรูปที่ 2.17

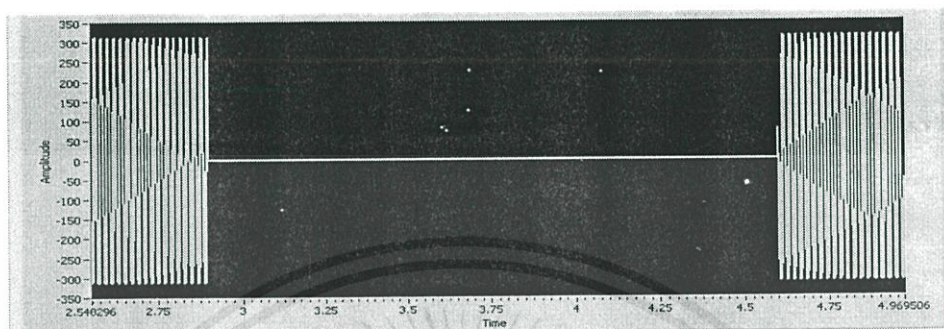


รูปที่ 2.17 แรงดันตก (Under Voltage) [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับของงานวิจัยที่จัดทำขึ้นโดยคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ถือเป็นการละเมิดลิขสิทธิ์ทางปัญญา

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

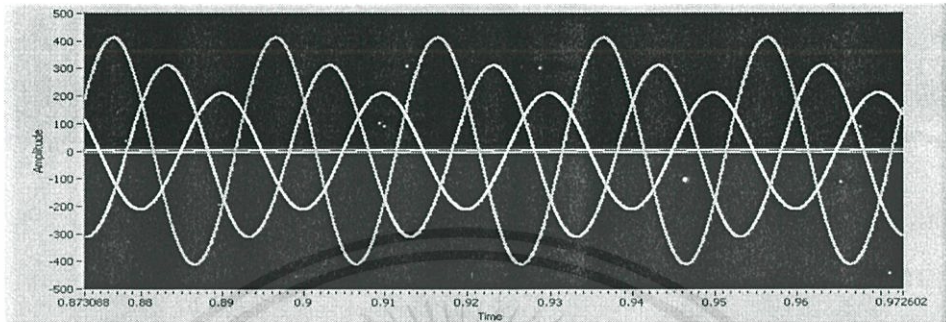
3. ไฟดับ (Blackout) คือค่าแรงดันมีค่าลดลงเป็น 0.0 pu. ในช่วงเวลาเกินกว่า 1 นาที มีสาเหตุมาจากสภาวะความผิดปกติทางไฟฟ้าอาจเป็น Single line to ground หรือ 3-phase fault ในระบบ เกิดจากความต้องการกระแสไฟฟ้าจากสายส่งที่มากเกินไป, เกิดไฟฟ้าลัดวงจรในสายส่ง, พายุฟ้าคะนอง, แผ่นดินไหว และปัญหาที่เกิดกับสายส่ง เช่น เสาไฟฟ้าล้ม หรือหม้อแปลงระเบิด ซึ่งส่งผลให้ไม่สามารถจ่ายไฟให้ได้ ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 ไฟดับ (Blackout) [15]

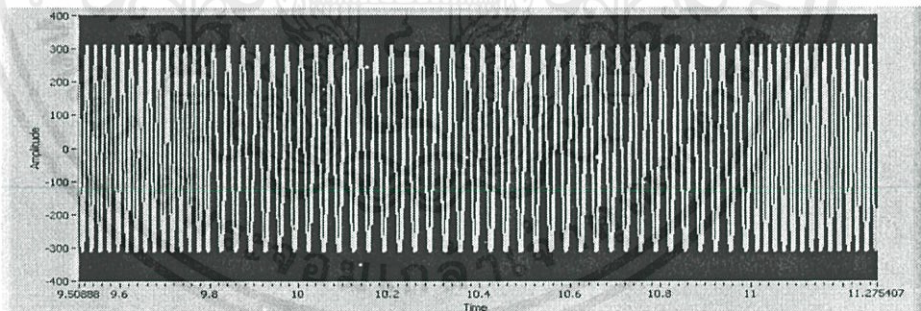
4. แรงดันไม่สมดุล (Voltage Unbalance) รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าในแต่ละเฟสไม่สมดุล เป็นสาเหตุให้มอเตอร์ไฟฟ้าร้อน และลดประสิทธิภาพการทำงานลง ทั้งนี้ NEMA กำหนดไว้ว่า มอเตอร์ไฟฟ้าไม่ควรต่ออยู่กับระบบที่เกิดแรงดันไม่สมดุลเกิน แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล (Unbalance Voltage) คือปรากฏการณ์ที่แรงดันไฟฟ้าทั้ง 3 เฟสมีค่าไม่เท่ากันโดยมีค่า Negative Sequence เกิดขึ้นในระบบ ทำให้ค่าขนาดของแรงดันไฟฟ้าหรือมุมทางไฟฟ้าไม่เท่ากันทั้ง 3 เฟส ซึ่งจะถูกวัดออกมาในรูปแบบร้อยละของอัตราส่วนระหว่าง Negative Sequence ต่อ Positive Sequence หรือร้อยละของอัตราส่วนระหว่างค่าเบี่ยงเบนสูงสุดจากค่าเฉลี่ยของแรงดัน ไฟฟ้าทั้ง 3 เฟส ต่อค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าทั้ง 3 เฟส ซึ่งสาเหตุของแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลเกิดจากการใช้ไฟฟ้าไม่สมดุลกัน ทั้ง 3 เฟสหรือการจัดวางสายไฟฟ้าไม่สมดุลเป็นระยะทางยาวดังนั้นค่าแรงดันไฟฟ้าที่ไม่สมดุลนี้จะส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ดังนี้เกิดกระแสไหลในสาย Neutral พลังงานไฟฟ้าสูญเสีย (Power Loss) ทำให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าสั้นลง ทำให้ความสามารถในการใช้พลังงานจากหม้อแปลงไฟฟ้าลดลงทำให้ Circuit Breaker ปลดวงจร ทำให้ Drive ชำรุดเสียหาย ความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้ายังหมายถึงค่าขนาดของแรงดันไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า 3 เฟส โดยแต่ละเฟสมีค่าแตกต่างกันออกไป ดังนั้นต้องพิจารณาลักษณะของรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าร่วมด้วย ส่วนสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้า เกิดจากความไม่สมดุลของโหลดในแต่ละเฟส ผลเสียที่เกิดขึ้นกับระบบงานจากปัญหาความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้า จะทำให้เกิดความร้อนที่สูงเกินปกติที่โหลดชนิด สามเฟส ตัวอย่างเช่น หม้อแปลงไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้า รีเลย์ ระเบิดไฟเออร์สามเฟส เป็นต้น ความร้อนที่เกิดขึ้นกับโหลดเหล่านี้ ซึ่งมีการทำงานที่ต่อเนื่องได้รับความเสียหายได้ และจะส่งผลกระทบเป็นลูกโซ่ต่อระบบไฟฟ้าในลำดับถัดไป ความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้ายังมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องรีคตีไฟเออร์สามเฟส โดยเอาท์พุทจะมีคาร์ริเปิล (Ripple) ที่สูงขึ้น กรณีการเกิดสภาวะแรงดันไม่สมดุล (Voltage Unbalance) มักเกิดจาก โหลดชนิด 1 เฟสในแต่ละเฟสไม่เท่ากัน หรือมีโหลดชนิดสามเฟสไม่สมดุลเชื่อมต่อในระบบ หรือเกิดจากเฟสใดเฟสหนึ่งของระบบไฟฟ้าหายไป เช่นการทำงานของ พิวส์แรงสูง เพื่อเคลียร์ฟอลต์ในระบบไฟฟ้าหรือเกิดจากการเกิดแรงดันตก เมื่อระบบจำหน่ายไฟฟ้าเกิดสภาวะแรงดันไม่สมดุล อุปกรณ์ที่จะได้รับผลกระทบมากที่สุด คือ มอเตอร์

เหนี่ยวนำ (induction motor) ซึ่งทำให้อายุการใช้งานของมอเตอร์ลดลง เนื่องจากเมื่อเกิดแรงดันไม่สมดุล จะทำให้เกิดกระแสไม่สมดุลในโรเตอร์ (rotor) และ สเตเตอร์ (stator) ของมอเตอร์ ส่งผลทำให้มอเตอร์มีอุณหภูมิสูงขึ้นและเกิดความสูญเสีย (loss) อุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์ทำงานทำให้กระบวนการผลิตหยุดชะงัก



รูปที่ 2.19 แรงดันไม่สมดุล(Voltage Unbalance) [15]

2.1.2.4 การเปลี่ยนแปลงความถี่ (Frequency Variation) หมายถึง การที่ความถี่ไฟฟ้าในระบบไม่เท่ากับ 50Hz อันอาจเกิดจากการลัดวงจร อย่างรุนแรงในระบบส่งกำลังไฟฟ้า หรือ การตัดโหลดปริมาณมากจากระบบไฟฟ้าจนทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าตอบสนองไม่ทันจนความถี่เปลี่ยนแปลง ไฟฟ้า ทำให้มีผลกระทบต่ออย่างมากสำหรับระบบที่มีการทำงานสัมพันธ์ระบบความถี่ เช่น โหลดประเภทเชิงกลดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 การเปลี่ยนแปลงความถี่ (Frequency Variation) [15]

2.2 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของระบบควบคุมอาคารอัจฉริยะ (Building Automation System)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ระบบอาคารอัจฉริยะ (Building Automation System) เป็นระบบการควบคุมการใช้พลังงานภายในอาคารให้มีประสิทธิภาพโดยใช้คอมพิวเตอร์ส่วนกลางในการควบคุม อาคารยุคเทคโนโลยีทางการสื่อสาร ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ และระบบคอมพิวเตอร์ ช่วยในการบริหารจัดการ

การทำงานของอุปกรณ์ต่างๆภายในอาคาร เช่น ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบทำความเย็น ระบบระบายอากาศ เป็นต้น

2.2.1 องค์ประกอบหลักของระบบควบคุมอาคารอัจฉริยะ ประกอบด้วย 4 ส่วน

2.2.1.1 ระบบบริหารอาคาร (Building Management System) ระบบบริหารอาคาร มาจากแนวความคิดที่ว่า การใช้ระบบอัตโนมัติในการบริหารระบบและทรัพยากรของอาคาร จากส่วนกลาง จะสามารถช่วยสร้างประสิทธิภาพในการทำงานของอาคารโดยรวม



รูปที่ 2.21 ตัวอย่างห้องควบคุมอาคารกลาง

การที่มีเทคโนโลยีการสื่อสารและความก้าวหน้าของซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ทำให้ระบบนี้มีการทำงานได้เป็นอย่างดี ทั้งการเฝ้าดูและควบคุมได้จากจุดๆเดียว ระบบบริหารอาคารยังแบ่งออกได้หลายอย่างโดยในการบริหารสิ่งอำนวยความสะดวกและการบริหารงานซ่อมบำรุง (Facility & Maintenance Management) งานส่วนนี้ทำหน้าที่ควบคุมและตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบต่างๆเช่น ระบบปรับอากาศ, ระบบระบายอากาศ, ระบบป้องกันเพลิงไหม้, ระบบรักษาความปลอดภัย ระบบสุขาภิบาล และ ระบบอื่นๆ โดยเน้นเกี่ยวกับการวางแผนด้านการซ่อมบำรุงโดยระบบบริหารอาคาร สามารถแบ่งได้ 3 ส่วน ดังนี้

1. ระบบควบคุมการใช้พลังงาน (Energy Management) ระบบนี้ทำหน้าที่วางแผนและควบคุมการใช้พลังงานของอาคาร โดยจะบริหารการใช้พลังงานให้ได้ประโยชน์สูงสุดโดยใช้ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดโดยมีตัวอย่างในประเทศไทย คือ ระบบการบริหารการใช้ไฟฟ้าของอาคารเพื่อหลีกเลี่ยงการจ่ายค่าใช้ไฟฟ้าสูงสุดของแต่ละเดือน (Demand Charge)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2. ระบบรักษาความปลอดภัย (Security Management) ระบบรักษาความปลอดภัยในอาคารอัจฉริยะจะคอยตรวจตราและตรวจสอบการเข้า-ออกอาคารของบุคคลประเภท

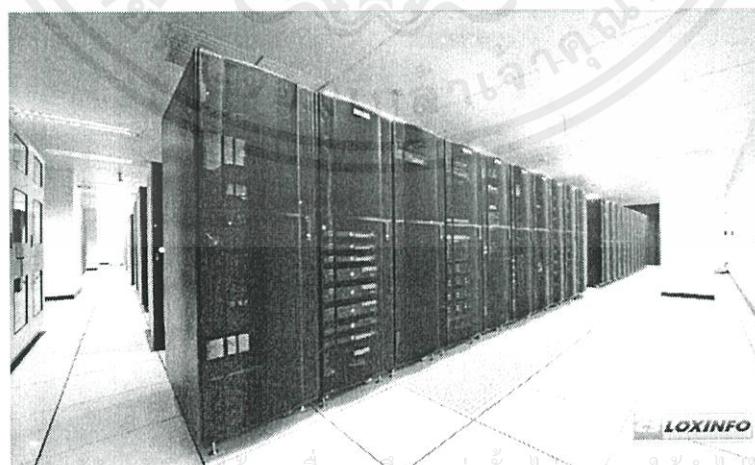
ต่างๆโดยอุปกรณ์ที่ใช้มีตั้งแต่ระบบควบคุมทางเข้า-ออก (Access Control) อุปกรณ์ตรวจสอบความร้อน, กล้องวงจรปิด,ระบบตรวจสอบการเคลื่อนไหวเป็นต้นโดยอุปกรณ์เหล่านี้จะต่อสายสัญญาณเข้าสู่อุปกรณ์รับผลส่วนกลางซึ่งควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ทำให้สามารถระบุตำแหน่งของการบุกรุกที่เกิดขึ้นได้ในทันที

3. ระบบบริหารสายสัญญาณ (Cable Management) ในอาคารอัจฉริยะ นั้นต้องใช้สายสัญญาณเป็นจำนวนมากในการส่งสัญญาณเสียง,ภาพ, ไฟฟ้ากำลัง, รวมทั้งสัญญาณคอมพิวเตอร์

2.2.1.2. งานระบบอาคาร (Building System) โดยปกติงานระบบของอาคารอัจฉริยะจะถูกเฝ้าดูและควบคุมจากส่วนกลาง แต่ในระบบย่อยๆนั้นมักจะสามารควบคุมการทำงานด้วยตนเองอยู่ด้วยเสมอ ส่วนประกอบของงานระบบอาคารมีดังนี้คือ

1.ระบบควบคุมกลาง (Direct Digital Control หรือ DDC) ระบบนี้จะช่วยตรวจสอบ, ดูแลให้ระบบทั้งหมดทำงานอย่างประสานกัน เช่น ระบบเครื่องทำน้ำเย็นหลัก,ระบบเป่าลมเย็น, ระบบไฟฟ้ากำลัง,ระบบลิฟต์,ระบบตรวจจับเพลิงไหม้ ฯลฯ ระบบย่อยเหล่านี้ได้รับการดูแลให้ทำงานได้อย่างกลมกลืนและสามารถตอบสนองกับสภาพแวดล้อมภายในและภายนอกที่เปลี่ยนแปลงผ่านระบบควบคุมกลาง โดยระบบควบคุมกลางจะทำงานร่วมกับระบบบริหารอาคารอย่างใกล้ชิด

2. ระบบจ่ายไฟฟ้ากำลัง (Electric Power Supply System) เป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับระบบไฟฟ้ากำลังทั้งหมดของอาคาร รวมทั้งระบบจ่ายไฟฟ้าในกรณีฉุกเฉินเช่น ระบบไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง, แบตเตอรี่สำรอง, ระบบจ่ายไฟของคอมพิวเตอร์, ระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองของลิฟต์ ระบบป้องกันไฟกระชากและระบบไฟฟ้าในกรณีเกิดเพลิงไหม้ เป็นต้น ระบบนี้จะควบคุมอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้าทั้งหมดทั้งในกรณีปกติและกรณีฉุกเฉิน การเดินสายทั้งหมดต้องถูกควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ระบบนี้อาจรวมระบบไฟฟ้าแสงสว่างเข้าไว้ในการควบคุมด้วย



รูปที่ 2.22 ระบบไฟฟ้าสำรอง และ UPS [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ระบบเตือนเพลิงไหม้ (Fire Service System) ระบบนี้เป็นมักเป็นระบบอัตโนมัติ 100% ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเตือนไฟไหม้จากระบบตรวจจับควัน, ระบบตรวจจับความร้อนรวมทั้งควบคุมระบบจ่ายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ ฯลฯ

4. ระบบระบายอากาศและระบบปรับอากาศ (Ventilation and Air-Conditioning System) ระบบนี้จะควบคุมเครื่องทำน้ำเย็นกลาง (Chiller plants) เครื่องพัดลมปรับอากาศแยกส่วน (Air handing units) ส่วนปรับลมเย็น (VAV box) ฯลฯ โดยจะเผื่อดูและควบคุมระดับของอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมรวมทั้งจ่ายอากาศบริสุทธิ์ที่เหมาะสมกับผู้ที่ใช้งานในอาคาร

5. ระบบช่องทางติดต่อสื่อสารกับภายนอก (Gate Way) หมายถึง การเชื่อมต่อการสื่อสารระหว่างภายนอกกับภายในซึ่งได้แก่ สายสัญญาณโทรศัพท์ขององค์กรโทรศัพท์ซึ่งบางส่วนบางพื้นที่ของกรุงเทพมหานครได้รับการปรับปรุงเป็นระบบISDN (Integrated Services Digital Network) ส่งสัญญาณเป็นระบบดิจิทัลทำให้สามารถส่งภาพและเสียงด้วยสายสัญญาณชนิดนี้ในเวลาเดียวกันในความเร็วสูงอย่างที่สองคือการใช้สัญญาณดาวเทียม (Satellite) โดยใช้รับและส่งโดยผ่านทางจานดาวเทียม ปัจจุบันประเทศไทยใช้ดาวเทียมไทยคมเป็นศูนย์กลางในการติดต่อสื่อสารของไทยและ ระบบไมโครเวฟซึ่งสามารถส่งสัญญาณโดยผ่านจานไมโครเวฟ

6. ระบบรักษาความปลอดภัย (Security System) ประกอบด้วยสองส่วนคือ การควบคุมเข้าออก และระบบควบคุมการบุกรุกจากคนภายนอก

7. ระบบสายสัญญาณสื่อสารหลัก (Telecommunication Backbone System) ส่วนใหญ่สายสัญญาณหลักในอาคารอัจฉริยะมักเป็นใยแก้วนำแสงเพื่อให้สามารถรองรับการส่งข้อมูลในปริมาณมากที่มีคุณภาพและความเร็วสูง

2.2.1.3. โครงสร้างอาคาร (Building Structure) ในการออกแบบอาคารอัจฉริยะ นอกจากการพิจารณาระบบวิศวกรรมเครื่องกลแล้ว ต้องคำนึงถึงการออกแบบโครงสร้างให้เหมาะสมอีกด้วยโดยมีส่วนประกอบต่างๆดังนี้

1. การออกแบบโครงสร้างที่มีความยืดหยุ่นสูง (Structure Design with Flexibility) โครงสร้างของอาคารอัจฉริยะที่ดีควรให้สามารถปรับเปลี่ยนการใช้งานได้ง่ายโดยเฉพาะการเดินท่อเพื่อร้อยสายสัญญาณเพิ่มในภายหลังต้องสามารถทำได้โดยไม่มีผลความลำบากมากนัก

2. ระบบผนังอาคารภายนอก (External Skin System) ระบบผนังอาคารที่ดีควรตอบสนองและสามารถปรับเปลี่ยนให้เข้ากับสภาพแวดล้อมเช่นการใช้ที่บังแดดที่สามารถปรับเปลี่ยนการบังแดดตามองศาของดวงอาทิตย์สามารถทำให้อาคารประหยัดพลังงานได้เป็นอย่างดี

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

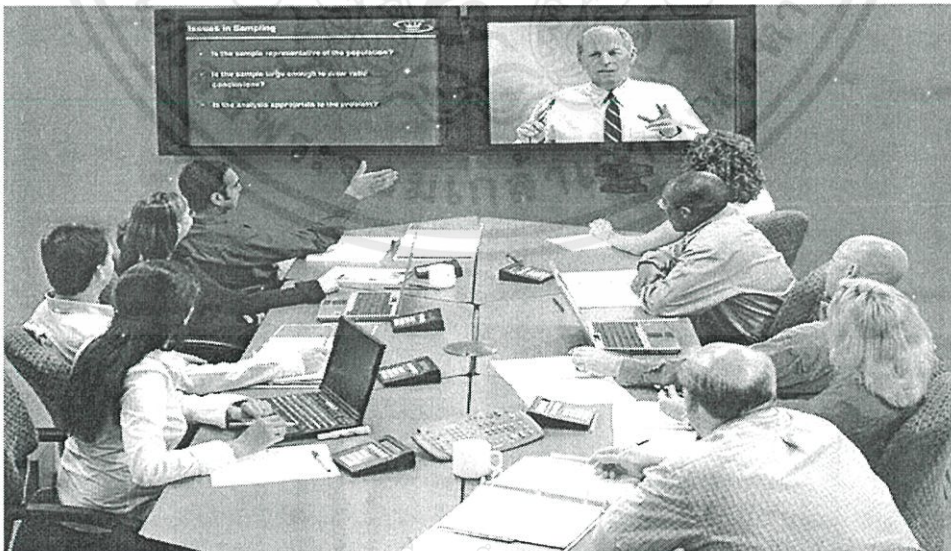
3. ระบบพื้นยก (Raised Floor System หรือ Access Floor System) การเดินสายสัญญาณและงานระบบต่างๆ ในอาคารอัจฉริยะมักจะมีจำนวนมากกว่าอาคารปกติหลายเท่า ดังนั้นการใช้พื้นแบบยกสองชั้น จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง

2.2.1.4. ส่วนบริการผู้ใช้งานอาคาร (Tenant Service) เป็นส่วนที่ใกล้ชิดกับผู้ใช้อาคารมากที่สุดและเป็นส่วนที่สามารถสร้างจุดขายทางการตลาดของอาคารได้มากที่สุดโดยมีองค์ประกอบย่อยๆ ดังนี้

1. ระบบเสาอากาศโทรทัศน์รวม (Communal Antenna Broadcast distribution System) เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้เช่าในการรับสัญญาณโทรทัศน์โดยไม่ต้องติดตั้งระบบของตนเอง

2. ระบบโทรศัพท์ (Private Automatic Branch Exchange) โดยให้ผู้เช่าเลือกได้ว่าจะใช้ระบบตู้สาขาโทรศัพท์เป็นของตนเองหรือใช้บริการจากอาคารก็ได้ อาคารต้องจัดเตรียมสายสัญญาณหลักให้มีคู่สายที่เพียงพอต่อความต้องการของผู้เช่าหรือออกแบบให้สามารถขยายเครือข่ายได้ในกรณีจำเป็น

3. ระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม (Satellite Service) ให้บริการสื่อสารผ่านดาวเทียมตามที่ผู้ใช้ต้องการ เช่น การสื่อสารในระบบโมโครเวฟ การประชุมผ่านทางจอภาพ (Video Conferencing) สามารถให้ผู้เช่าติดตั้งระบบการประชุมผ่านจอภาพทางไกลได้โดยอาคารต้องจัดเตรียมระบบส่วนกลางที่สามารถรองรับบริการดังกล่าวไว้ล่วงหน้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ สงวนลิขสิทธิ์ เวลส์ เทรค จำกัด เพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้เผยแพร่ ใช้งาน หรือแจกจ่าย
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ทำซ้ำหรือดัดแปลงในลักษณะใดๆ ที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่ผู้ถือลิขสิทธิ์ การนำออกไปใช้
รูปที่ 2.23 ภายในห้อง Video Conferencing[4]

4. ระบบสายสัญญาณอินเทอร์เน็ต (Internet Service) ปัจจุบันการใช้งานอินเทอร์เน็ตกลายเป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ในการทำธุรกิจถ้าอาคารใดสามารถให้บริการแก่ผู้ใช้งานในเรื่องนี้ย่อมเป็นจุดขายของ อาคารที่น่าสนใจมาก [5]

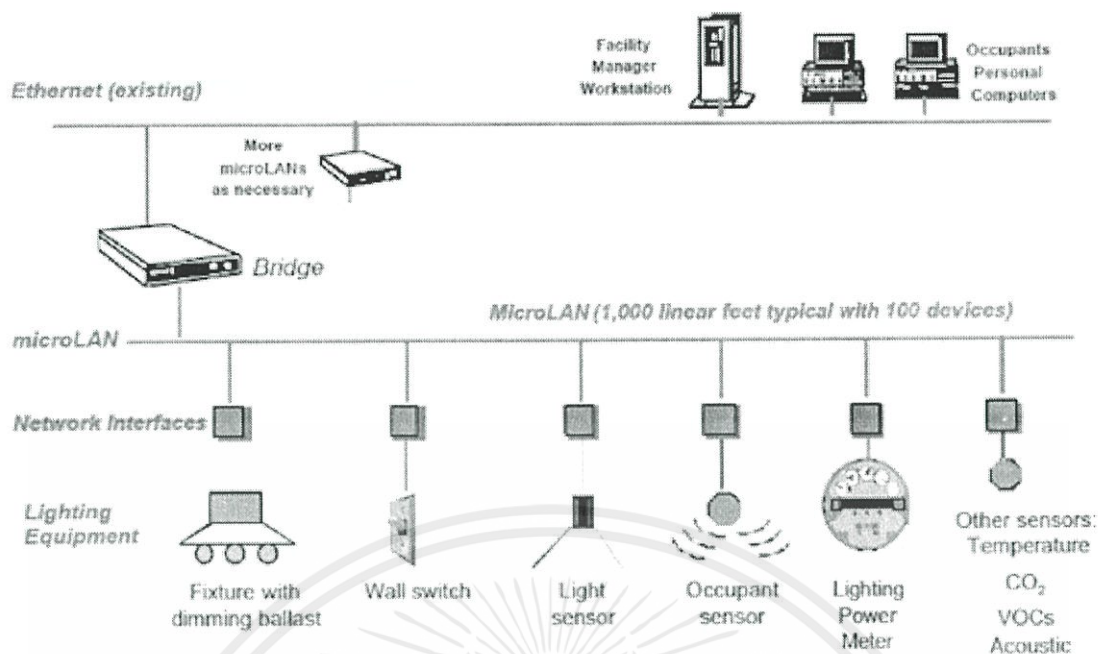
2.2.2 ลักษณะเครือข่ายในการสื่อสารเพื่อตรวจวัดในปัจจุบัน

ในอาคารที่มีขนาดใหญ่ระบบต่างๆจะมีขนาดใหญ่และซับซ้อนยิ่งขึ้นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการทำงาน เช่น เซอร์และอุปกรณ์ไฟฟ้ามีจำนวนมาก ส่งผลต่อต้นทุนในเรื่องค่าวัสดุ การออกแบบและการติดตั้งมีค่าสูงจึงมีการนำเทคโนโลยีมาที่ทันสมัยใช้ในการติดต่อเครือข่ายในอาคารอัจฉริยะมี 2 ระบบหลักๆ ดังนี้

1. ระบบเครือข่ายตัวรับรู้แบบไร้สาย (wireless sensor network) เป็นระบบที่ทำหน้าที่เก็บรวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์รับรู้ (Sensor) ต่างๆ ในระบบที่มีการเชื่อมต่อเป็นเครือข่ายตัวรับรู้ไร้สาย (Wireless Sensor Network) โดยใช้เทคโนโลยีการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุระยะสั้น (Short-range Radio Frequency Communication) ย่านความถี่ 2.4 GHz อุปกรณ์เก็บรวบรวมข้อมูล ออกแบบให้สามารถนำไปติดตั้งใช้งานในภาคในอาคาร ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จะถูกส่งให้แก่คอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) [7] ข้อดีของระบบนี้คือลดปัญหาในเรื่องการเดินสายไฟ และยังเป็นระบบที่ถูกออกแบบให้อุปกรณ์ใช้พลังงานต่ำ จึงเป็นทางเลือกที่ประหยัดพลังงานอีกด้วย

2. ระบบสมองแบบฝังตัว (Embedded System) หรือ สมองกลฝังตัว คือระบบประมวลผล ที่ใช้ชิปหรือไมโครโพรเซสเซอร์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ เป็นระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ฝังไว้ในอุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้า และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เพื่อเพิ่มความฉลาด ความสามารถให้กับอุปกรณ์เหล่านั้นผ่านซอฟต์แวร์ซึ่งต่างจากระบบประมวลผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปปัจจุบัน ด้วยเทคโนโลยีในการผลิตสารกึ่งตัวนำที่ทันสมัย ทำให้ผลิตไอซีที่สามารถสื่อสารด้วยระบบ LAN และมี IP address ในตัวเองได้ด้วยต้นทุนเฉลี่ยในการผลิตที่ต่ำ ระบบฝังตัวถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ในยานพาหนะ เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านและสำนักงาน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีซอฟต์แวร์ เทคโนโลยีฮาร์ดแวร์ เทคโนโลยีเครือข่ายเน็ตเวิร์ก เทคโนโลยีด้านการสื่อสาร ฯ [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 ตัวอย่างเครือข่ายระบบสื่อสารเพื่อตรวจวัดสภาพแวดล้อมต่างๆ ภายในอาคาร

(ที่มา: Advanced sensors and controls for building application: market assessment and potential R&D pathway, [6])

ในรูปที่ 2.24 แสดงตัวอย่างเครือข่ายระบบสื่อสารเพื่อตรวจวัดสภาพแวดล้อมต่างๆ โดยอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัวไม่ว่าจะเป็นหลอดไฟส่องสว่างสวิทช์เปิดไฟเซนเซอร์ต่างๆ รวมถึงมิเตอร์ วัดกำลังไฟฟ้าจะเชื่อมต่อกับวงจรต่อประสานที่มี IP address เป็นของตัวเองทำให้สามารถติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในระบบควบคุมผ่านระบบ LAN ได้ทำให้ระบบสามารถนำข้อมูลทางกายภาพที่ได้จากเซนเซอร์ต่างๆที่เป็นอยู่ ณ เวลานั้นไปใช้ในการคำนวณและประมวลผลด้วยโปรแกรมที่เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อสั่งการให้ทำการปรับการทำงานของหลอดไฟส่องสว่างหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆในทำงานเพื่อให้ความสว่างหรือเกิดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการใช้งาน

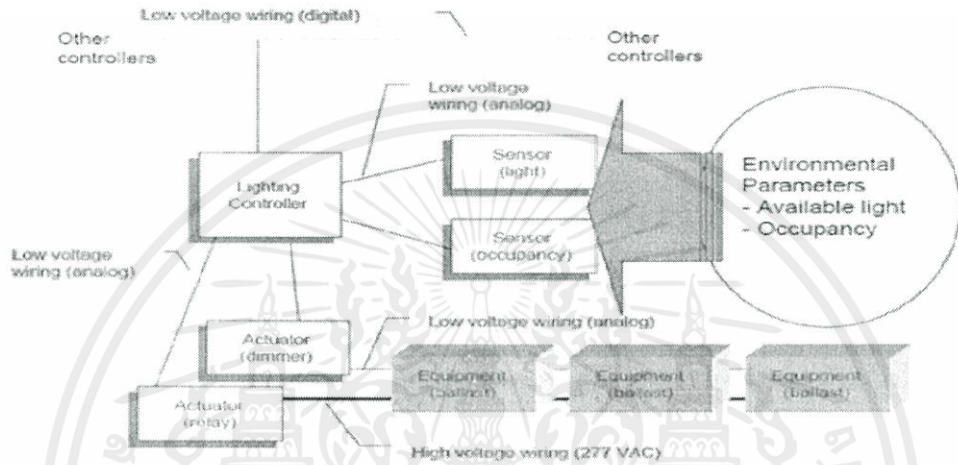
ณ เวลานั้นโดยกำลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงณขณะนั้นก็สามารถทราบได้ทันทีจากข้อมูลที่อ่านจากเครื่องมือวัดที่ส่งผ่านเครือข่ายสื่อสารนี้ด้วยระบบการสื่อสารที่ให้ข้อมูลต่างๆได้ครบถ้วนรอบด้านเช่นนี้จึงช่วยให้สามารถวางแผนและควบคุมการใช้พลังงานภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.2.3 ลักษณะการควบคุมระบบต่างๆในระบบพื้นฐานของอาคาร

1. ระบบปรับอากาศ (Air conditioner) การทำการควบคุมการเปิด-ปิด ของแอร์ภายในอาคารเพื่อไม่ให้เกิดการใช้งานเกินความจำเป็นและการตั้งค่าการทำงานที่เหมาะสมจากห้องคอนโทรลจะทำให้ประหยัดพลังงานยิ่งขึ้นเช่น เครื่องปรับอากาศถูกตั้งค่าระดับอุณหภูมิที่ต่ำเกินไปจะ

ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานนอกจากนี้การแจ้งเตือนสิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ก็เป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้มีการตรวจสอบและซ่อมแซมได้ทันเวลา

2. ระบบส่องสว่าง (Lighting System) ในระบบส่องสว่างอาจมีการนำเอาเทคโนโลยีด้านการควบคุมแสงสว่างเพื่อการประหยัดพลังงานและการออกแบบอาคารให้สามารถใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์ในเวลากลางวันได้เพื่อให้ภายในอาคารมีแสงสว่างเพียงพอและไม่จำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าจากหลอดไฟที่ติดตั้งภายในอาคาร



รูปที่ 2.25 ตัวอย่างระบบควบคุมไฟฟ้าส่องสว่างภายในอาคาร

(ที่มา: advance sensors and controls for building application market assessment and potential R&D pathway [6])

ในรูปที่ 2.25 เป็นตัวอย่างระบบควบคุมไฟฟ้าส่องสว่างภายในอาคารที่ออกแบบให้มีการควบคุมความสว่างภายในอาคารตามความสว่างของแสงสว่างที่ได้รับจากภายนอก โดยอาศัยเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสงและเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว เซ็นเซอร์ทั้งสองชนิดนี้จะถูกติดตั้งจุดต่างๆเพื่อทำงานร่วมกันช่วยตรวจสอบสภาพสภาพบริเวณนั้นและส่งสัญญาณที่ตรวจวัดได้เข้าสู่หน่วยควบคุมไฟฟ้าส่องสว่างภายในห้องควบคุมซึ่งอาจจะเป็นโปรแกรม PLC (programmable Logic Controller), ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือแล็บวิว (laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) เพื่อทำการประมวลผลและสั่งงานให้อุปกรณ์หรือไฟหรือรีเลย์ปรับระดับความสว่างดวงไฟหรือเปิด ปิดอุปกรณ์

3. ระบบป้องกันและเตือนอัคคีภัย (Fire Alarm & Fire protection System) ในระบบป้องกันและเตือนอัคคีภัยถือเป็นระบบที่สำคัญที่ต้องมีความถูกต้องแม่นยำและตรวจสอบสภาพอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอในการตรวจสอบซึ่งการออกแบบระบบป้องกันและเตือนอัคคีภัยมีหลายเทคโนโลยีขึ้นอยู่กับวิธีการออกแบบของวิศวกรโดยการทำงานจะอาศัยเซ็นเซอร์ในการตรวจจับสิ่งผิดปกติที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยเช่น ควันไฟ เปลวไฟ หรืออุณหภูมิที่สูงมากผิดปกติ เมื่อเซ็นเซอร์ตรวจพบจะส่งสัญญาณที่ตรวจวัดได้เข้าสู่หน่วยควบคุมระบบป้องกันและการเตือนอัคคีภัยภายใน

ห้องควบคุมซึ่งอาจจะเป็นโปรแกรม PLC (programmable Logic Controller), ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือแลปวิว (laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) เพื่อทำการประมวลผล และสั่งงานให้อุปกรณ์เตือนส่งสัญญาณเตือนให้ผู้ที่อยู่ในอาคารรีบอพยพออกจากอาคาร นอกจากนี้ ระบบที่ได้กล่าวมาซึ่งเป็นระบบพื้นฐานในบางอาคารที่มีขนาดใหญ่อาจจะต้องมีระบบอื่นๆเพิ่มเข้ามา และแต่ละระบบจะมีฟังก์ชันการทำงานแตกต่างกันออกไปเช่น ระบบรักษาความปลอดภัย ระบบ กล้องวงจรปิด หรือระบบลิฟต์ เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการทำงานออกแบตามความต้องการของผู้ที่ต้องการ ติดตั้งระบบ

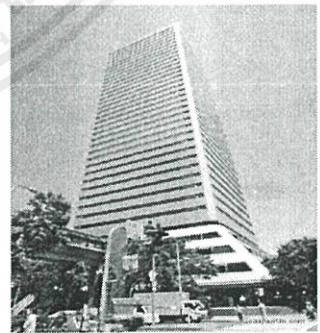
2.2.4 ประโยชน์ของระบบอาคารอัจฉริยะ ระบบอาคารอัจฉริยะเป็นศูนย์รวบรวม ข้อมูลให้กับระบบอาคารดูแลจัดการระบบต่างๆภายในอาคารทำให้ประสิทธิภาพในการบริหารอาคาร เพิ่มมากขึ้น ประโยชน์ที่เห็นได้ชัดเจนของระบบอาคารอัจฉริยะคือเรื่องประหยัดพลังงาน โดยปริมาณ พลังงานที่ประหยัดได้มาจากการใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ ขึ้นอยู่กับการใช้งานในสภาพต่างๆในอาคาร นอกจากการที่อาคารที่ได้รับการออกแบบเป็นอาคารอัจฉริยะจะได้ภาพพจน์ที่เป็นอาคารนำสมัยแล้ว ยังส่งผลให้อาคารนั้นมีจุดขายที่แตกต่างจากอาคารอื่นๆและจากการประเมินของศูนย์อนุรักษ์ พลังงานแห่งประเทศไทยได้ประเมินว่าอาคารที่ติดตั้งระบบ BAS ซึ่งถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของระบบ อาคารอัจฉริยะนั้นสามารถทำให้ผู้ดูแลอาคารทำการทดสอบและปรับแต่งระบบย่อยต่างๆให้ทำงาน สัมพันธ์สามารถและยังมีประโยชน์ในเรื่องการบำรุงรักษาอุปกรณ์ ยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ได้อีก ด้วย อาคารที่ติดตั้งระบบอาคารอัจฉริยะนอกจากนี้ระบบอาคารอัจฉริยะนี้มีการพัฒนามากขึ้นใช้ เทคโนโลยีที่ทันสมัย และมีการนำมาใช้มากขึ้นอีกด้วยตัวอย่างอาคารอัจฉริยะที่เริ่มมีให้เห็นแล้วใน ปัจจุบัน เช่น โรงแรมโซนา ห้างโจวตราگون ในประเทศจีน , อาคารเซเวน เวิลด์เทรดเซ็นเตอร์ ในนคร นิวยอร์ก สหรัฐฯ และอาคารดังรูปที่ 2.26 [10]



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 2.26 (ก) อาคาร Lloyds Building, (ข) อาคาร NEC Tower, (ค) อาคาร Twin 21

Building[8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิอนุญาตให้เผยแพร่ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรรมใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของโปรแกรมแลปวิว

แลปวิว (LabVIEW) คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างเพื่อนำมาใช้ในการวัดและเครื่องมือวัดสำหรับงานทางวิศวกรรม LabVIEW ย่อมาจาก Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench ซึ่งหมายความว่า เป็นโปรแกรมที่สร้าง เครื่องมือวัดเสมือนจริงในห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรม ดังนั้นจุดประสงค์หลักของการทำงานของโปรแกรมนี้ก็คือการจัดการในด้านการวัดและเครื่องมือวัด อย่างมีประสิทธิภาพโดยการใช้การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาโค้ดรูปภาพ (Graphical programming) หรือเรียกอีกอย่างว่าภาษา G (Graphical Language) และมีการต่อสายส่งค่าข้อมูลคล้ายกับการวาดโพลซาร์ตที่เข้าใจได้ง่าย สำหรับโปรแกรมประเภทตัวหนังสือ หรือเรียกอีกชื่อว่า Text Base จะมีปัญหาในการจัดการกับตำแหน่งการส่งผ่านข้อมูลตามอุปกรณ์เชื่อมต่อเช่น Port หรือ Card ต่างๆ รวมถึงการจัดวางตำแหน่งในหน่วยความจำเพื่อที่จะสามารถรวบรวมข้อมูลมาใช้ในการคำนวณและเก็บข้อมูลให้ได้ประโยชน์สูงสุด ปัญหาเหล่านี้ได้รับการแก้ไขในแลปวิวโดยได้มีการบรรจุโปรแกรมจำนวนมาก หรือ Libraries ไว้สำหรับจัดการกับปัญหาเหล่านั้น ไม่ว่าจะอุปกรณ์การเชื่อมต่อจะเป็น DAQ (Data Acquisition), GPIB (General Purpose Interface Bus หรือก่อนหน้านี้รู้จักกันในชื่อ Hewlett Packard Interface Bus, HP-IB), พอร์ตอนุกรม หรือ Serial Port เพื่อใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ที่ส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Instrument)

ซึ่งชุดพัฒนาจะมาพร้อมกับชุดฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์และวิศวกรรม สำหรับการวิเคราะห์, ประมวลผล, และแสดงข้อมูล รวมถึงความสามารถต่างๆ ในการใช้งานร่วมกับฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์อื่นๆ ได้ดี ทำให้ แลปวิวถูกนำไปใช้งานอย่างกว้างขวางในแทบทุกส่วนของอุตสาหกรรมและการวิจัยที่ต้องการระบบอัตโนมัติในการวัดและการควบคุม เช่น อุตสาหกรรมการผลิต, อิเล็กทรอนิกส์, ยานยนต์, การทหารและอากาศยาน, พลังงาน, การสื่อสารและเครื่องมือแพทย์

ในปัจจุบัน นอกจาก แลปวิวจะถูกใช้งานบนพีซีทั่วไปเพื่อการดิงสัญญาณหรือควบคุมเครื่องมือวัดแล้ว ยังขยายขีดความสามารถของแพลตฟอร์ม แลปวิวให้สามารถทำการออกแบบได้ทั้งระบบ ตั้งแต่ส่วนของการออกแบบซอฟต์แวร์, การคำนวณ ไปจนถึงการดิงสัญญาณและการติดตั้งลงไประบบฮาร์ดแวร์ทั้งแบบวินโดวส์, เรียลไทม์, และ FPGA โดยใช้แพลตฟอร์ม แลปวิวเพียงแพลตฟอร์มเดียวจึงทำให้สามารถทำงานต่อยอดได้ทันทีเมื่อต้องการย้ายจากการทำงานกับพีซีบนวินโดวส์ไปเป็นฮาร์ดแวร์แบบฝังตัว เป็นต้น

2.3.1 ประวัติความเป็นมาแลปวิว

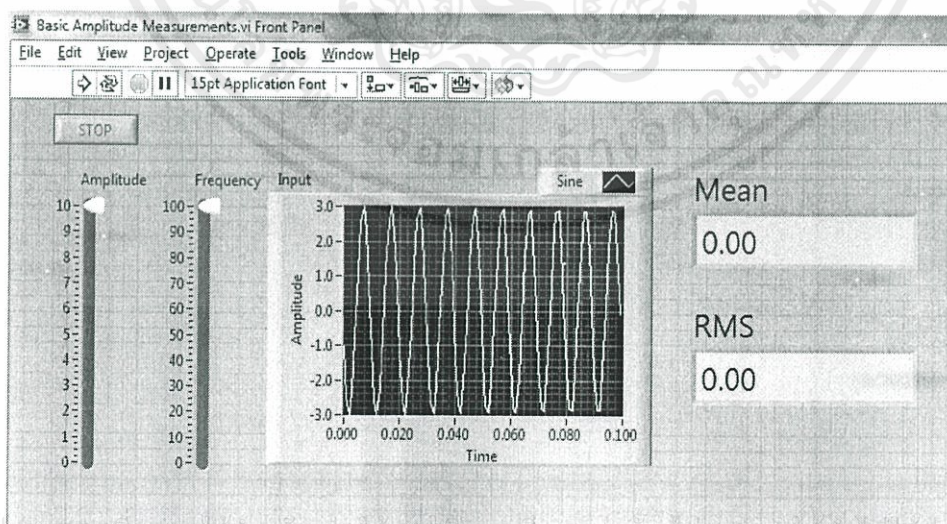
มีจุดกำเนิดขึ้นในปี 1983 โดยบริษัท National Instrument ได้เริ่มการค้นคว้าเพื่อจะหาวิธีการที่จะลดภาระและเวลาในการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งานด้านระบบเครื่องมือวัด ซึ่งเป็นจุดเริ่มของแนวคิดในการสร้าง ลปวิวในปี 1986 บริษัทได้ปล่อยแลปวิวเวอร์ชัน 1 สู่ตลาดเพื่อใช้กับคอมพิวเตอร์ Macintosh เพราะเหมาะแก่ลักษณะการทำงานด้วยกราฟฟิกส์ของเครื่อง Macintosh

ในปี 1990 NI ได้ประสบผลสำเร็จในการนำ แลปวิวเวอชัน 2 ออกสู่ตลาด โดยได้ปรับแก้และเขียนระบบควบคุมใหม่ทั้งหมด ตามคำแนะนำของผู้ใช้งาน โดยเฉพาะการเขียน Compiler ที่ทำให้เวลาการทำงานของโปรแกรมรวดเร็วขึ้น ทัดเทียมกับการเขียนด้วยภาษาชั้นพื้นฐาน เช่น C และได้ผลิต แลปวิวสำหรับวินโดวส์เข้าสู่ตลาดในปี 1992

ต่อมาบริษัทได้มีการพัฒนาโปรแกรมให้เหมาะสมกับเทคโนโลยีที่เพิ่มขึ้น ความเร็วของระบบคอมพิวเตอร์ รูปแบบปฏิบัติการที่เปลี่ยนแปลงไป รวมถึงการสร้างเวอชัน ใหม่ เพื่อจัดระบบและการเขียนโปรแกรมให้สะดวกมากขึ้น ตลอดจนสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ มากขึ้น พร้อมทั้งสร้างฟังก์ชันต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานมากขึ้น

2.3.2 ส่วนประกอบของแลปวิว โปรแกรมที่เขียนขึ้นมาโดยแลปวิวเราจะเรียกว่า Virtual Instrument (VI) เพราะลักษณะที่ปรากฏทางจอภาพเมื่อผู้ใช้ใช้งานจะเหมือนกับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ทางวิศวกรรม ซึ่งภายในอุปกรณ์เสมือนจริงเหล่านั้นจะเป็นการทำงานของ ฟังก์ชัน, Subroutines และโปรแกรมหลักเหมือนกับภาษาทั่วไป สำหรับ VI จะประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญสามส่วนโดยทั้งสามส่วนจะประกอบกันขึ้นมาเป็นอุปกรณ์เสมือนจริง ลักษณะและหน้าที่ของส่วนประกอบทั้งสามมีดังต่อไปนี้

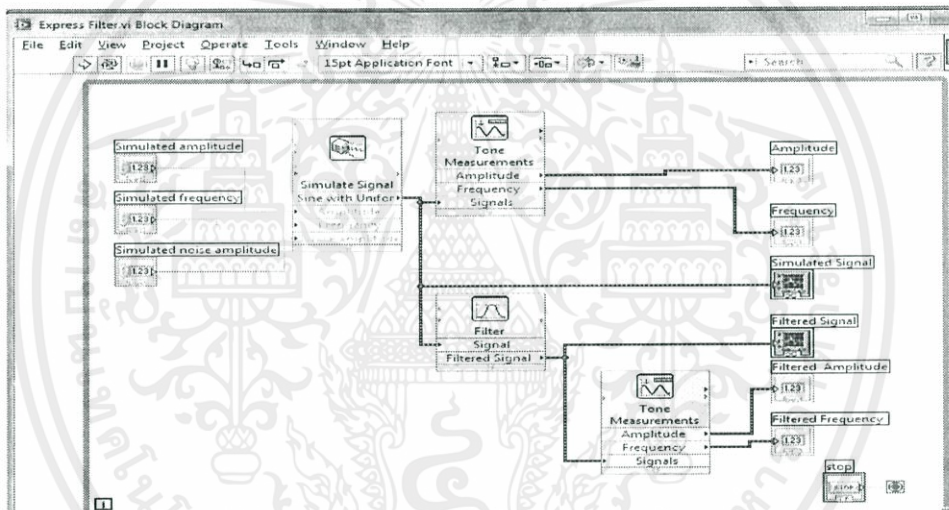
2.3.2.1. *Front Panel* เป็นส่วนที่ใช้สื่อความกันระหว่างผู้ใช้กับโปรแกรม (หรือที่นิยมเรียก user interface) โดยทั่วไปจะมีลักษณะเหมือนกับหน้าปัทม์ของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้งานด้านการวัดต่างๆ ไป โดยทั่วไปจะประกอบด้วย สวิตช์ปิดเปิด, ปุ่มบิด, ปุ่มกด จอแสดงผลหรือแม้แต่ค่าที่ผู้ใช้สามารถกำหนด ลักษณะของ หน้าจอแสดงผล แสดงในรูปต่อไปนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า มีอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกข้อมูลเหล่านี้ไปเผยแพร่ต่อสาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ 2.27 หน้าจอแสดงผล

2.3.2.2. *Block Diagram* เปรียบเสมือนกับ Source Code หรือโปรแกรมของแลปวิว ซึ่งจะแสดงอยู่ในรูปของภาษา G ซึ่ง Block Diagram นี้ ถือเป็น Executable Program คือสามารถที่จะทำงานได้ทันที และข้อดีอีกประการหนึ่งก็คือ แลปวิวจะมีการตรวจสอบความผิดพลาดของโปรแกรมตลอดเวลา ทำให้โปรแกรมจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อไม่มีข้อผิดพลาดในโปรแกรมเท่านั้นโดยผู้ใช้งานสามารถที่จะดูรายละเอียดของความผิดพลาดแสดงให้เห็นได้ตลอดเวลา ทำให้การเขียนโปรแกรมสะดวกขึ้น

ส่วนประกอบภายใน Block Diagram นี้จะประกอบด้วย ฟังก์ชัน ค่าคงที่ โปรแกรมควบคุมการทำงานหรือโครงสร้าง จากนั้นในแต่ละส่วนเหล่านี้ ซึ่งจะปรากฏในรูปของ Block เมื่อได้รับการต่อสาย (wire) สำหรับ Block ที่เหมาะสมเข้าด้วยกัน เพื่อกำหนดลักษณะการไหลของข้อมูลระหว่าง block เหล่านั้น ทำให้ข้อมูลได้รับการประมวลผลตามที่ต้องการ และแสดงผลออกมาให้แก่ผู้ใช้



รูปที่ 2.28 บล็อกไดอะแกรม

2.3.2.3. *Icon และ Connector* เปรียบเสมือนโปรแกรมย่อย Subroutine ในโปรแกรมปกติทั่วไป โดย icon จะหมายถึง block diagram ตัวหนึ่งที่มีการส่งข้อมูลเข้าและออกผ่านทาง Connector ซึ่งในแลปวิวจะเรียก Subroutine นี้ว่า subVI ข้อดีของการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา G นี้ก็คือเราสามารถสร้าง VI ที่ละส่วนขึ้นมาให้ทำงานด้วยตัวเองได้อย่างอิสระ จากนั้นในภายหลังหากเราต้องการเราก็สามารถเขียนโปรแกรมอื่นขึ้นมาเพื่อเรียกใช้งาน VI ที่เราเคยสร้างขึ้นก่อนหน้านี้ทีละตัว ซึ่งทำให้ VI ที่เราเขียนขึ้นก่อนกลายเป็น subVI ไป การเขียนในลักษณะนี้เราเรียกว่า เขียนเป็น module

นอกจากนี้ คำศัพท์ต่างๆที่ใช้กันในแลปวิวส่วนใหญ่จะแตกต่างจากที่ใช้ในภาษาการเขียนโปรแกรมตัวหนังสือทั่วไปในหลายๆด้าน จึงสามารถสรุปคำศัพท์ที่พบในแลปวิวส่วนใหญ่ดังนี้

ตารางที่ 2.3 สรุปคำศัพท์ที่พบในแลปVIEW

แลปVIEW	โปรแกรมพื้นฐาน	หน้าที่
VI	Program	ตัวโปรแกรมหลัก
Function	function	ฟังก์ชันสำเร็จรูปที่สร้างขึ้นมากับโปรแกรมนั้นเช่น sin, log เป็นต้น
SubVI	Subroutine	โปรแกรมย่อยที่ถูกเรียกใช้โดยโปรแกรมหลัก
Front Panel	user interface	ส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้
Block Diagram	Program code	การเขียนตามขั้นตอนของในแต่ละโปรแกรมกำหนดขึ้น

2.3.3 ประโยชน์ของแลปVIEW เครื่องคอมพิวเตอร์เมื่อรวมกับแลปVIEW และ อุปกรณ์เชื่อมต่อเพื่อการเก็บข้อมูล (Data Acquisition Card) แล้ว ทำให้สามารถเปลี่ยนเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือวัดในหลายรูปแบบ เช่น Oscilloscope, Multi-meter, Function Generator, Strain Meter Thermometer ทำให้สามารถใช้คอมพิวเตอร์ในการทำการวัดและเครื่องมือวัดได้อย่างกว้างขวาง ข้อได้เปรียบเหนือการใช้อุปกรณ์จริงเหล่านั้นคือ Virtual Instrument สามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับการใช้งานของผู้ใช้แต่ละกลุ่มได้ โดยการเปลี่ยน VI ให้เป็นไปตามต้องการ

ในการใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือวัดก็คือ สามารถใช้ทำเป็น Data Logger และ PLC (Programmable Logical Controlled) ได้พร้อมกัน ซึ่งโดยปกติแล้วระบบควบคุมมักจะไม่มีความสามารถในเครื่องมือวัดจริงขั้นพื้นฐาน หรือ Data Logger แม้จะเก็บข้อมูลได้ แต่การสั่งการทำงานกับอุปกรณ์ตัวอื่น จะสามารถสั่งการได้ยาก

ในการใช้งาน หากมี แลปVIEW, คอมพิวเตอร์และ DAQ Card (หรือระบบการติดต่อสื่อสารอื่นเช่น GPIB หรือ Serial Port จะทำให้สามารถสร้างเครื่องมือวัดเสมือนจริงได้มากมาย และเลือกการวัด ที่ทำให้เหมาะสมกับชนิดของงานที่ทำได้ดีที่สุด

2.3.4 กระบวนการในการวัด ในงานด้านการวัดและเครื่องมือวัดทางวิศวกรรม จะประกอบด้วยขั้นตอนหรือกระบวนการวัดหลักๆ ตามลำดับดังนี้

1. Sensor - Transducer ทำหน้าที่เปลี่ยนปรากฏการณ์ทางธรรมชาติหรือปริมาณต่างๆ ทางฟิสิกส์ให้เป็นปริมาณทางไฟฟ้าที่สามารถตรวจจับได้ ไม่ว่าจะเป็น กระแส ความต่างศักย์ แรงเคลื่อนไฟฟ้า หรือความต้านทานไฟฟ้า

2. Signal Conditioner ทำหน้าที่ปรับแต่งปริมาณสัญญาณที่ได้จากขั้นที่ 1 ให้มีขนาดปริมาณหรือลักษณะที่เหมาะสม เพราะสัญญาณที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 นั้น อาจมีขนาดไม่เหมาะสมหรือมีสัญญาณรบกวนมากเกินไปที่จะนำไปวิเคราะห์ในทันทีได้

3. Data Acquisition ทำหน้าที่ประมวลผลความหมายหรือเปลี่ยนสัญญาณในลักษณะ Analog ให้มาอยู่ในรูปของ digital signal เพื่อประโยชน์ในการตีความหมายและใช้ในการควบคุมหน้าที่ของ DAQ boards อาจจะเป็นการอ่านสัญญาณ analog (A/D Conversion) การสร้างสัญญาณแอนาล็อก (D/A conversion) เขียนและอ่านสัญญาณ เพื่อเชื่อมต่อกับ Transducer

การติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และ transducer จึงเป็นเรื่องสำคัญสำหรับคอมพิวเตอร์โดยปกติแล้ว สามารถที่จะติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกได้โดยการผ่าน Input/Output Board (I/O Board) ซึ่ง I/O board นี้จะมีหลายแบบแต่แบบที่สำคัญและสามารถเชื่อมต่อโดยผ่านคำสั่งของ LabVIEW ได้ทันทีจะประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

1. DAQ Board โดยปกติแล้ว DAQ Board เป็นอุปกรณ์พิเศษ คือไม่ได้เป็นมาตรฐานที่ติดตั้งมากับคอมพิวเตอร์ สำหรับบอร์ดประเภทนี้จะมีผู้ผลิตหลายบริษัท ซึ่งลักษณะการทำงานก็อาจจะแตกต่างกันตามแต่ผู้ผลิตแต่ละแห่งออกแบบหน้าที่ของ DAQ Board นี้จะทำการติดต่อโดยตรงกับ transducer ซึ่งอาจจะผ่านอุปกรณ์ Signal Conditioner หรือไม่ก็ได้ตามความจำเป็น นอกเหนือจากนั้นแล้วเราไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์อื่นเข้ามาร่วมในการสร้างเครื่องมือวัดเสมือนจริง ซึ่งจุดนี้เป็นจุดได้เปรียบของ DAQ Board นั่นคือแม้ว่าจะมีราคาแพง แต่สามารถจะทดแทนการซื้อเครื่องมือวัดอื่นๆ ได้มากมาย

2. GPIB (Board General Purpose Interface Bus) เป็นการขนถ่ายข้อมูลอีกชนิดหนึ่ง โดยได้รับการพัฒนาโดยบริษัท Hewlett-Packard ในช่วงปลายทศวรรษ 1960 และได้พัฒนาจนกระทั่งได้รับมาตรฐานจาก Institute of Electrical and Electronic Engineer (IEEE) ในปี 1975 ซึ่งต่อมารู้จักกันในชื่อ IEEE 488.2 standard จุดประสงค์ของ GPIB คือใช้ในการควบคุมเครื่องมือวัดโดยคอมพิวเตอร์ ต่อมาก็ได้ถูกนำมาใช้ในการเชื่อมต่อที่หลากหลายรูปแบบขึ้น โดยการนำ GPIB มาใช้ควบคุมและติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ด้วยกันหรือระหว่างคอมพิวเตอร์ กับ scanner หรือเครื่องมือวัดอื่นๆ GPIB เป็นการติดต่อที่สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์หลายชิ้นเข้ากับ GPIB Port ตัวเดียวได้ โดยสามารถต่ออุปกรณ์ได้สูงถึง 15 ชิ้น โดยใช้ bus เพียงตัวเดียว ทำให้ประหยัด (และป้องกันปัญหาในการ set อุปกรณ์) โดย GPIB สามารถทำงานได้หลายลักษณะ เช่น ส่งผ่านข้อมูลด้วยวิธีแบบขนาน ครั้งละ 1 byte (8-bits) Hardware จะเป็นผู้จัดการเรื่อง Handshaking, timing และอื่นๆ อัตราการส่งผ่านข้อมูล 800 Kbytes/sec หรือมากกว่า ใช้คำสั่ง ASCII ในการติดต่อ เนื่องจากการที่ GPIB Port ซึ่งมีประสิทธิภาพตามที่กล่าวมาแล้วและมีราคาถูกมากหรืออาจติดตั้งมาพร้อมกับคอมพิวเตอร์ แต่สาเหตุที่ทำให้ต้องใช้ DAQ Card เพราะ GPIB Port ไม่สามารถทำให้คอมพิวเตอร์

ติดต่อโดยตรงกับ Transducer ได้ GPIB Port จะเป็นการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ที่มี GPIB Port เท่านั้น ซึ่งอุปกรณ์ที่มี GPIB Port ติดตั้งอยู่ก็มักจะเป็นอุปกรณ์ประเภทเครื่องมือวัดเช่น Oscilloscope, Multimeter ซึ่งเป็น Actual Instrument อยู่แล้ว ดังนั้นการส่งผ่านข้อมูลจึงเป็นข้อมูลที่อ่านค่าได้เรียบร้อยแล้ว เพราะบนเครื่องมือเหล่านั้นจะมีระบบ Signal Processing อยู่ในตัวเองเรียบร้อยแล้วอย่างไรก็ตามการที่ LabVIEW ติดต่อกับอุปกรณ์อื่นโดยผ่านทาง GPIB Port ได้สามารถทำให้เราสามารถเพิ่มศักยภาพของเครื่องมือจริง และสามารถนำค่าที่ได้จากเครื่องมือไปใช้ควบคุมอุปกรณ์อื่นๆ ด้วยคอมพิวเตอร์ได้อีกด้วย

3. Serial Interface หรือ Serial Communication ข้อดีของ serial communication ผ่านทาง Serial Port หรือพอร์ตอนุกรมก็คือราคาถูก และเครื่องมือมากมายได้ใช้อุปกรณ์นี้เป็นมาตรฐาน ลักษณะการทำงานของพอร์ตจะคล้ายกับ GPIB Port เพียงแต่ส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม และมีอัตราการส่งข้อมูลที่ช้ากว่า ซึ่งพอร์ตนี้จะใช้มาตรฐาน RS-232 หรือ RS-485 และการติดต่อข้อมูลจะต้องทำระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ที่มีพอร์ตนี้อยู่ด้วย

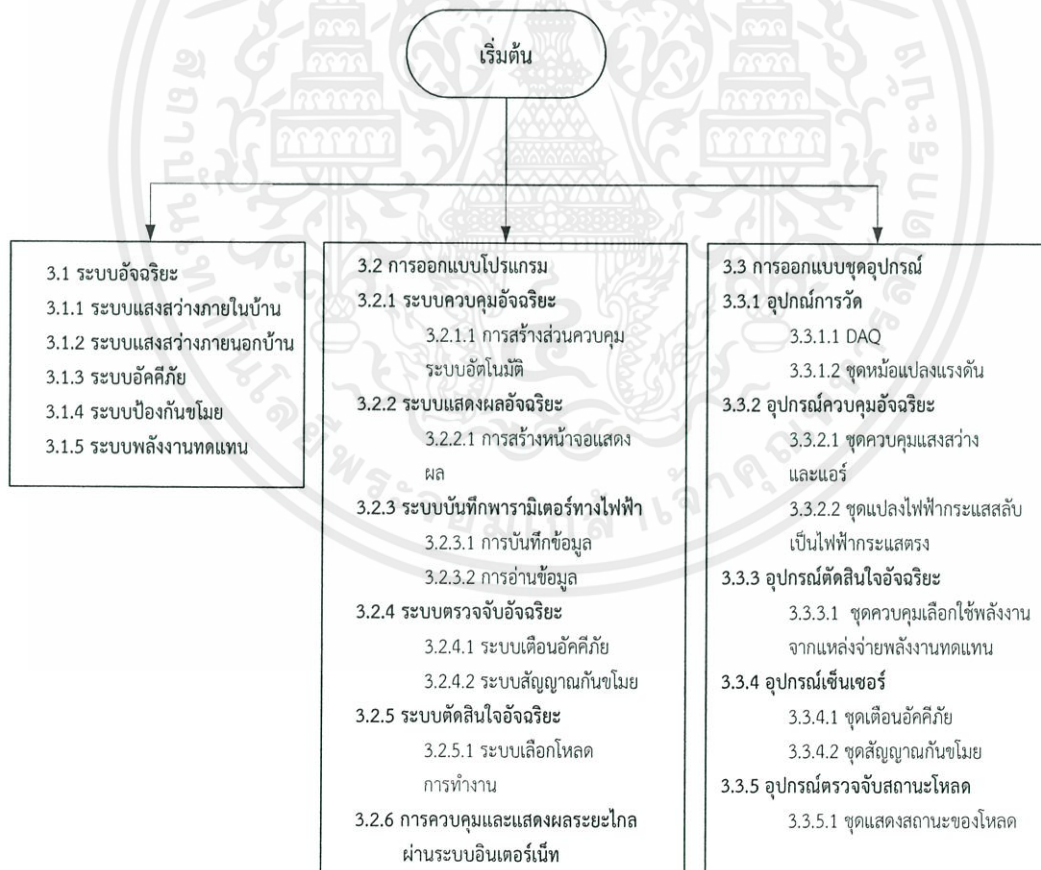


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบโปรแกรมและอุปกรณ์

โครงการนี้ได้ทำการออกแบบโปรแกรมและอุปกรณ์เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการทำระบบ BAS (Buildings Automation System) โดยใช้ซอฟต์แวร์ในการออกแบบโปรแกรม คือ แลปวิว (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถออกแบบการวัดที่หลากหลายทำให้ผู้ใช้สามารถดูแล ตรวจสอบ บริหารและวางแผนการใช้พลังงานได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพโดยภายในโปรแกรมจะสามารถวัดค่าพารามิเตอร์ แสดงผลข้อมูล วิเคราะห์พารามิเตอร์ บันทึกข้อมูลในรูปแบบเงื่อนไขต่างๆ ควบคุมระบบต่างๆภายในอาคารจากห้องควบคุมกลางได้ โดยในภาคการเรียนที่ 1 จะทำการออกแบบระบบต่างๆในโมเดลบ้านจำลองและโปรแกรม และในภาคเรียนที่ 2 จะทำการออกแบบอุปกรณ์ และนำไปทดสอบกับระบบไฟฟ้าจริง โดยสามารถแสดง Flowchart การทำงานได้ดังรูปที่ 3.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1 Flowchart การทำงานส่วนของการออกแบบ

3.1 ระบบอัจฉริยะ

ระบบอัจฉริยะในบ้านโมเดลจำลองนี้จะประกอบด้วยส่วนของการควบคุมต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและความสะดวกสบายในการควบคุมอุปกรณ์ภายในบ้าน โดยสามารถแบ่งระบบออกเป็น 5 ระบบใหญ่ๆ ดังนี้

3.1.1 ระบบแสงสว่างภายในบ้าน เป็นส่วนที่ควบคุมระบบแสงสว่างภายในบ้าน โดยสามารถสั่งการทำงานได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และยังสามารถควบคุมได้จากสวิตช์ที่อยู่ในบริเวณหน้าบ้าน เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการทำงานของระบบ โดยแบ่งการติดตั้งหลอดไฟเป็น 2 ชั้น ที่ชั้น 1 จะมีหลอดไฟจำนวน 2 ดวง ชั้นที่ 2 มีหลอดไฟจำนวน 4 ดวง

3.1.2 ระบบแสงสว่างภายนอกบ้าน เป็นส่วนที่ควบคุมการทำงานของหลอดไฟ LED รอบบ้าน สามารถควบคุมการทำงานได้จากคอมพิวเตอร์ และ ระบบเซ็นเซอร์ซึ่งเซ็นเซอร์นี้จะตรวจจับว่าเป็นเวลากลางคืนจึงจะสั่งการให้หลอดไฟ LED ติด โดยจะติดตั้ง LED รอบบ้านจำนวน 5 ดวง

3.1.3 ระบบอัจฉริยะ เป็นส่วนเซ็นเซอร์ตรวจจับความร้อนที่เกิดขึ้น เมื่อเกิดความร้อนจนเกินค่าที่ได้ตั้งไว้ จะทำให้เซ็นเซอร์ตรวจจับได้ และ สั่งให้ลำโพงดังขึ้น และมีการแสดงสถานะว่าเกิดเพลิงไหม้ขึ้น ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์

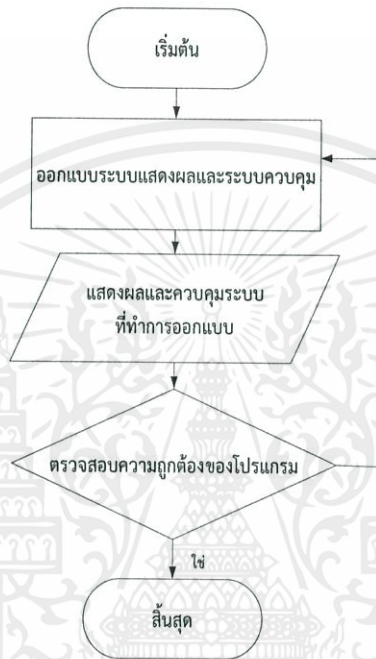
3.1.4 ระบบป้องกันขโมย เป็นส่วนเซ็นเซอร์ที่ตรวจจับขโมย โดยสามารถเปิด-ปิด โหมดการทำงานได้จากคอมพิวเตอร์ เมื่อเซ็นเซอร์ตรวจจับขโมยได้จะสั่งการให้ลำโพงดัง และที่หน้าจอก็จะมีสัญญาณแสดงสถานะการบุกรุกของขโมย โดยที่สามารถสั่งปิดการทำงานของลำโพงได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และสวิตช์ที่อยู่ในบริเวณหน้าบ้าน

3.1.5 ระบบพลังงานทดแทน เป็นส่วนของการพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ โดยในเวลากลางวันแผงโซลาร์เซลล์ที่อยู่บนหลังคาจะรับแสงอาทิตย์และผลิตกระแสไฟฟ้าชกเก็บเข้าแบตเตอรี่และในเวลากลางคืน LED ที่อยู่รอบบ้านจะเปิดเองโดยอัตโนมัติโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เป็นหลัก

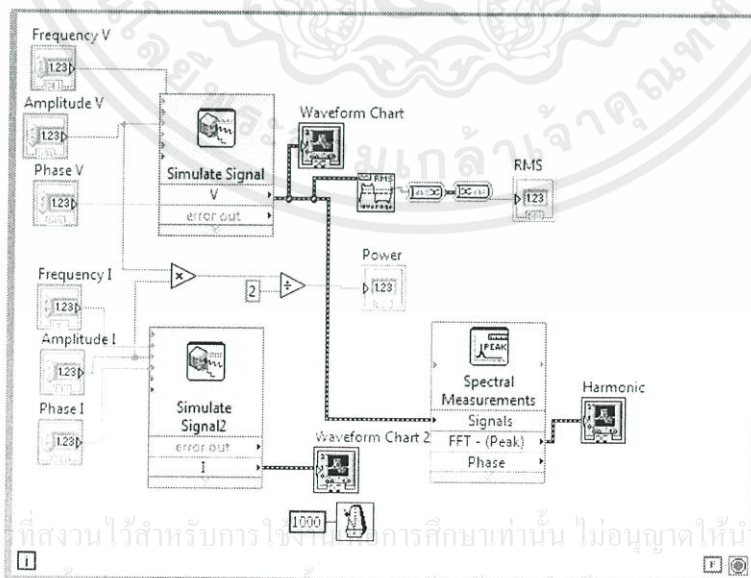
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

3.2 การออกแบบโปรแกรม

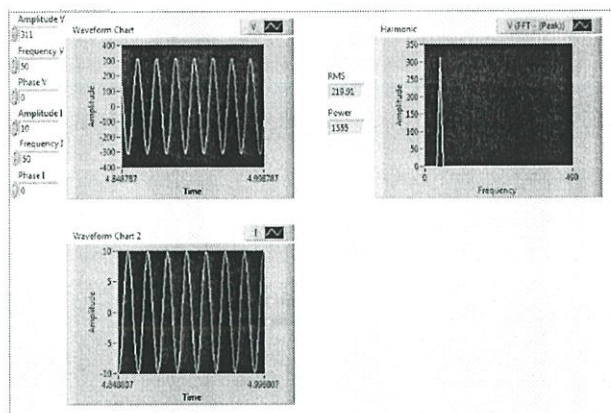
เป็นส่วนที่เปรียบเสมือนหัวใจของโปรแกรม หากออกแบบได้ดี จะมีความเร็วในการทำงาน และความถูกต้องแม่นยำที่สูง ดังนั้นในการออกแบบระบบควบคุมเริ่มต้นจะใช้ การสร้างสัญญาณจำลองในระบบไฟฟ้า Single Phase เพื่อความสะดวกในการทดสอบกับ ระบบการวัดที่ได้ ออกแบบ ทำการตรวจสอบความถูกต้อง และความแม่นยำของโปรแกรมเบื้องต้น โดยมี Flow Chart แสดงการทำงานดังรูป 3.2 และมี Block Diagram การทำงานดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 Flow Chart แสดงการทำงานการจำลองสัญญาณและควบคุม



รูปที่ 3.3 Block Diagram การทำงาน



รูปที่ 3.4 การปรับค่า Amplitude, Frequency, Phase ของสัญญาณ

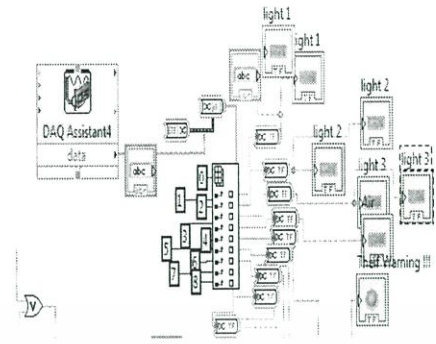
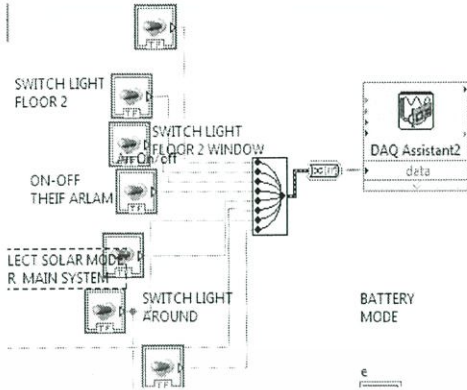
จากรูปที่ 3.4 สามารถสั่งการปรับค่า Amplitude, Frequency, Phase ของสัญญาณ และตรวจสอบผลที่คำนวณผ่านทางหน้าจอ Front Panel ซึ่งเมื่อตั้งค่า Amplitude สัญญาณ ที่ 311 V Frequency ที่ 50 Hz ตั้งค่าการ Sampling ที่ 50000sampling/second เพื่อให้โปรแกรมสามารถวิเคราะห์สัญญาณที่มีความถี่ได้ถึง 2500Hz (20sampling/cycle) โดยที่สัญญาณ ไม่มี Noise ซึ่งสามารถหาค่าแรงดัน rms ได้ที่ 219.91 V และแรงดันฮาร์มอนิกส์ จะเกิดที่ความถี่ 50 Hz เพียงตำแหน่งเดียวเท่านั้น ซึ่งผลการทดลองที่ได้ มีค่าใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการคำนวณ

เมื่อได้ทำการตรวจสอบข้อมูลถูกต้องแล้วจึงนำ ระบบควบคุมดังกล่าวไปใช้ร่วมกับระบบไฟฟ้า Three Phase โดยมีการเพิ่มการคำนวณของ Apparent Power Reactive Power Real Power THDi THDv การตรวจจับ Fault การบันทึกไฟล์และการอ่านไฟล์ เพื่อความเหมาะสมกับการนำไปใช้ในระบบไฟฟ้าจริง

3.2.1 ระบบควบคุมอัจฉริยะ ในส่วนนี้จะออกแบบการควบคุมเป็นหลายส่วนการทำงานเพื่อให้อาคารอัจฉริยะมีฟังก์ชันการทำงานที่เป็นอัตโนมัติมากขึ้น เพื่อช่วยต่อการจัดการบริหารพลังงาน และยังเพิ่มความสะดวกสบายกับการใช้ชีวิตอีกด้วย ทางผู้จัดทำได้จัดทำให้ระบบสามารถรับค่าและส่งค่าออกได้ เพิ่มความสามารถให้กับระบบทั้งเปิด-ปิดระบบแสงสว่าง, ระบบเตือนภัยต่างๆที่ จะมีสถานะการทำงานแสดงในหน้าจอแสดงผล

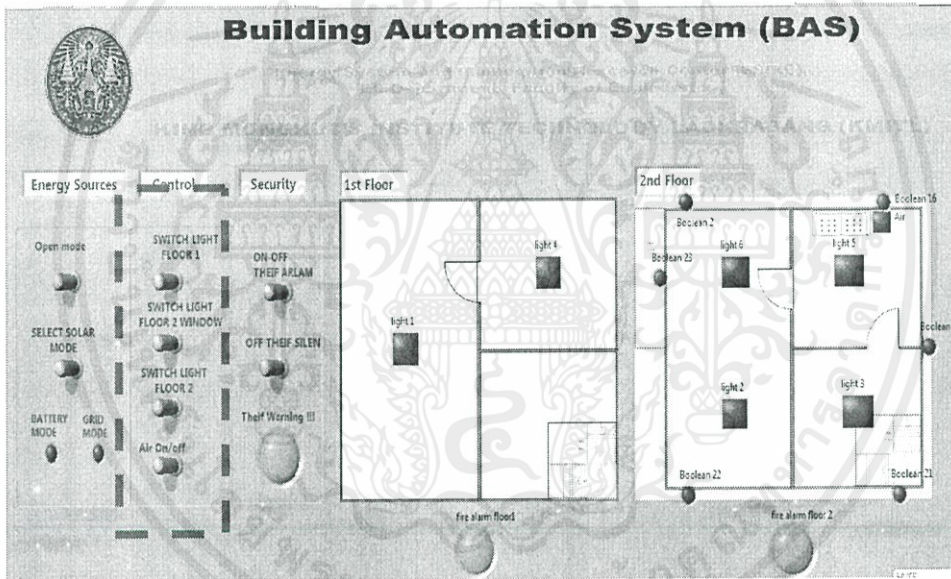
3.2.1.1 การสร้างส่วนควบคุมระบบอัตโนมัติ ผู้จัดทำได้ใช้ Port Digital output ในการสั่งเปิด-ปิดหลอดไฟในจุดต่างๆภายในบ้านจำลองและใช้ sensor แสงในการตรวจจับสถานะของหลอดไฟส่งค่าเข้า Port Digital input เพื่อแสดงสถานะของหลอดไฟ นอกจากระบบแสงสว่างแล้วระบบเตือนอัคคีภัย ระบบเตือนกันขโมยก็ใช้หลักการเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์งานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 การควบคุมผ่านพอร์ต Digital output

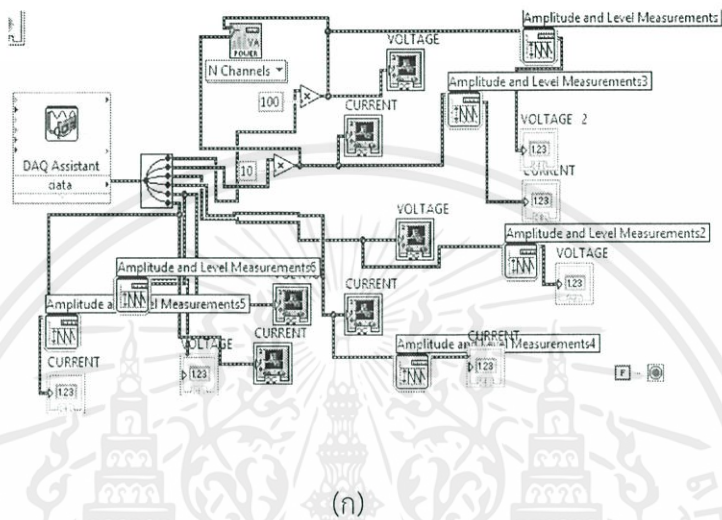
รูปที่ 3.5 การควบคุมผ่านพอร์ต Digital input



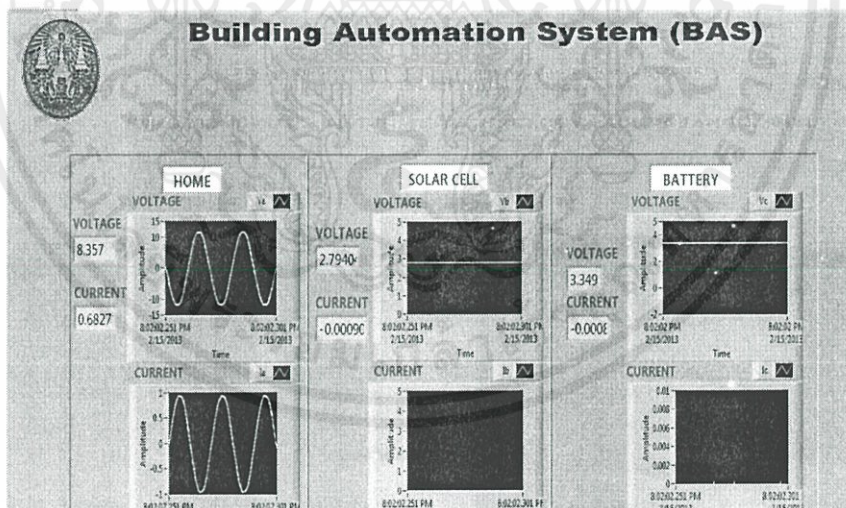
รูปที่ 3.7 ส่วนของโปรแกรมที่ถูกออกมาเพื่อสั่งการเปิด-ปิด load และแสดงสถานะของ load ภายในบ้าน

3.2.2 การสร้างหน้าจอแสดงผล ในส่วนหน้าจอแสดงผล จะออกแบบมาเพื่อแสดงค่าข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดเพื่อดูค่าพารามิเตอร์ต่างๆของระบบที่จะเป็นประโยชน์การวิเคราะห์ อาทิเช่น แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความถี่ สิ่งผิดปกติในระบบรวมถึงการแสดงในลักษณะของกราฟ วิเคราะห์ค่าฮาร์มอนิกส์ต่างๆ โดยแยกค่าพารามิเตอร์ต่างๆออกเป็นหมวดหมู่ในแต่ละหน้าเอกสาร Page เพื่อตรวจดูค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการ ซึ่งจะทำได้สามารถควบคุมระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ การคำนวณค่าต่างๆมากขึ้นโดยแบ่ง Page ออกเป็น 10 Page ซึ่งแต่ละ Page จะแสดงข้อมูลดังนี้

3.2.2.1 หน้าจอแสดงผลการใช้พลังงานของบ้านอัจฉริยะ หน้าจอแสดงผลนี้จะแสดงพลังงานที่มีการรับหรือจ่ายออกจากระบบอัจฉริยะ โดยจากภาพจะแบ่งเป็น 3ระบบคือ HOME , SOLAR CELL , BATTERY ซึ่งทั้งสามระบบจะเป็นส่วนสำคัญของบ้านคือ HOME จะแสดงพลังงานที่ใช้จ่ายโหลดในบ้าน SOLAR CELL จะแสดงค่าพลังงานเมื่อแผงโซลาร์เซลล์ได้รับแสงแดด แรงแดดจะสูงขึ้นมีกระแสเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นการบอกให้ทราบว่าตอนนี้โซลาร์เซลล์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เท่าไร ส่วนในระบบ BATTERY จะทำการแสดงพลังงานที่ถูกใช้จากแบตเตอรี่เพื่อไปจ่ายโหลด



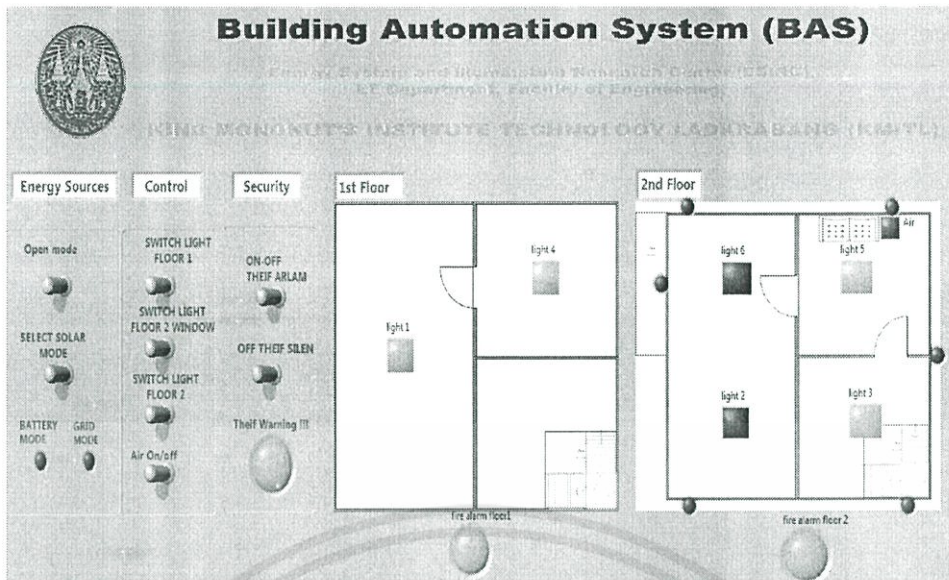
(ก)



(ข)

รูปที่ 3.8 การใช้พลังงานของบ้านอัจฉริยะ

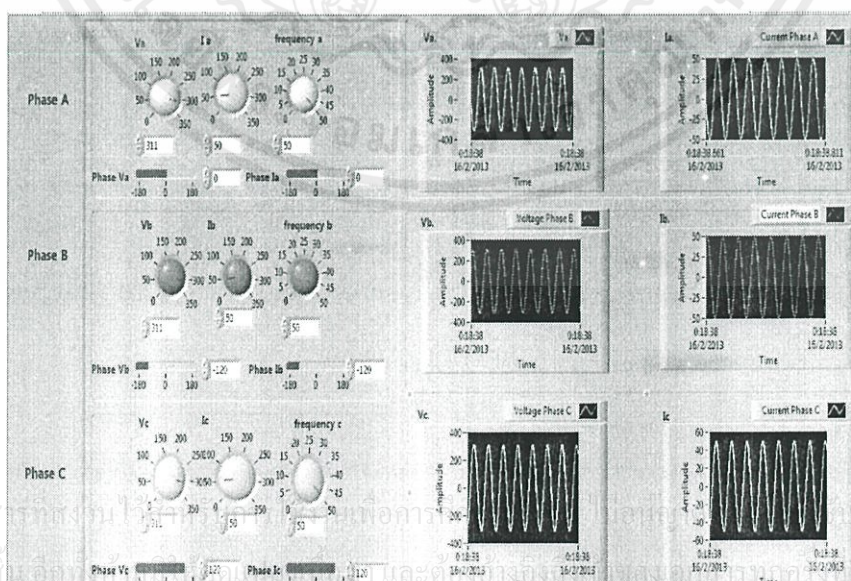
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ (ก) บล็อกไดอะแกรมการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และดัดแปลงอ้างอิงถึงตัวเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ (ข) หน้าจอแสดงผลการใช้พลังงานของบ้านอัจฉริยะ



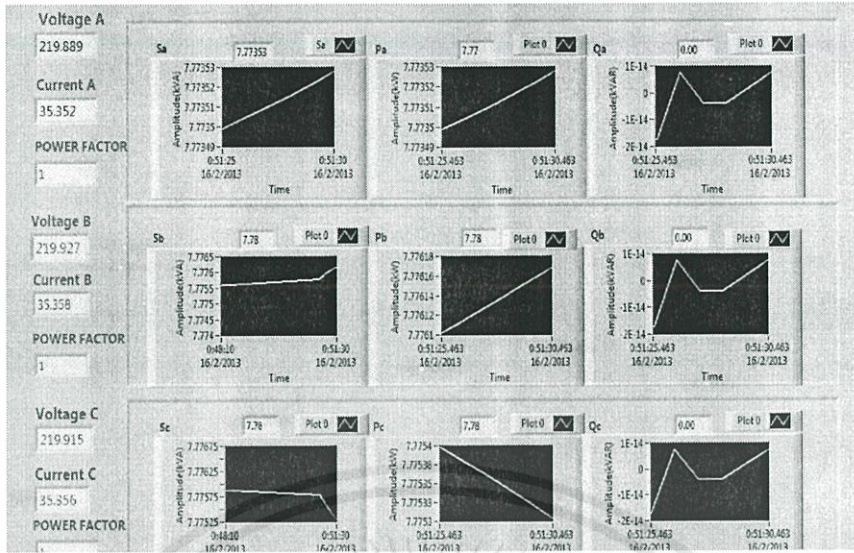
รูปที่ 3.9 หน้าจอการควบคุม และแสดงสถานะโหนดต่างๆภายในบ้าน

3.2.2.2 หน้าจอแสดงผลควบคุมการทำงานและแสดงผลของโหนดภายในบ้าน เป็นส่วนใช้สำหรับควบคุมการทำงานของโหนดพัดลม หลอดไฟภายในบ้าน สัญญาณเตือนไฟไหม้ สัญญาณกันขโมย และ ไซรอบบ้าน โดยมีไฟแสดงสถานะขึ้นแสดงบนหน้าจอเพื่อให้ผู้ใช้สามารถทราบถึงสถานะการทำงานของส่วนต่างๆ

3.2.2.3 หน้าจอแสดงข้อมูลและสัญญาณทางไฟฟ้าของแต่ละเฟส โดยจะแสดงข้อมูลแรงดันและกระแสของเฟส A B C โดยผู้ใช้งานต้องกรอกค่าสูงสุดความถี่ และมุมเฟสให้กับส่วนควบคุมทั้ง 3 เฟส กราฟด้านขวาจะแสดงกราฟของแรงดันและกระแสที่ถูกควบคุมโดยผู้ใช้



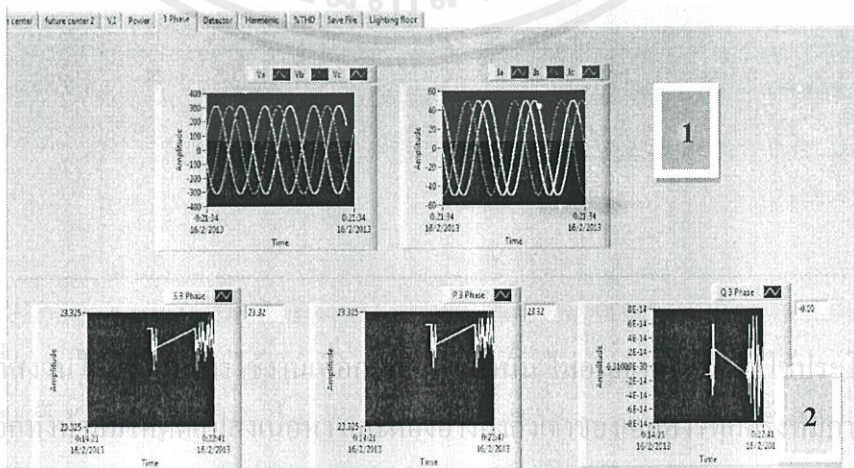
รูปที่ 3.10 หน้าจอแสดงผลสำหรับส่วนของการควบคุมแรงดัน กระแส ของเฟส A B C



รูปที่ 3.11 Apparent Power(kVA), Real Power(kW), Reactive Power(kVAR) ของเฟส A B และ C

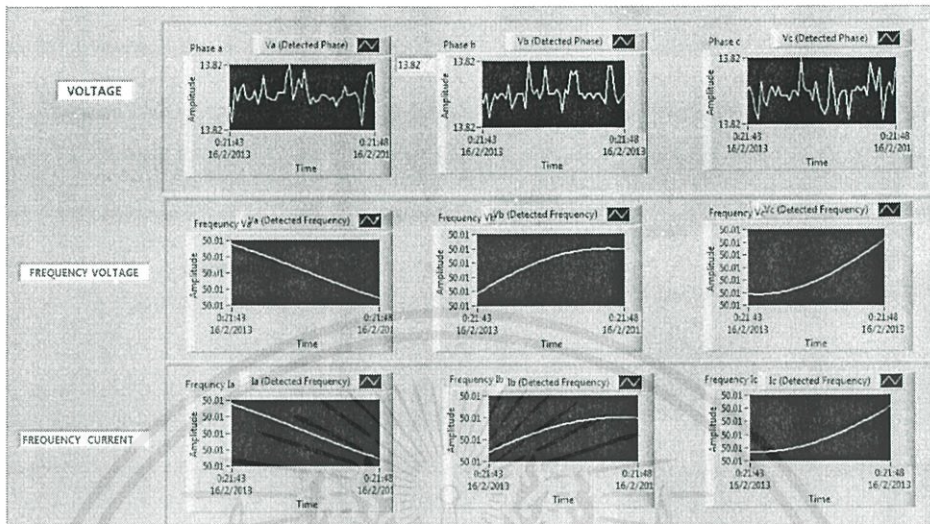
3.2.2.4 หน้าจอแสดงผลกำลังไฟฟ้าของไฟฟ้าสามเฟส เป็นหน้าจอแสดงผลสำหรับแสดงค่า Apparent Power (kVA) , Real Power (kW) , Reactive Power (kVAR) ของเฟส A B และ C ในรูปแบบ Real-Time ทำให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ได้ตลอดเวลา ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ และทราบสถานะของระบบ

3.2.2.5 หน้าจอแสดงข้อมูลและสัญญาณทางไฟฟ้าสามเฟส ในส่วนที่ 1 ของการแสดงผลของข้อมูลแรงดันและกระแสเฟส A B และ C ภายในกราฟเดียว ทำให้ผู้ใช้สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเฟส เช่น ขนาดกราฟ มุมเฟสของแต่ละกราฟ ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ภายในแต่ละเฟส จะใช้สีของกราฟเป็นตัวบ่งบอกเฟส ส่วนที่ 2 จะแสดงกำลังไฟฟ้า(S,P,Q) รวมทั้ง 3 เฟสโดยจะใช้ค่ากำลังไฟฟ้าทั้ง3 เฟสรวมกัน และแสดงผลออกมาในรูปแบบของกราฟ



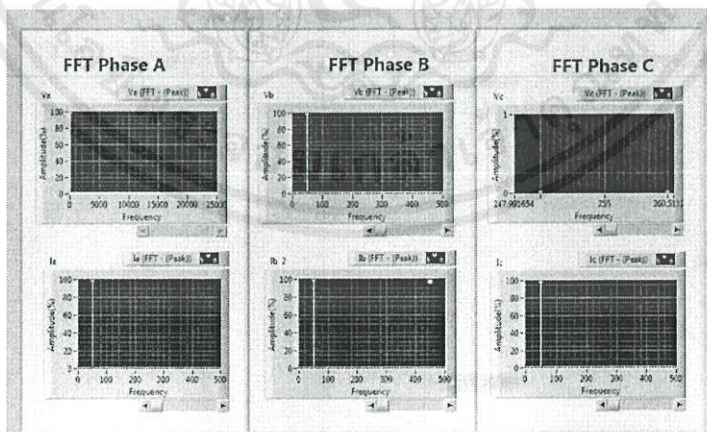
รูปที่ 3.12 แสดงผลของข้อมูลแรงดันและกระแสเฟส A B และ C ภายในกราฟเดียว

3.2.2.6 หน้าจอแสดงผลการตรวจวัดค่ามูมเฟสสามเฟส หน้าจอแสดงผลของการตรวจวัดค่า Phase Frequency ของแรงดัน และ กระแสทั้ง 3 เฟส ซึ่ง ในPage นี้จะใช้ในการตรวจวัดค่าที่ได้จาก DAQ (Data Acquisition Board) ซึ่งเป็นการเชื่อมกับอุปกรณ์เพื่อใช้งานจริง



รูปที่ 3.13 แสดงผลของการตรวจวัดค่าPhase Frequency ของแรงดัน และ กระแสทั้ง 3 เฟส

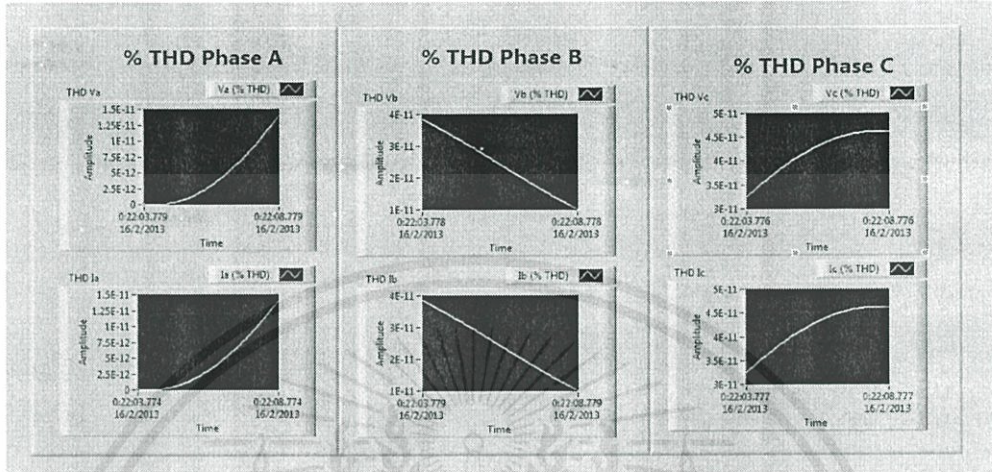
3.2.2.7 หน้าจอวิเคราะห์ผลทางฮาร์โมนิกหน้าจอ หน้าจอนี้จะแสดงผลของ Harmonic ของกระแส แรงดัน เฟส A B และ C โดยจะใช้บล็อก FFT(Fast Fourier Transform) ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยค่าที่แสดงผลจะออกมาในรูปของเปอร์เซ็นต์ หากสัญญาณที่เข้ามาเป็นสัญญาณที่ไม่มีการรบกวนจะมีค่าเพียงตำแหน่ง Fundamental Frequency ถ้าหากมีสัญญาณที่มีการรบกวนเข้ามา จะเกิดฮาร์โมนิกส์ที่ตำแหน่งของกราฟในลำดับที่ต่างๆ ขึ้นอยู่กับขนาดของสัญญาณรบกวน



รูปที่ 3.14 แสดงผลของ Harmonic ของกระแส แรงดัน เฟส A B และ C

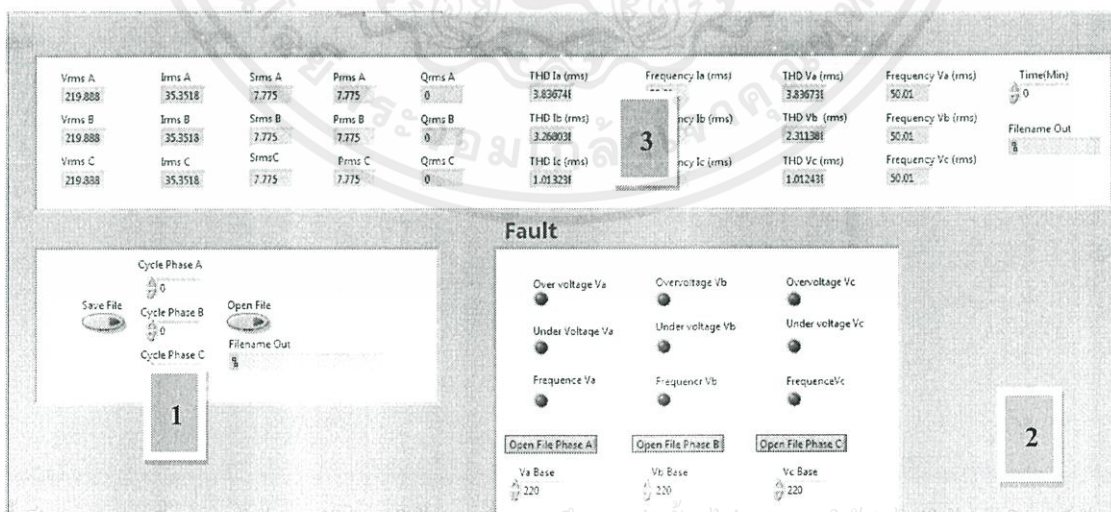
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.8 หน้าจอวิเคราะห์ผลความผิดเพี้ยนของลูกคลื่นแรงดันและกระแส ส่วนของการรับสัญญาณและทำการคำนวณค่า %THD (Total Harmonic Distortion) หรือค่าความผิดเพี้ยนของกระแสและแรงดัน ภายในเฟส A B และ C โดยค่า %THD ถ้ามีค่ามาก จะบ่งบอกถึงกราฟสัญญาณมีค่าผิดเพี้ยนไปจากรูปกราฟ Sine Wave มาก



รูปที่ 3.15 ค่าความผิดเพี้ยนของกระแสและแรงดัน ภายในเฟส A B และ C

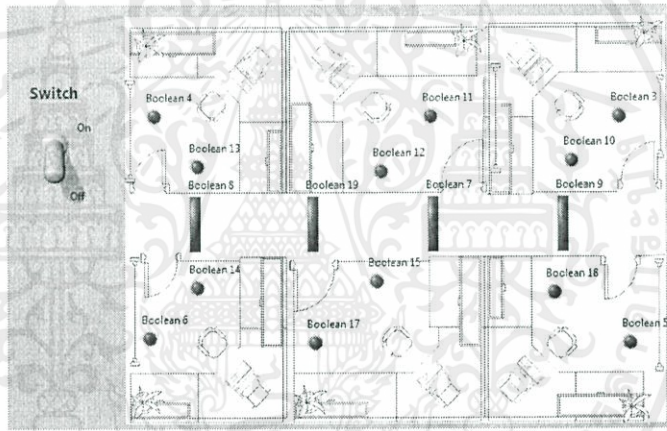
3.2.2.9 หน้าจอแสดงผลการบันทึกข้อมูลเป็นหน้าสำหรับการสั่งบันทึกข้อมูล หน้าจอนี้จะแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆและสถานะของระบบ ตรวจสอบความผิดปกติของทางไฟฟ้า ชนิดของความผิดปกติทางไฟฟ้า โดยมีการบันทึกใน 3 ลักษณะดังนี้. การบันทึกตามจำนวนลูกคลื่นที่กำหนด, การบันทึกแรงดันและกระแส ความถี่เมื่อเกิดความผิดปกติทางไฟฟ้าขึ้นในระบบ ,การบันทึกค่าพารามิเตอร์ ตามเวลาที่กำหนดไฟล์ที่บันทึกจะถูกจัดเก็บภายในโฟลเดอร์ที่ File name Output



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.16 หน้าจอแสดงส่วนของการบันทึกไฟล์

3.1.2.10 หน้าจอจำลองการทำงานของโปรแกรมเมื่อเกิดความผิดปกติของพลังงานไฟฟ้า เป็นส่วนหน้าจอแสดงผลสถานะ การทำงานของระบบแสงสว่างในอาคาร ไฟจะติดครบทุกเมื่อผู้ใช้เปิดสวิตช์ (on) หากมีความผิดปกติเกิดขึ้นไฟจะถูกดับบางส่วนการแสดงผลสถานะความผิดปกติของพลังงานไฟฟ้า จาก รูปที่ 3.16 ส่วนที่ 2 มีหน้าที่แสดงสถานะความผิดปกติของพลังงานไฟฟ้าในระบบ ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งจำเป็นต่อการควบคุมในระบบและป้องกันอุปกรณ์ไม่ให้เกิดความเสียหายจากความผิดปกติของพลังงานไฟฟ้าในระบบ เมื่อเกิดความผิดปกติของพลังงานไฟฟ้าในระบบอุปกรณ์ป้องกันจะต้องทำการการตัดวงจรได้อย่างทันเวลาเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายและสถานะ การเตือนจะต้องถูกต้องแม่นยำ ในรูปมีการแสดงผลสถานะเตือนเมื่อเกิด overvoltage, undervoltage และ frequency ความผิดปกติของพลังงานไฟฟ้าเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของระบบ เมื่อผู้ควบคุมเห็นสถานะดังกล่าวจะต้องดำเนินการแก้ไขปัญหาเพื่อให้ระบบยังคงมีเสถียรภาพค่าที่จะใช้เปรียบเทียบว่าเป็น overvoltage หรือ undervoltage ดูจากค่ามาตรฐาน ใน IEEE เป็นค่า p.u. โดยผู้ใช้สามารถป้อนค่าแรงดันโปรแกรมจะทำการเปรียบเทียบและวิเคราะห์และดำเนินการตามเงื่อนไขต่อไป



รูปที่ 3.17 แสดงสถานะของระบบแสงสว่างภายในชั้น

จากรูปที่ 3.17 เป็นการแสดงผลสถานะของระบบแสงสว่างภายในชั้น ซึ่งจะระบุตำแหน่งหลอดไฟเพื่ออำนวยความสะดวกในการควบคุม ในกรณีที่เกิดสิ่งผิดปกติหรือต้องการเปิด-ปิดหลอดไฟภายในชั้นนี้สามารถทำได้จากห้องคอนโทรล และสถานะในของระบบแสงสว่างจะถูกแสดงที่หน้าจอแสดงผลค่า และมีการเพิ่มระบบควบคุมอัตโนมัติในเรื่องกรณีเกิดแรงดันต่ำ เป็นตัวบอกสถานะของระบบว่า ณ เวลานั้น แหล่งจ่ายในระบบไม่เพียงพอต่อ Load จะเห็นดังรูปด้านขวาคือมีการปิดหลอดไฟในบริเวณที่ไม่จำเป็นเช่นบริเวณริมหน้าต่างของอาคารสำนักงานและไฟทางเดินโดยอัตโนมัติเมื่อเกิดแรงดันต่ำ

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

3.2.3 ระบบบันทึกพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า

โดยระบบนี้จะทำการบันทึกค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่มีความสำคัญทางไฟฟ้า เช่น แรงดัน กระแส ฮาร์โมนิกส์ กำลังไฟฟ้า ซึ่งในส่วนของแรงดัน และกระแส จะมีส่วนของการบันทึกตามจำนวนลูกคลื่นที่ต้องการเพื่อสามารถนำไปเพื่อใช้วิเคราะห์ความผิดปกติทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้น และยังมีส่วนของการอ่านข้อมูลที่เก็บค่าได้ผ่านโปรแกรม

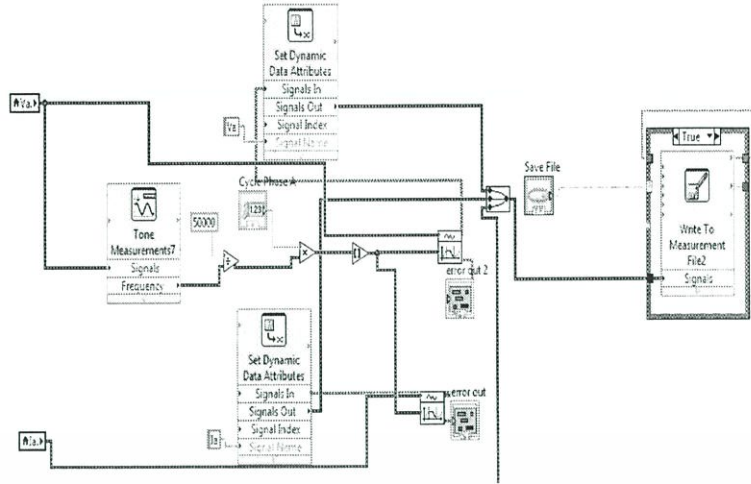
3.2.3.1 การบันทึกข้อมูล เป็นส่วนที่สามารถนำค่าต่างๆ ที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน มาบันทึกอยู่ในไฟล์ .TDMS เป็นชนิด Binary File ผ่านบล็อก Write to Measurement File ซึ่งเป็นบล็อกที่สะดวกในการใช้งาน สามารถปรับรูปแบบการบันทึกไฟล์ได้หลากหลายรูปแบบ เช่น ขนาดไฟล์ที่ต้องการบันทึก ตำแหน่งที่อยู่ของไฟล์ที่ต้องการบันทึก เป็นต้น โดยที่การบันทึกข้อมูลในโปรแกรมชุดนี้ จะทำให้ผู้ใช้สามารถบันทึกข้อมูลเพื่อดูลักษณะกราฟแรงดันและกระแส ที่จำนวน Cycle ต่างๆ ตรวจสอบการเกิด Fault ของระบบ หรือ บันทึกประวัติการใช้ไฟฟ้าในแต่ละวัน นำมาพล็อตกราฟ เพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในแต่ละวันและนำไปปรับปรุงแก้ไขเพื่อความเหมาะสมสูงสุดสามารถแบ่งการบันทึกข้อมูลได้เป็น 3 ลักษณะดังนี้

- 1.การบันทึกตามจำนวน Cycle ที่กำหนด
- 2.การบันทึกแรงดันและกระแส ความถี่ เมื่อเกิดความผิดปกติของทางไฟฟ้าขึ้นในระบบ
- 3.การบันทึกค่าพารามิเตอร์ ตามเวลาที่กำหนด

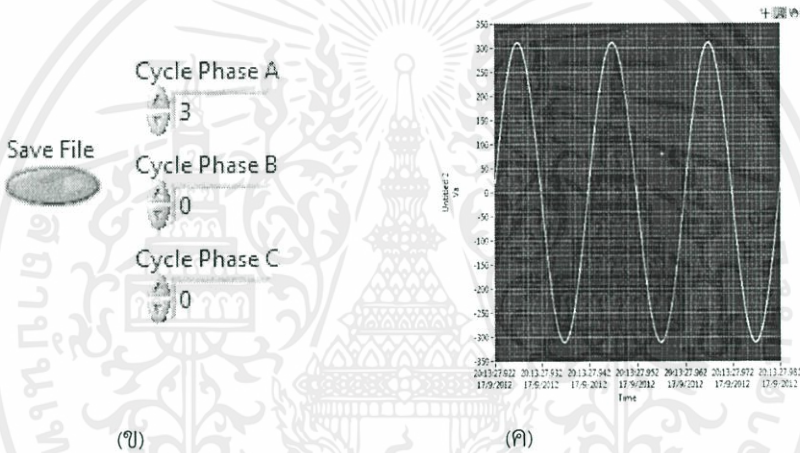
1. การบันทึกตามจำนวน Cycle ที่กำหนด เป็นการบันทึกกราฟแรงดันและกระแสในแต่ละเฟส โดยผู้ใช้สามารถกำหนดจำนวน Cycle ที่ต้องการบันทึกในแต่ละเฟสได้ เมื่อ กดปุ่ม Save File ปุ่มจะมีสีเขียวอ่อนแสดงผลว่าได้รับคำสั่งแล้ว และไฟจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวแก่ เมื่อโปรแกรมได้ทำการบันทึกไฟล์เสร็จ โดยที่หลักการคำนวณ Cycle ที่จะทำการบันทึก จะใช้หลักการคำนวณจากจำนวน Sample ต่อ Cycle เมื่อกำหนดจำนวน Cycle แล้วโปรแกรมจะทำการคำนวณเป็น จำนวน Sample เพื่อใช้ในการดึงค่าสัญญาณที่ Sample ต่างๆ เพื่อมาแสดงในรูปกราฟ ดังรูปที่

3.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"



(ก)

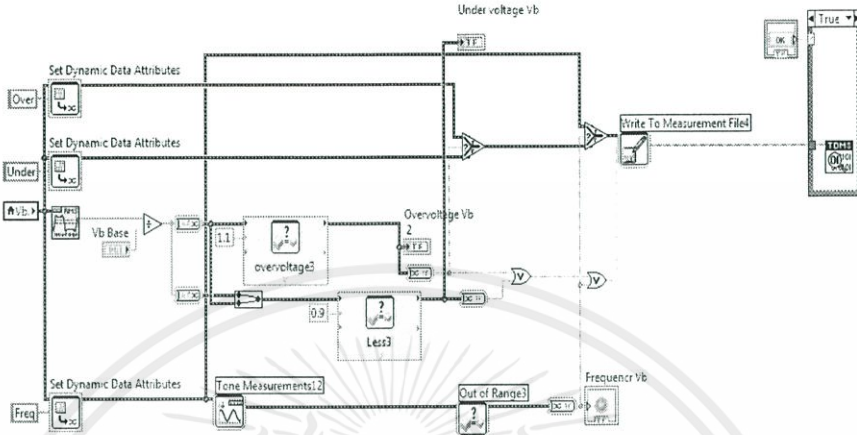


รูปที่ 3.18 การบันทึกกราฟแรงดันและกระแส ในแต่ละเฟส

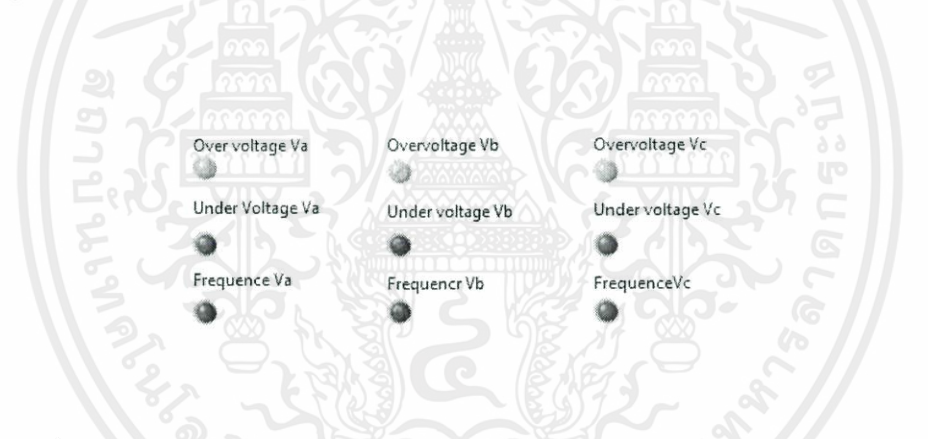
- (ก) บล็อกไดอะแกรมของโปรแกรมการบันทึกค่าตามจำนวน ไซเคิล
- (ข) ช่องกรอกจำนวนไซเคิลในการบันทึก
- (ค) กราฟที่ได้จากการบันทึก

2. การบันทึกแรงดันและกระแสเมื่อเกิดความผิดปกติทางไฟฟ้าขึ้นในระบบในการบันทึกไฟล์ จะใช้หลักการการบันทึกเมื่อ เกิดความผิดปกติทางไฟฟ้า เช่น Overvoltage, Undervoltage, frequency fluctuation โดยจะมีหลอดไฟแสดงผล (Boolean) ใช้สำหรับกำกับสถานะของการเกิดความผิดปกติทางไฟฟ้าในแต่ละชนิด เมื่อเกิดความผิดปกติขึ้น หลอดไฟจะติด (ไฟสีเขียวอ่อน) เมื่อสถานะปกติหลอดไฟจะดับ(ไฟสีเขียวแก่) ดังรูปที่ 3.21 ใช้หลักการคำนวณด้วยวิธีเปอร์ยูนิตเพื่อความสะดวก โดยผู้จะเป็นผู้กำหนดค่าฐานของระบบที่ต้องการ โปรแกรมจะทำการค่าเปอร์ยูนิต และนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานตาม IEEE มีบล็อกไดอะแกรมการคำนวณ Per Unit และเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานดังรูป3.19 โดยที่โปรแกรมจะทำการบันทึกไฟล์ทันทีที่เกิด

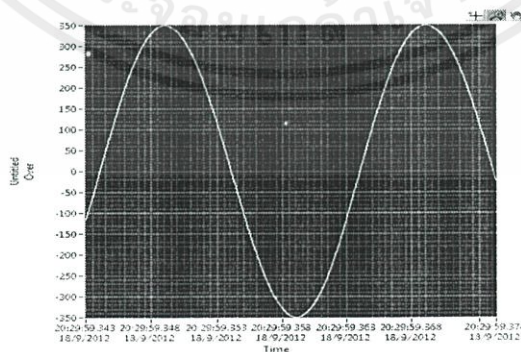
ความผิดปกติ และจะหยุดบันทึกเมื่อสถานะของระบบไฟฟ้ากลับสู่ปกติ ตัวอย่าง หากเกิดกรณีความผิดปกติทางไฟฟ้าชนิด Overvoltage ที่เฟส A B และ C สัญญาณลวดไฟเฟส A B และ C จะมีสีเขียวอ่อน โปรแกรมจะทำการบันทึกความผิดปกติที่เกิดขึ้นจนถึงเวลาที่ความผิดปกติที่เกิดขึ้นหมดไป และแสดงผลออกมาเป็นกราฟดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.19 บล็อกไดอะแกรมการคำนวณ Per Unit และเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน



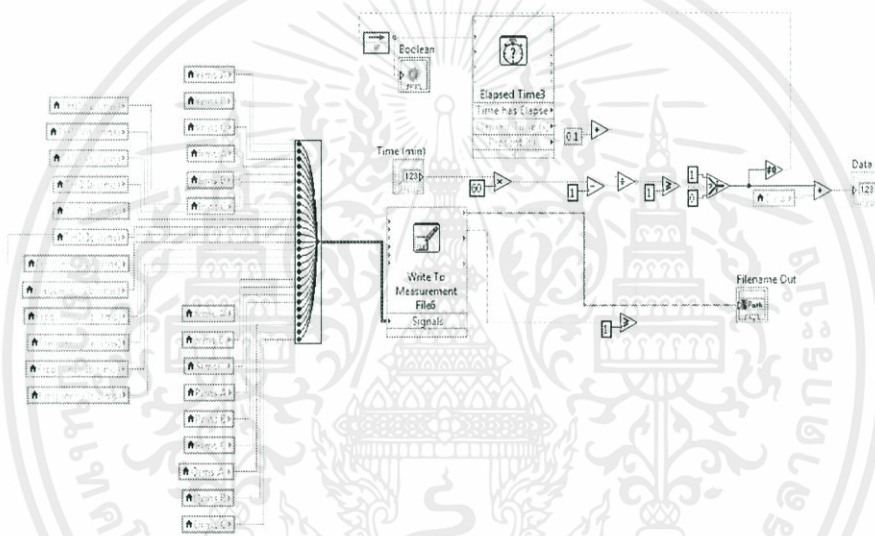
รูปที่ 3.20 สถานะของการเกิดความผิดปกติทางไฟฟ้าในแต่ละชนิด



รูปที่ 3.21 การบันทึกความผิดปกติที่เกิดขึ้นจนถึงเวลาที่ความผิดปกติที่เกิดขึ้นหมดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต หากมีการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต ผู้ใช้จะรับผิดชอบต่อการใช้งานที่ไม่ถูกต้อง หากมีข้อสงสัย กรุณาติดต่อฝ่ายสนับสนุนลูกค้า

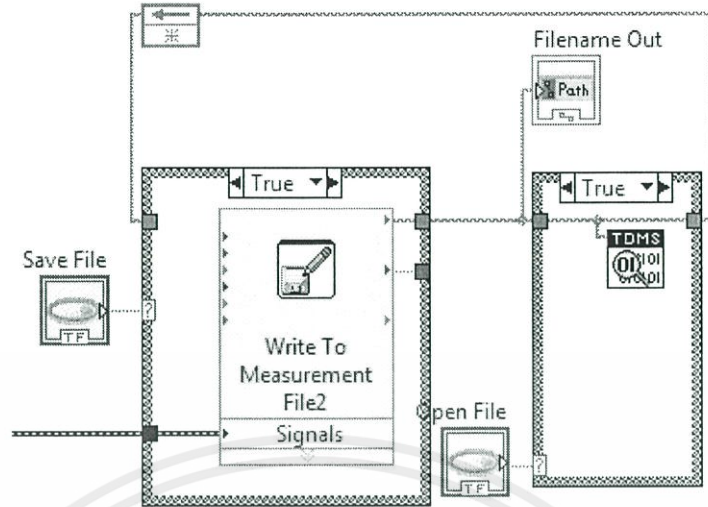
3. การบันทึกค่าพารามิเตอร์ ตามเวลาที่กำหนด การบันทึกค่าพารามิเตอร์ ตามเวลาที่กำหนดจะทำงานโดยที่ผู้ใช้จะเป็นผู้กำหนดเวลาที่ต้องการเก็บบันทึกค่าในหน่วยนาที่ โปรแกรมรับค่าเวลาที่กำหนดแล้วจะทำการนับเวลาเมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้จะทำการเก็บค่าพารามิเตอร์ต่างๆไว้ โดยที่จะเก็บเป็นค่า Rms โดยในการเก็บค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ จะทำให้สามารถศึกษาพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า ประสิทธิภาพของระบบที่เวลาต่างๆ และทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ระบบมีเสถียรภาพมากขึ้น ซึ่งในการนำไปใช้งานจริงจะทำการตั้งเวลาการบันทึกค่าพารามิเตอร์ไว้ที่ 1 ชั่วโมง ซึ่งใน 1 วันจะบันทึก 24 ครั้ง ซึ่งข้อดีของการบันทึกในลักษณะนี้คือจะใช้พื้นที่ที่จัดเก็บข้อมูลที่น้อย แต่จะได้ข้อมูลที่เพียงพอต่อการศึกษาดูพฤติกรรมไฟฟ้า



รูปที่ 3.21 การบันทึกค่าพารามิเตอร์ ตามเวลาที่กำหนด

จากรูปที่ 3.22 เมื่อโปรแกรมทำการนับเวลาครบตามที่ผู้ใช้กำหนด Local Variable ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จะทำการส่งข้อมูลเข้าไปยัง Write to Measurement File เพื่อทำการบันทึกข้อมูล เมื่อทำการบันทึกเสร็จ จะส่งตำแหน่งที่อยู่ของไฟล์ที่ Filename Out

3.2.3.2 การอ่านข้อมูล (Read File) ส่วนของการอ่านข้อมูลที่บันทึกในโปรแกรมแลปวิว เนื่องจากในโปรแกรมใช้การบันทึกไฟล์โดยใช้นามสกุล *.TDMS จึงใช้บล็อก TDMS Viewer ในการอ่านไฟล์ที่ได้จากการบันทึก ซึ่งข้อดีของการอ่านไฟล์ด้วยบล็อก TDMS Viewer คือ มีความสะดวกในการอ่านค่าและภายในบล็อกจะทำการพล็อตกราฟให้โดยอัตโนมัติ เนื่องจากการบันทึกข้อมูล จะแบ่งการบันทึกข้อมูลออกเป็น 3 ชนิด จึงต้องมีส่วนบล็อกไดอะแกรมสำหรับอ่านไฟล์ของข้อมูลที่ถูกบันทึกทั้ง 3 ชนิด แต่จะใช้หลักการเขียนบล็อกไดอะแกรมที่คล้ายกัน



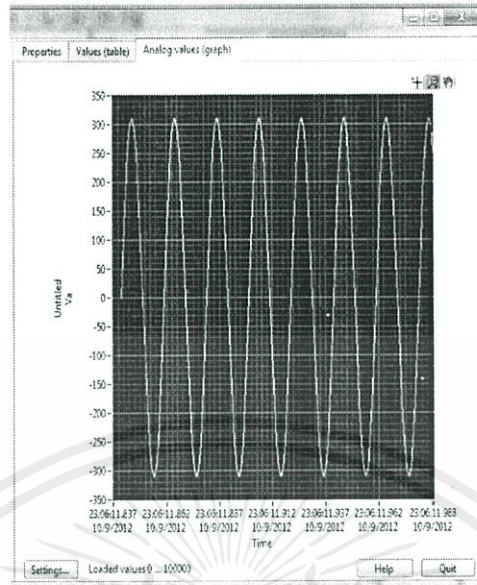
รูปที่ 3.22 ส่วนของการอ่านข้อมูล

จากรูปที่ 3.23 เมื่อข้อมูลได้ถูกบันทึกแล้ว บล็อก Write To Measurement File2 จะทำการส่ง ตำแหน่งที่อยู่ของไฟล์เข้าไปยัง Case structure ส่วนของ TDMS Viewer เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Open File เงื่อนไขของ Case Structure จะเปลี่ยนเป็น True TDMS Viewer จะทำการอ่านไฟล์ที่ บล็อก Write To Measurement File2 ส่งเข้ามา โดยการอ่านไฟล์จะแสดงผลออกมาเป็นหน้าจออีกชนิดหนึ่ง ดังรูปที่ 3.24 ซึ่งจะมีการแบ่งค่าตามแกน X Y และส่วนของการแสดงผลอยู่ในรูปของ Analog Value(Graph) รูปที่ 3.25

The screenshot shows the 'TDMS File Viewer' window. The 'File contents' pane on the left shows a tree view of the file structure. The 'Properties' pane shows the selected file's details. The 'Values (table)' pane displays a table of data points. The 'Analog values (graph)' pane shows a graph of the data points.

Time	Untitled Va	Untitled Vb	Untitled Vc	Untitled Ia	Untitled Ib	Untitled Ic
10/9/2012 23:06:11.841	0.000000	-259.333901	259.333901	0.000000	-43.301270	43.301270
10/9/2012 23:06:11.842	96.104285	-304.203904	208.099619	15.450650	-48.907380	33.456530
10/9/2012 23:06:11.843	182.801213	-309.296309	126.495906	29.329263	-49.726095	20.336832
10/9/2012 23:06:11.844	251.604285	-284.112637	32.508352	40.450850	-45.677273	5.226423
10/9/2012 23:06:11.845	295.778577	-231.118041	-64.660536	47.552826	-37.157241	-10.395585
10/9/2012 23:06:11.846	311.000000	-155.500000	-155.500000	50.000000	-25.000000	-25.000000
10/9/2012 23:06:11.847	295.778577	-64.660536	-231.118041	47.552826	-10.395585	-37.157241
10/9/2012 23:06:11.848	251.604285	32.508352	-284.112637	40.450850	5.226423	-45.677273
10/9/2012 23:06:11.849	182.801213	126.495906	-309.296309	29.329263	20.336832	-49.726095
10/9/2012 23:06:11.850	96.104285	208.099619	-304.203904	15.450650	33.456530	-48.907380
10/9/2012 23:06:11.851	9.279913E-14	269.333901	-269.333901	1.280746E-14	43.301270	-43.301270
10/9/2012 23:06:11.852	-96.104285	304.203904	-208.099619	-15.450850	49.726095	-20.336832
10/9/2012 23:06:11.853	-182.801213	309.296309	-126.495906	-29.329263	45.677273	-5.226423
10/9/2012 23:06:11.854	-251.604285	284.112637	-32.508352	-40.450850	37.157241	10.395585
10/9/2012 23:06:11.855	-295.778577	231.118041	64.660536	-47.552826	19.395585	37.157241
10/9/2012 23:06:11.856	-311.000000	155.500000	155.500000	-50.000000	25.000000	25.000000
10/9/2012 23:06:11.857	-295.778577	64.660536	231.118041	-47.552826	10.395585	37.157241
10/9/2012 23:06:11.858	-251.604285	-32.508352	284.112637	-40.450850	-5.226423	45.677273
10/9/2012 23:06:11.859	-182.801213	-126.495906	309.296309	-29.329263	-20.336832	49.726095
10/9/2012 23:06:11.860	-96.104285	-208.099619	304.203904	-15.450850	-33.456530	48.907380
10/9/2012 23:06:11.861	-1.882511E-13	-269.333901	269.333901	-2.693679E-14	-43.301270	43.301270
10/9/2012 23:06:11.862	96.104285	-304.203904	208.099619	15.450650	-48.907380	33.456530
10/9/2012 23:06:11.863	182.801213	-309.296309	126.495906	29.329263	-49.726095	20.336832
10/9/2012 23:06:11.864	251.604285	-284.112637	32.508352	40.450850	-45.677273	5.226423
10/9/2012 23:06:11.865	295.778577	-231.118041	-64.660536	47.552826	-37.157241	-10.395585
10/9/2012 23:06:11.866	311.000000	-155.500000	-155.500000	50.000000	-25.000000	-25.000000

รูปที่ 3.24 แสดงผลของการอ่านไฟล์



รูปที่ 3.23 การแสดงผลอยู่ในรูปของ Analog Value(Graph)

3.2.4 ระบบตรวจจับอัจฉริยะ

ในส่วนนี้จะใช้ตรวจจับความผิดปกติที่เกิดขึ้นในบ้าน ซึ่งเป็นส่วนเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้อยู่อาศัย โดยที่ระบบสามารถแจ้งเตือนไปยังหน้าจอคอมพิวเตอร์ และ แจ้งเตือนผ่านลำโพงที่ติดตั้งภายในบ้าน

3.2.4.1 ระบบเตือนอัคคีภัย ใช้หลักการตรวจจับความร้อนที่เกิดขึ้นในบ้าน เมื่อเกิดไฟไหม้ขึ้น ลำโพงเตือนภัยจะดัง และจะไม่หยุดจนกว่าความร้อนจะหมดไป

3.2.4.2 ระบบสัญญาณกันขโมย เป็นส่วนของการตรวจจับขโมย เมื่อมีการบุกรุกเกิดขึ้นในบ้าน ลำโพงที่ติดตั้งอยู่ในบ้านจะดังขึ้น และยังทำให้ไฟสถานะที่คอมพิวเตอร์แสดงผลเป็นสีแดงสลับเขียวแก่

3.2.5 ระบบตัดสินใจอัจฉริยะ

3.2.5.1 ระบบเลือกโหมด เป็นระบบที่ใช้สำหรับเลือกโหมดการทำงานระหว่างการใช้ไฟจากแบตเตอรี่ซึ่งรับพลังงานไฟฟ้ามาจากแผงโซลาร์เซลล์ในช่วงกลางวันเพื่อจ่ายให้กับหลอดไฟ LED หรือใช้ไฟจากการไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้กับหลอดไฟ LED โดยโปรแกรมจะปกติไฟรอบบ้านจะใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ แต่หากอยู่ในสถานะที่แบตเตอรี่มีพลังงานสะสมอยู่เพียง 70 % โปรแกรมจะสั่งการให้หลอดไฟรอบบ้านดึงพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้า ซึ่งเป็นการประหยัดพลังงานภายในตัวบ้าน

3.2.6 การควบคุมระยะไกลผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ผู้จัดทำได้นำโปรแกรม TeamViewer มาประยุกต์เพื่อให้โปรแกรมแลปวิว ทำให้สามารถควบคุมระยะไกลได้ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

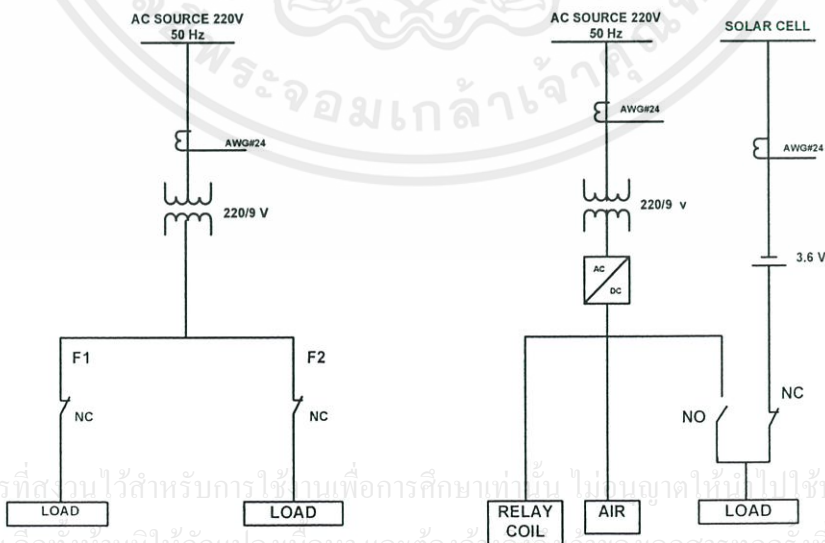
จะสามารถควบคุมเปิด-ปิด ไฟหรือระบบต่างๆภายในอาคารระยะไกลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตโดยอาจจะใช้การควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ มือถือ หรือแท็บเล็ตของผู้ใช้ ซึ่งทั้งสองเครื่องจะต้องลงโปรแกรม Team Viewer และทำการเชื่อมต่อ โดยจากรูป 3.28 เมื่อมีการเชื่อมต่อผ่านระบบอินเทอร์เน็ตแล้ว หน้าจอที่แสดงผลจะเหมือนกันทั้งในคอมพิวเตอร์และแท็บเล็ตทำให้สามารถควบคุมและดูสถานะอุปกรณ์ต่างๆได้จากระยะไกล



รูปที่ 3.24 การควบคุมระยะไกลผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

3.3 การออกแบบอุปกรณ์

เมื่อต้องการให้ระบบสามารถใช้งานได้จริง ทางผู้จัดทำได้ทำระบบอาคารอัจฉริยะจำลองระบบต่างๆใส่ในบ้านอัจฉริยะเพื่อจำลองฟังก์ชันการใช้งานโดยมีการออกแบบอุปกรณ์ที่หลากหลายเพื่อตอบสนองความเป็นอัจฉริยะของอาคารโดยมีการออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคารดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.25 one line diagram ของบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ถูกออกแบบไว้โดยบ้านอัจฉริยะนี้จะมีฟังก์การใช้งานคือ สามารถเปิด-ปิดระบบแสงสว่างได้จากห้องควบคุม สวิตช์ และ Smart Phone , ระบบการเตือนอัคคีภัย , ระบบสัญญาณกันขโมย , ระบบเปิด-ปิดไฟรอบบ้านอัตโนมัติ ซึ่งฟังก์ชันการใช้งานเหล่านี้ต้องใช้อุปกรณ์ที่ตอบสนองกับโปรแกรมที่เขียนไว้ก่อนหน้านี้ ทางผู้จัดทำได้จัดทำชุดอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

3.3.1 อุปกรณ์การวัด

3.3.2 อุปกรณ์ควบคุมอัจฉริยะ

3.3.3 อุปกรณ์ตัดสินใจอัจฉริยะ

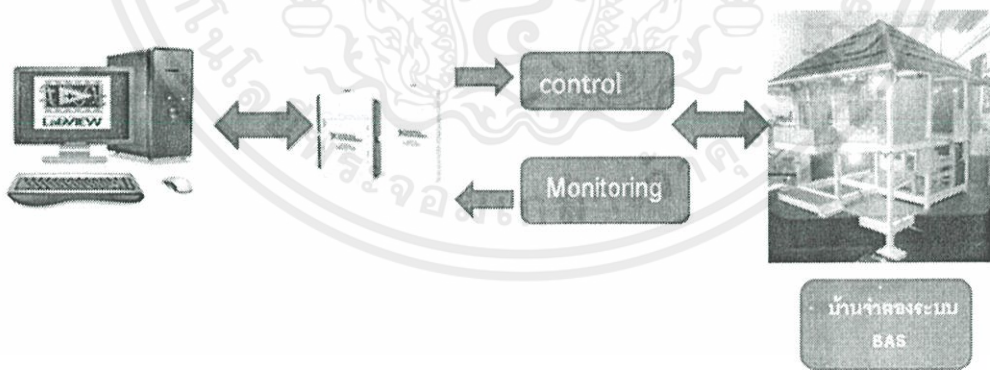
3.3.4 อุปกรณ์เซ็นเซอร์

3.3.5 อุปกรณ์ตรวจจับสถานะโหลด

โดยนำชุดอุปกรณ์นี้มาเชื่อมต่อกันก่อนที่จะนำสัญญาณเข้า DAQ จากนั้นต่อสาย USB จาก DAQ เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อนำสัญญาณมาวิเคราะห์ รับค่า สั่งการ ด้วยโปรแกรมแลปวิวที่ทางผู้จัดทำได้เขียนไว้

3.3.1 อุปกรณ์การวัด

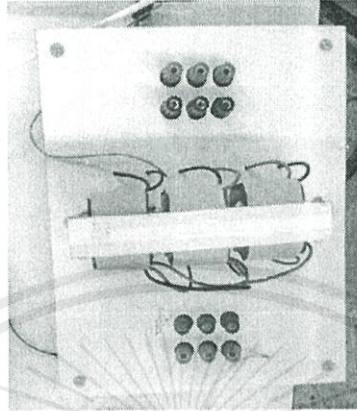
3.3.1.1 DAQ เป็นอุปกรณ์ตัวกลางการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ที่ควบคุม โดยมีพอร์ตสำหรับ มีจำนวน พอร์ตทั้งหมด 48 พอร์ต โดยแบ่งเป็น พอร์ต อนุาล็อกจำนวน 16 พอร์ต เพื่อรับค่าจากหม้อแปลงแรงดัน และหม้อแปลงกระแส และพอร์ตดิจิทัลจำนวน 32 พอร์ตสำหรับการสั่งการอุปกรณ์ต่างๆที่อยู่ภายในบ้าน



รูปที่ 3.26 การเชื่อมต่อระหว่าง DAQและอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

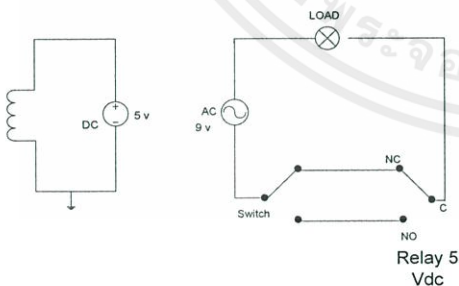
3.3.1.2 ชุดหม้อแปลงแรงดัน โดยผู้จัดทำได้ออกแบบ ชุดหม้อแปลงแรงดัน 3 เฟส โดยมีลักษณะ เป็นหม้อแปลง 3 ลูก เพื่อรองรับการแปลงลดแรงดันไฟฟ้าทั้ง 3 เฟส โดยกำหนดให้มีค่าอัตราส่วน 1000/10 V พิกัด 40 VA เพื่อให้มีความครอบคลุมในการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า และทำให้อุปกรณ์ DAQ สามารถรับค่าและทำงานได้อย่างถูกต้อง



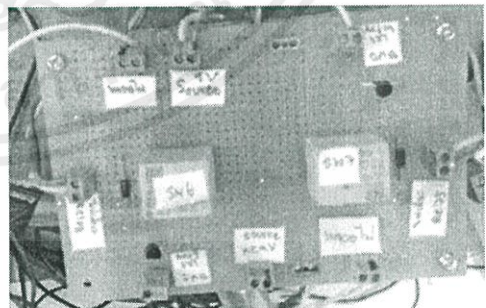
รูปที่ 3.27 หม้อแปลงแรงดัน อัตราส่วน 1000/10 V พิกัด 40 VA

3.3.2 อุปกรณ์ควบคุมอัจฉริยะ

3.3.2.1 ชุดควบคุมแสงสว่างและแอร์ ผู้จัดทำได้ออกแบบโดยใช้ หม้อแปลง 220/9 V กระแสพิกัด 800 mA เพื่อเป็นการจำลองระบบแรงดันที่จ่ายภายในบ้านจำลอง โดยหม้อแปลงจะทำหน้าที่ในการจ่ายโหลด หลอดไฟ 6 หลอด โดยที่จะมีวงจรที่ใช้ในการควบคุมการเปิด-ปิดไฟ ซึ่งประกอบด้วย รีเลย์ ทรานซิสเตอร์ สวิตซ์ 2 ทาง และ DAQ ซึ่งเป็นส่วนที่ส่งสัญญาณในการควบคุมการเปิด-ปิดไฟ อีกทั้งยังสามารถสั่งการเปิดปิดไฟ ได้จากสวิตซ์ที่ติดตั้งที่บริเวณหน้าบ้าน โดยที่จะใช้วงจรในการควบคุมหลอดไฟจำนวน 3 วงจร โดยที่แต่ละวงจรสามารถควบคุมหลอดไฟ ได้ 2 ดวงและยังมีโหลด แอร์ภายในบ้านที่จำลองขึ้นมา



(ก)



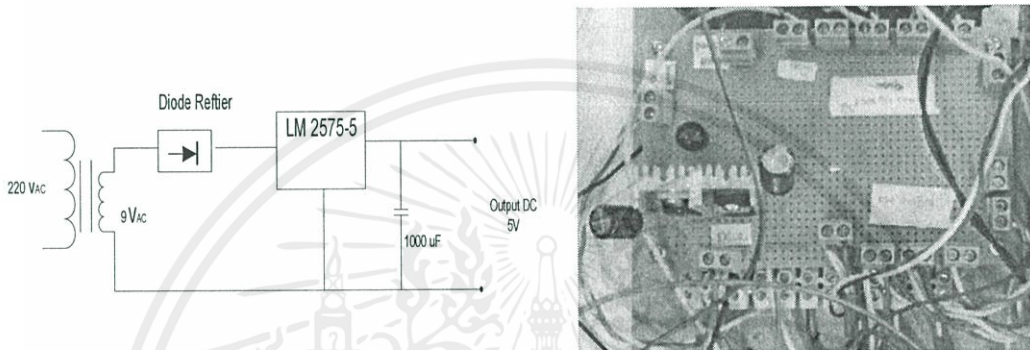
(ข)

รูปที่ 3.28 วงจรควบคุมแสงสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาใช้เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
(ก) วงจรควบคุมหลอด (ข) อุปกรณ์ควบคุมหลอด
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.2 ชุดแปลงแรงดันไฟสลับเป็นไฟตรง

ชุดควบคุมแรงดันไฟตรงนั้นจะใช้สำหรับการควบคุมโหลดจำพวกแรงดันไฟตรง เช่น คอยล์ภายในรีเลย์ ไฟเลี้ยงที่ใช้สำหรับ ออปแอมป์ เป็นต้น โดยจะใช้หม้อแปลง ขนาด 220/9 V ร่วมกับวงจรแปลงกระแสสลับเป็นกระแสตรง (rectifier) ซึ่งประกอบด้วย ไดโอดบริดจ์ LM 2575-5 ตัวเก็บประจุ ขนาด 1000uF ขนาด 16 V โดยที่ไดโอดบริดจ์ทำหน้าที่ในการแปลงแรงดันกระแสสลับเป็นกระแสตรง ชนิด Full bridge LM2575-5 นั้นจะใช้สำหรับการรักษาระดับแรงดันให้อยู่ที่ระดับ 5 V และ ตัวเก็บประจุใช้สำหรับการลดค่า Ripple ของแรงดัน ทำให้แรงดันกระแสตรงที่ได้เรียบขึ้น



(ก)

(ข)

รูปที่ 3.29 วงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง

(ก) วงจรชุดแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง

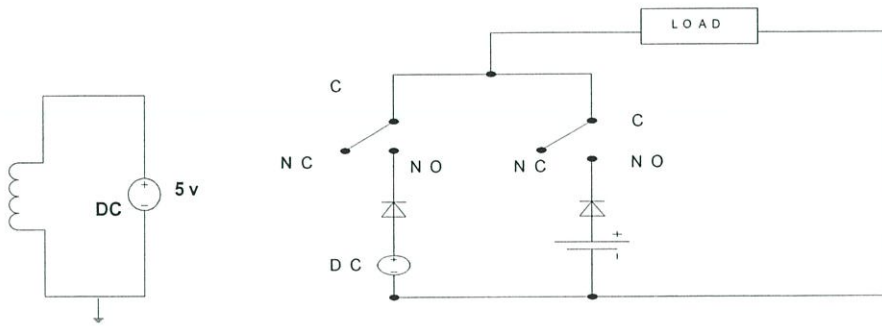
(ข) อุปกรณ์ชุดแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง

3.3.3 อุปกรณ์ตัดสวิตช์อัจฉริยะ

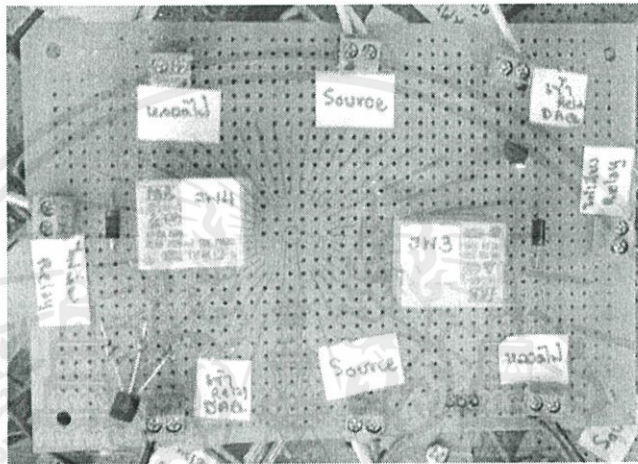
3.3.3.1 ชุดควบคุมเลือกใช้พลังงานจากแหล่งจ่ายพลังงานทดแทน ระบบนี้ใช้

สำหรับจ่ายโหลดไฟรอบบ้านโดยจะเปิด-ปิดเองอัตโนมัติเมื่อถึงเวลากลางคืนและยังสามารถเลือกแหล่งจ่ายที่จะมาจ่ายไฟรอบบ้านได้อีกด้วยสามารถเลือกได้ 2 โหมดคือ 1. ไฟจากการไฟฟ้า (DC 5V) 2. ไฟจากแบตเตอรี่ โดยที่จะใช้การตัดสินใจโดยเมื่อแบตเตอรี่พลังงานลดเหลือน้อยกว่า 70% จะเปลี่ยนมาใช้ไฟจากการไฟฟ้า ซึ่งแปลงเป็นไฟระดับ DC 5V โดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

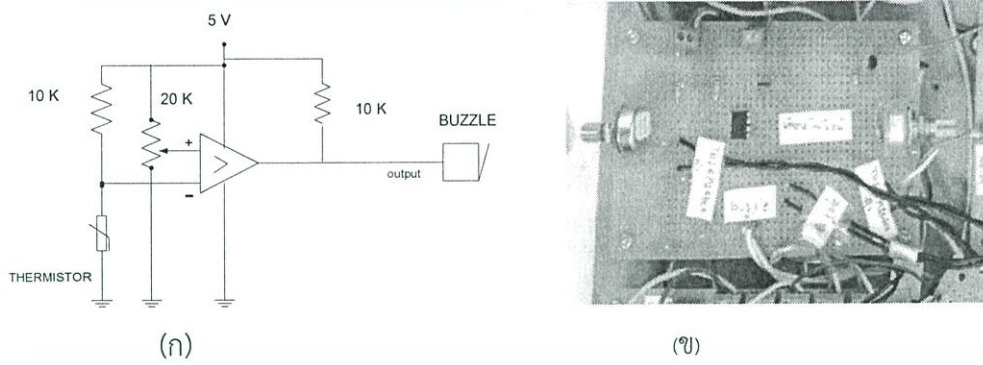


รูปที่ 3.30 ชุดควบคุมการเลือกใช้พลังงานจากแหล่งจ่ายพลังงานทดแทนและแหล่งจ่ายจากการไฟฟ้า
 (ก) วงจรของชุดเลือกใช้พลังงานจากแหล่งจ่าย 2 แหล่ง
 (ข) อุปกรณ์ชุดควบคุมการเลือกใช้พลังงานจากแหล่งจ่าย 2 แหล่ง

(ข)

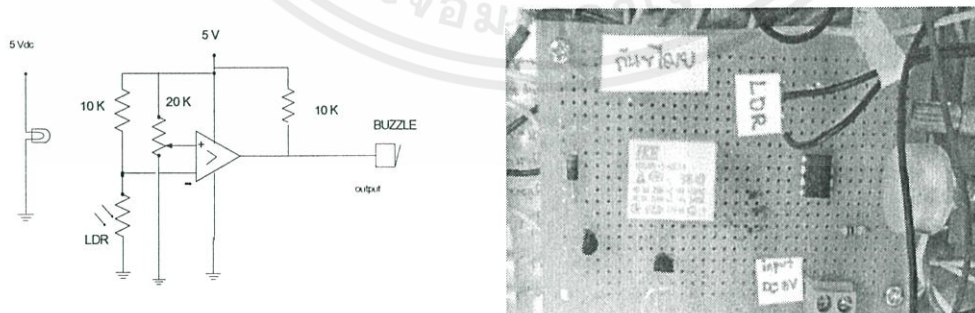
3.3.4 อุปกรณ์เซ็นเซอร์

3.3.4.1 ชุดเตือนอัคคีภัย ชุดเตือนอัคคีภัยเป็นชุดสำหรับการส่งสัญญาณเตือนผ่าน Buzzer เมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟไหม้ ขึ้น ภายในตัวบ้าน โดยออกแบบไว้ จำนวน 2 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย อุปกรณ์ ดังต่อไปนี้ ตัวต้านทานขนาด 10 กิโลโอห์ม 2 ตัว ตัวต้านทานปรับค่าได้ขนาด 20 กิโลโอห์ม 1 ตัว ออปแอมป์ชนิด Comparator 1 ตัว เทอร์มิสเตอร์ ชนิด NTC 1 ตัว โดยที่ชุดวงจรจะใช้หลักของการเปลี่ยนแปลงแรงดัน ภายในตัวเทอร์มิสเตอร์ เนื่องจากเทอร์มิสเตอร์ จะมีการเปลี่ยนค่าตัวต้านทานภายในตัวเองเมื่อเกิดความร้อนขึ้น ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงของแรงดัน ทำให้ออปแอมป์ สามารถรับค่าและส่งสัญญาณ 5V หรือ 0 V เพื่อควบคุมการทำงานของ Buzzer ได้



รูปที่ 3.31 ชุดเตือนการเกิดอัคคีภัยโดยใช้เทอร์มิสเตอร์
(ก) วงจรของชุดเตือนอัคคีภัย (ข) อุปกรณ์ที่ใช้เตือนอัคคีภัย

3.3.4.1 ชุดสัญญาณกันขโมย ชุดสัญญาณกันขโมยเป็นชุดวงจรที่ป้องกันคนบุกรุกเข้าบ้านโดยสัญญาณที่เตือนจะเตือนผ่านลำโพง Buzzer และโปรแกรมแลปวิวโดยมีการเตือนโดยที่โปรแกรมจะเปลี่ยนสีจากสถานะปกติมีสีเขียวเป็นสีแดงกระพริบ ชุดวงจรจะประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้ คือ ตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์ม 2 ตัว ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ขนาด 20 กิโลโอห์ม จำนวน 1 ตัว เซนเซอร์แสง LDR 1 ตัว และออปแอมป์ชนิด Comparator 1 ตัว ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงที่ตกกระทบกับ เซนเซอร์ ซึ่ง LDR มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานภายในตัวเมื่อมีค่าความเข้มแสงที่เปลี่ยนไป ในสถานะปกติจะมีแสงเลเซอร์ยิงเข้าที่เซนเซอร์ LDR เมื่อมีคนเดินผ่านแสงเลเซอร์นี้จะทำให้ความเข้มแสงที่ LDR เปลี่ยนไป เกิดการเปลี่ยนแปลงของแรงดัน และทำให้ ออปแอมป์เปรียบเทียบค่าและส่งสัญญาณออกมาในรูปของ 0 V และ 5 V เพื่อควบคุมการทำงานของ Buzzer โดยมีวงจรดังรูปที่ 3.24



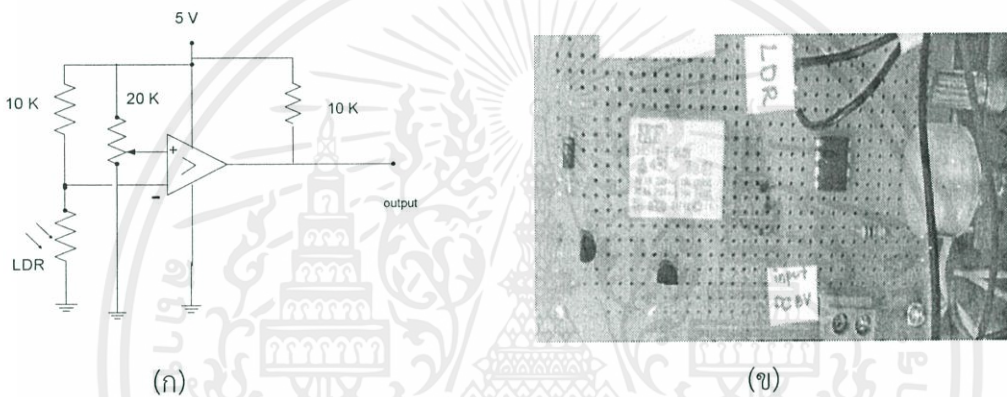
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกข้อมูลอันเป็นลิขสิทธิ์ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ 3.32 ชุดสัญญาณกันขโมย

(ก) วงจรสัญญาณกันขโมย (ข) อุปกรณ์กันขโมย

3.2.5 ชุดตรวจจับสถานะของโหลด

โหลดภายในบ้านอัจฉริยะมีทั้งโหลดแสงสว่างและโหลด DC ซึ่งในโหลดแสงสว่างทั้งหมด ผู้จัดทำใช้ Sensor แสงในการตรวจจับสถานะโดย Sensor แสงนี้ใช้ LDR ในการตรวจจับแสง ในสภาวะมีแสงสว่าง และไม่มีแสงสว่าง

OP-AMP จะเปรียบเทียบค่าและส่งแรงดัน 5V หรือ 0V มาให้ DAQ และ DAQ จะทำหน้าที่ประมวลผลว่าเป็นลอจิก 1 หรือ 0 เมื่อ DAQ ทำการประมวลผลเสร็จเรียบร้อยแล้วจะแสดงสถานะของไฟดวงนั้นๆ ส่วน โหลดที่เป็นแรงดันไฟฟ้าตรง จะใช้การตรวจจับโดยตรงและส่งค่าเข้า DAQ เพื่อประมวลผลก่อนแสดงสถานะ



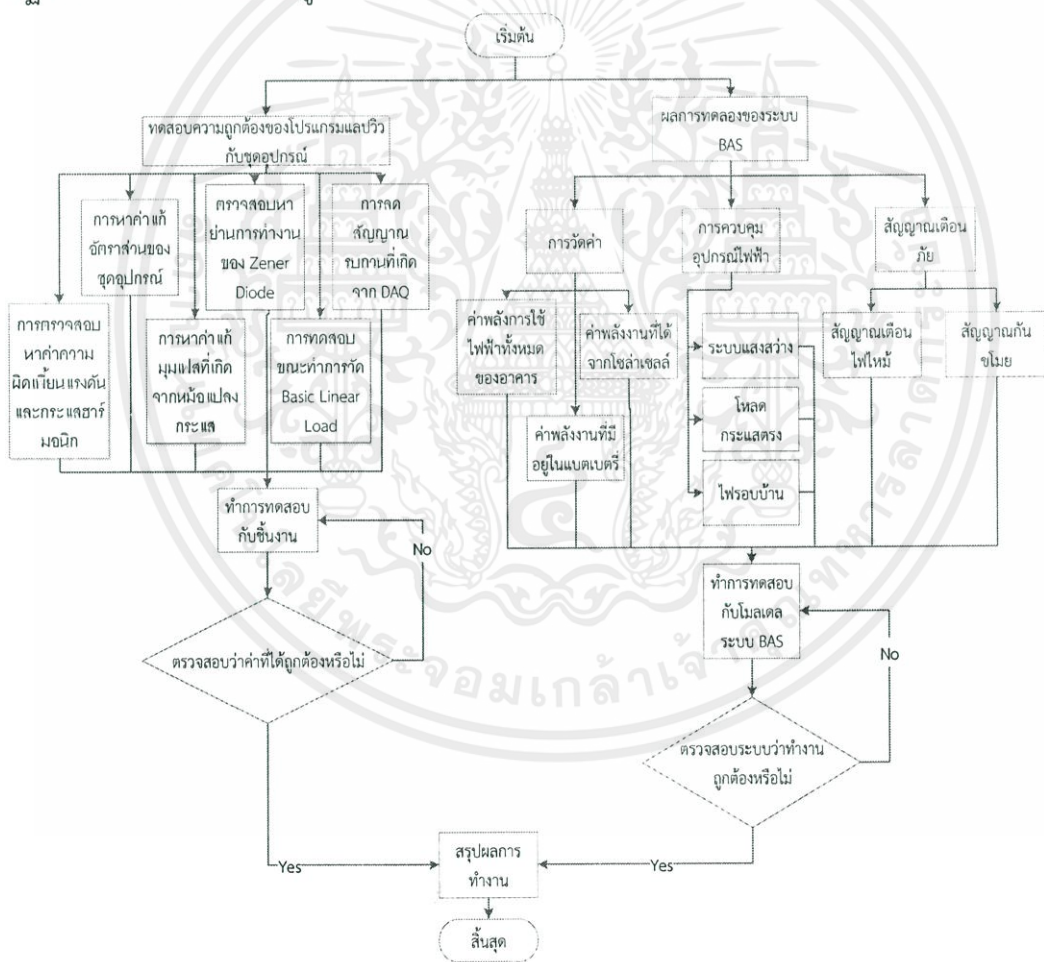
รูปที่ 3.33 ชุดตรวจจับสถานะโดยใช้ LDR
(ก) วงจรสัญญาณกันขโมย (ข) อุปกรณ์กันขโมย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

Building Automation System (BAS) เป็นระบบการควบคุมการใช้พลังงานในอาคารให้มีประสิทธิภาพ ช่วยในการบริหารจัดการการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ โดยการแบ่งองค์ประกอบหลักของระบบ BAS เป็น 2 ส่วนคือส่วนการทำงานของโปรแกรม และส่วนการทำงานของฮาร์ดแวร์ โดยส่วนโปรแกรมสามารถตรวจวัดค่าพารามิเตอร์พื้นฐาน และค่าความผิดปกติทางไฟฟ้าต่างๆและในส่วนของฮาร์ดแวร์เป็นการออกแบบให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยมีขั้นตอนการปฏิบัติตาม Flow Chart ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงแผนผังขั้นตอนการปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมแลปวิวกับชุดอุปกรณ์

เนื่องจากชุดโมเดลของระบบ BAS ได้ใช้โปรแกรมแลปวิวกในการคำนวณค่าและควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ จึงได้ทำการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมแลปวิวกจากอุปกรณ์ตรวจวัดและวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าประกอบด้วยอุปกรณ์หม้อแปลงกระแส หม้อแปลงแรงดัน และวงจรรองกันแรงดันเกินโดยหม้อแปลงกระแสและหม้อแปลงแรงดันจะประกอบไปด้วยแกนเหล็กและขดลวดจำนวนมาก ทำให้เกิดการสูญเสียที่ขดลวดอันเนื่องมาจากกระแสไหลวน ถ้านำไปใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยไม่ได้แก้ค่าก่อนจะทำให้ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่ตรวจจับได้มีความคลาดเคลื่อนไปจากค่าจริง ส่วนวงจรรองกันแรงดันเกินก็จะประกอบด้วยตัวต้านทานและซีเนอร์ไดโอด ดังนั้นก่อนที่จะนำชุดอุปกรณ์มาใช้งานจะต้องทำการทดลองเพื่อหาค่าแก้ของชุดอุปกรณ์นั้นก่อน

4.1.1 การหาค่าแก้อัตราส่วนของชุดอุปกรณ์ ทำการหาค่าความคลาดเคลื่อนของหม้อแปลงกระแสและหม้อแปลงแรงดันเพื่อให้ค่าพารามิเตอร์ที่วัดได้มีความถูกต้องโดยในการทดลองหาค่าแก้นี้จะใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าสามเฟสต่อผ่านหม้อแปลงแรงดัน และหม้อแปลงกระแส ใช้โหลดเป็นหลอดเผาไส้สามเฟส ทำการป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับโหลดหลอดไฟที่ระดับแรงดัน 25, 50, 100, 150, 200, 250 และ 280 โวลต์ บันทึกค่ากระแสจริงที่ได้จากแคลมป์กับกระแสเอาต์พุตที่ได้จากหม้อแปลงกระแสทั้งสามเฟสแสดงดังตารางที่ 4.1 เมื่อได้นำค่าที่ได้จากตารางเปรียบเทียบกับค่าจากเครื่องวัดอ้างอิง (C.A 8335 QUALISTAR PLUS) จะได้อัตราส่วนใหม่ของหม้อแปลงกระแสทั้งสามเฟสดังตารางที่ 4.2 ส่วนการหาค่าแก้อัตราส่วนของหม้อแปลงแรงดันก็ทำเหมือนหม้อแปลงกระแสโดยค่าแรงดันเอาต์พุตสามเฟสที่ได้จากหม้อแปลงแรงดันและค่าอัตราส่วนใหม่ของหม้อแปลงแรงดันทั้งสามเฟสแสดงดังตารางที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ จะพบว่าค่าแก้ที่ได้ใหม่จะเป็นดังตารางที่ 4.5 และรูปวงจรถดสอบแสดงดังรูปที่ 4.2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้รูปที่ 4.2 วงจรถดสอบ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ค่าแรงดันเอาต์พุตสามเฟสที่ได้จากหม้อแปลงกระแส

Input Voltage	Reference			LabVIEW		
	A	B	C	A	B	C
25	0.300	0.296	0.289	0.247	0.256	0.223
50	0.410	0.398	0.391	0.346	0.348	0.316
100	0.585	0.567	0.563	0.505	0.502	0.472
150	0.727	0.707	0.704	0.636	0.634	0.601
200	0.850	0.824	0.820	0.748	0.742	0.706
250	0.959	0.933	0.928	0.849	0.844	0.806
280	1.010	0.990	0.986	0.906	0.898	0.857

ตารางที่ 4.2 ค่าอัตราส่วนใหม่ของหม้อแปลงกระแสทั้งสามเฟส

Input Voltage	Phase		
	A	B	C
25	50.00	46.25	52.54
50	47.40	45.70	49.40
100	46.40	45.36	47.71
150	45.72	44.74	46.93
200	45.45	45.77	46.45
250	45.23	44.21	44.10
280	50.50	44.10	46.90
เฉลี่ย	47.20	45.10	47.72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่าแรงดันเอาต์พุตสามเฟสที่ได้จากหม้อแปลงแรงดัน

Input Voltage (V)	Primary Voltage			Secondary Voltage		
	A	B	C	A	B	C
25	25.100	25.700	25.200	25.257	26.070	25.302
50	50.600	50.400	50.100	50.790	50.800	50.200
100	100.300	100.200	100.400	100.790	101.264	100.561
150	150.200	151.900	152.200	151.280	153.312	152.100
200	200.400	202.000	201.800	201.520	203.510	201.430
250	250.600	252.900	253.700	252.168	255.030	253.312
280	280.000	282.600	283.500	281.563	285.320	282.538

ตารางที่ 4.4 ค่าอัตราส่วนใหม่ของหม้อแปลงแรงดันทั้งสามเฟส

Input Voltage (V)	Phase		
	A	B	C
25	99.600	98.840	99.600
50	101.200	99.210	99.800
100	100.300	100.200	100.560
150	99.330	99.080	100.060
200	99.450	99.260	100.100
250	99.400	99.170	100.100
280	99.400	99.000	100.300
เฉลี่ย	99.800	99.250	100.070

ตารางที่ 4.5 ค่าอัตราส่วนใหม่ของหม้อแปลงกระแสและหม้อแปลงแรงดันที่ใช้

Phase	ค่าแก้ไขโปรแกรม			
	PT		CT	
	Actual Ratio	New Ratio	Actual Ratio	New Ratio
A	100	99.80	40	47.20
B	100	99.25	40	45.10
C	100	100.07	40	47.72

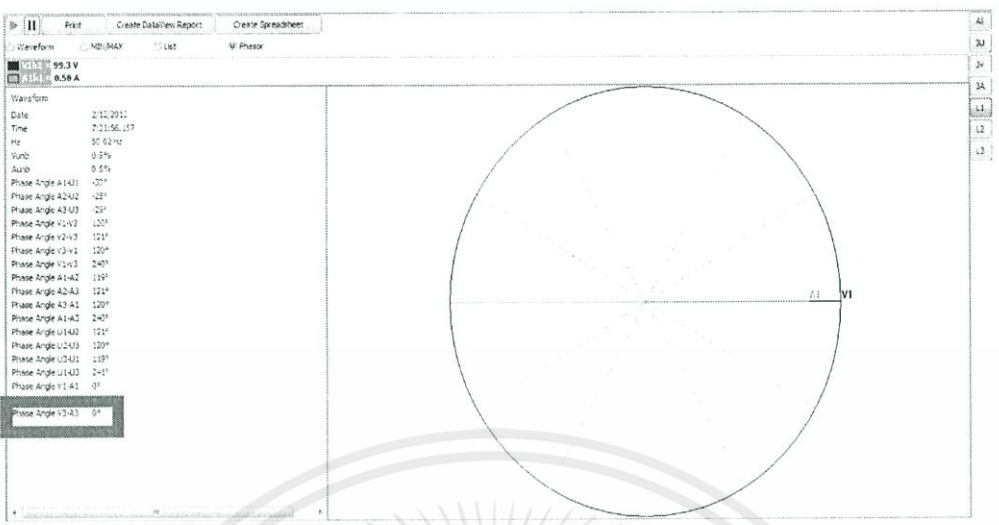
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การหาค่าแอมพลิจูดเฟสที่เกิดจากหม้อแปลงกระแส เนื่องจากค่าความต่างเฟสที่บันทึกได้จากชุดอุปกรณ์ในกรณีที่ใช้โหลดเป็นตัวต้านทาน(R) ต้านทานอนุกรมกับตัวเก็บประจุ(RC)และต้านทานอนุกรมกับตัวเหนี่ยวนำ(RL) มีความคลาดเคลื่อนไปเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่บันทึกได้จากเครื่องวัดอ้างอิง แสดงดังตารางที่ 4.6 และแสดงรูป phase shift $V_a - I_a$ R load ที่ 100 และ 150 Volt ก่อนแก้ค่าดังรูปที่ 4.3 และ 4.4 จากนั้นจึงต้องทำการหาค่าแก้เพื่อให้มุมเฟสที่บันทึกได้จากชุดอุปกรณ์มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นโดยเปรียบเทียบค่ากับเครื่องวัดอ้างอิงซึ่งจะพบว่าค่าแก้ใหม่ที่ต้องนำมาลบออกจากเดิมคือ 14 องศา เมื่อแก้ค่าแล้วจะพบว่าความต่างเฟสที่บันทึกได้จากชุดอุปกรณ์มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่บันทึกได้จากเครื่องวัดอ้างอิงมากขึ้นแสดงดังตารางที่ 4.7 และแสดงรูป phase shift $V_a - I_a$ RL load ที่ 100 และ 150 Volt หลังแก้ค่าดังรูปที่ 4.5-4.8

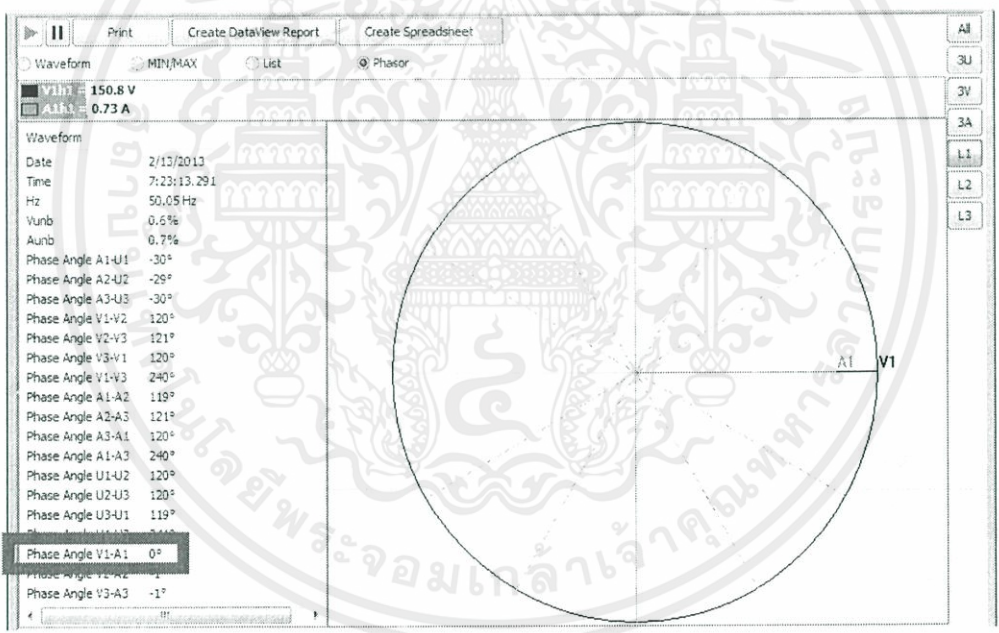
ตารางที่ 4.6 ความต่างเฟสที่บันทึกได้ก่อนทำการปรับแก้ค่าในโปรแกรม

Input Voltage (V)	Phase Shift (degree)					
	R Load		RC Load		RL Load	
	Reference	LabVIEW	Reference	LabVIEW	Reference	LabVIEW
50	0	-16.20	-10.00	-22.65	14.00	1.50
100	0	-14.80	-16.00	-26.77	20.00	5.50
150	0	-13.92	-18.00	-27.50	24.00	10.50
200	0	-13.41	-22.00	-32.40	28.00	16.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดง phase shift Va-la R load ที่ 100Volt ก่อนการแก้ค่าจากเครื่อง Power Analyzer



รูปที่ 4.4 แสดง phase shift Va-la R load ที่ 150 Volt ก่อนการแก้ค่าจากเครื่องวัดอ้างอิง

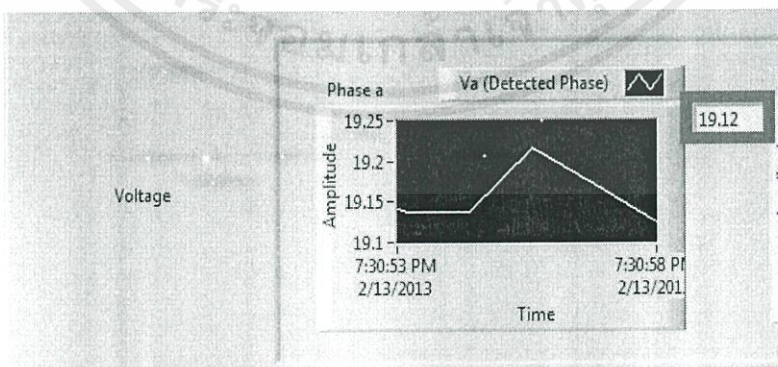
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ความต่างเฟสที่บันทึกได้หลังทำการแก้ไข

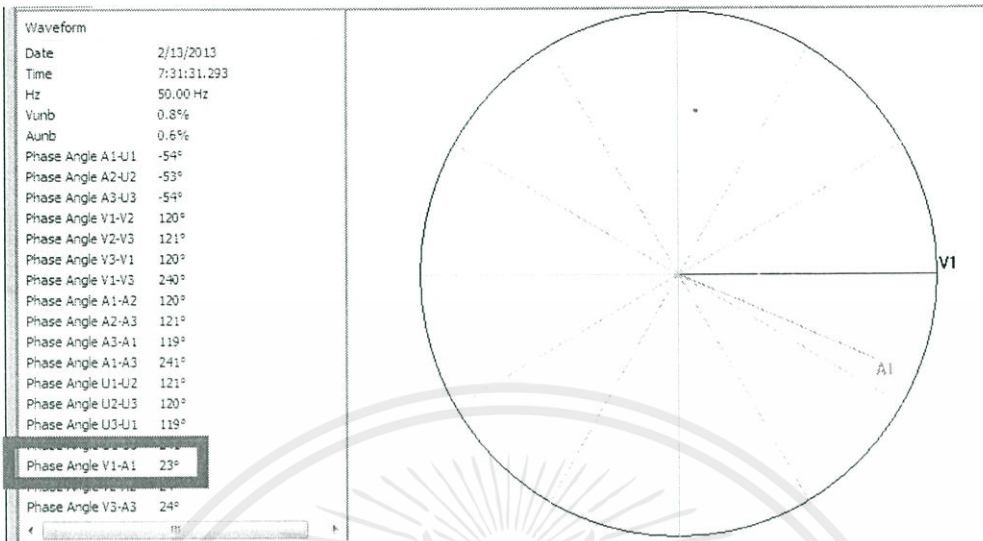
Input Voltage (V)	Phase Shift (degree)					
	R Load		RC Load		RL Load	
	Reference	LabVIEW	Reference	LabVIEW	Reference	LabVIEW
50	0	-2.50	-11.00	-13.43	14.00	12.5
100	0	-0.88	-15.00	-16.21	19.00	19.26
150	0	-0.1	-19.00	-19.20	24.00	24.02
200	0	0.31	-22.00	-21.62	28.00	29.75



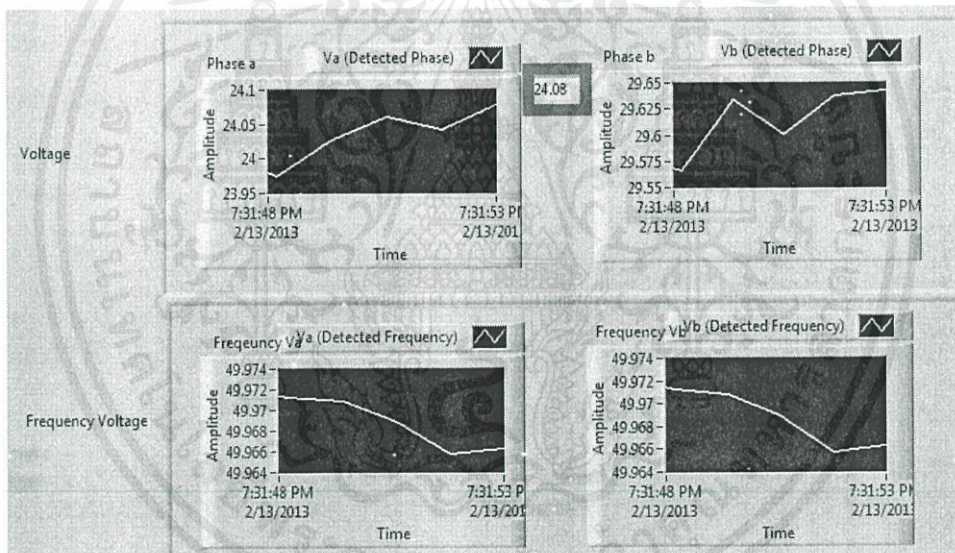
รูปที่ 4.5 phase shift Va-la RL load ที่ 100 Volt หลังแก้ค่าจากเครื่อง Power Analyzer



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 4.6 phase shift Va-la RL load ที่ 100 Volt หลังแก้ค่าจากโปรแกรมแลปวิว
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 phase shift Va-la RL load ที่ 150 Volt หลังแก้ค่าจากเครื่องวัดอ้างอิง



รูปที่ 4.8 phase shift Va-la RL load ที่ 150 Volt หลังแก้ค่าจากโปรแกรมแลบวิว

4.1.3 การทดสอบขณะทำการวัด Basic Linear Load ทำการทดลองโดยการใช้ โหลดที่เป็นเชิงเส้นมีค่าตัวประกอบกำลังเท่ากับ 1 ในที่นี้จะใช้หลอดเผาไส้เป็นโหลดต่อแบบสตาร์สาม เฟสเพื่อตรวจสอบว่ามีค่าตัวประกอบกำลังเท่ากับ 1 หรือไม่ โดยทำการป้อนแรงดันไฟฟ้าขนาด 100 โวลต์ให้กับโหลดแล้วบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าปรากฏ กำลังไฟฟ้าจริง กำลังไฟฟ้า เสมือนและตัวประกอบกำลังจากเครื่องวัดอ้างอิงขณะเดียวกันก็บันทึกค่าพารามิเตอร์ที่วัดได้จากโปรแกรม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แลปวิวด้วย โดยวงจรการทดลองและรูปคลื่นกำลังไฟฟ้าสามเฟสในกรณี Basic Linear Load สามารถแสดงดังรูปที่ 4.7 (ก) และ (ข) ตามลำดับ ส่วนค่าพารามิเตอร์ที่บันทึกแสดงดังตารางที่ 4.9 ถึง 4.13

ตารางที่ 4.8 ค่าพารามิเตอร์ที่บันทึกจาก Power Analyzer เปรียบเทียบกับค่าจากโปรแกรมแลปวิว

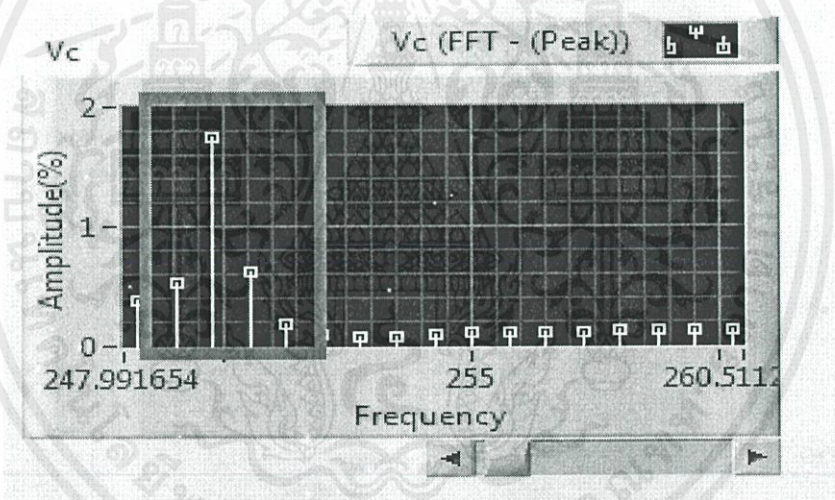
ค่าพารามิเตอร์	ข้อมูลจากเครื่องวัดอ้างอิง			ข้อมูลจากโปรแกรมแลปวิว		
	A	B	C	A	B	C
V	149.20	151.60	151.20	147.02	150.06	150.80
I	0.72	0.70	0.71	0.747	0.71	0.72
S	106.90	105.70	106.80	109.80	107.50	108.80
P	106.80	105.40	104.40	106.45	104.20	105.60
Q	-0.84	-1.70	-1.26	-26.10	-25.70	-25.70
PF	0.99	0.99	0.97	0.96	0.96	0.97
THDv	1.70	1.60	1.60	1.75	1.62	1.54
THDi	1.50	1.70	1.50	2.50	2.04	2.40

ตารางที่ 4.9 ค่าพารามิเตอร์ที่บันทึกจาก Power Analyzer เปรียบเทียบกับค่าจากโปรแกรมแลปวิว

ค่าพารามิเตอร์	ข้อมูลจากเครื่องวัดอ้างอิง			ข้อมูลจากโปรแกรมแลปวิว		
	A	B	C	A	B	C
V	100.10	101.90	100.50	99.20	101.60	101.50
I	0.58	0.57	0.57	0.59	0.57	0.574
S	58.47	58.28	57.86	59.65	58.20	58.10
P	58.27	58.12	56.37	57.62	57.04	56.15
Q	-0.33	-0.69	-0.61	-14.90	-14.70	-14.50
PF	0.99	0.99	0.97	0.96	0.98	0.96
THDv	1.70	1.60	1.60	1.82	1.69	1.59
THDi	1.50	1.70	1.70	2.74	2.18	2.72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

4.1.4 การตรวจสอบหาค่าความผิดเพี้ยนแรงดันและกระแสฮาร์มอนิกส์ เพื่อทดสอบว่าชุดอุปกรณ์ตรวจวัดและวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าสามารถตรวจวัดฮาร์มอนิกส์ได้อย่างถูกต้อง จึงทำการวิเคราะห์ฮาร์มอนิกส์ของแรงดันและกระแสโดยใช้หลอดเผาไส้ที่ใช้บัลลาสต์ชนิด High performance Electronics Ballast ของ Kraft จากการวิเคราะห์ฮาร์มอนิกส์ของหลอดเผาไส้ที่ใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยโปรแกรมแลปวิวเปรียบเทียบกับเครื่อง เครื่องวัดอ้างอิง (C.A 8335 QUALISTAR PLUS Power & Quality Analyser) จะพบว่าความผิดเพี้ยนแรงดันและกระแสฮาร์มอนิกส์รวมที่วัดได้จากทั้งสองเครื่องมีค่าใกล้เคียงกันโดยความผิดเพี้ยนของแรงดันฮาร์มอนิกจะสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.9 เป็นกราฟที่ได้จากการวัดในโปรแกรมที่ฮาร์มอนิกส์ที่ 5 ความถี่ 250 Hz ซึ่งถ้าเทียบกับรูปที่ 4.10 พบว่าที่ความถี่ที่เกิดฮาร์มอนิกส์ที่แสดงในเครื่องวัดอ้างอิง (C.A 8335 QUALISTAR PLUS Power & Quality Analyser) จะพบฮาร์มอนิกส์ที่ความถี่เดียวกัน จากผลการทดลองทำให้ทราบถึงความถูกต้องแม่นยำของโปรแกรมที่ถูกเขียนขึ้น



รูปที่ 4. 9 ค่าความผิดเพี้ยนของแรงดันฮาร์มอนิกที่ได้จากโปรแกรมแลปวิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

Harmonic	V3h	V3h°	A3h	A3h°
0	0.0 %	0°	0.0 %	0°
1	100.0 %	0°	100.0 %	0°
2	0.0 %	0°	0.4 %	82°
3	0.1 %	133°	0.1 %	-14°
4	0.0 %	0°	0.1 %	-87°
5	1.6 %	-152°	1.6 %	-157°
6	0.0 %	0°	0.0 %	0°
7	0.5 %	-44°	0.5 %	-57°
8	0.0 %	0°	0.1 %	73°
9	0.0 %	0°	0.2 %	-10°
10	0.0 %	0°	0.1 %	-124°
11	0.0 %	0°	0.1 %	-150°
12	0.0 %	0°	0.0 %	0°
13	0.1 %	-154°	0.0 %	0°
14	0.0 %	0°	0.0 %	0°
15	0.0 %	0°	0.0 %	0°

รูปที่ 4.10 ค่าความผิดเพี้ยนของแรงและกระแสต้นฮาร์โมนิกที่ได้จากเครื่องวัดอ้างอิง

4.1.5 ตรวจสอบหาย่านการทำงานของซีเนอร์ไดโอด วงจรรักษาระดับแรงดันที่ใช้ซีเนอร์ไดโอดจะต่ออยู่ระหว่างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากับโหลดซึ่งจะทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันให้คงตัวขณะที่

1. โหลดเปลี่ยนซึ่งกระแสขาออกเปลี่ยน
2. แรงดันของแหล่งจ่ายไฟฟ้าไม่คงที่ เปลี่ยนแปลงรวมถึงระลอกคลื่นด้วย
3. อุณหภูมิของวงจรเปลี่ยน

จากการป้อนแรงดันด้านอินพุตให้มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจะพบว่าแรงดันด้านเอาต์พุตจะมีค่าใกล้เคียงกับแรงดันอินพุตที่ป้อนให้โหลด จนเมื่อมีค่าเข้าใกล้ 10 โวลต์จะพบว่าแรงดันด้านเอาต์พุตจะมีค่าต่ำกว่าแรงดันด้านอินพุตเล็กน้อยและเมื่อแรงดันอินพุตเพิ่มขึ้นสูงกว่า 10 โวลต์ วงจรก็จะรักษาระดับแรงดันด้านเอาต์พุตให้มีค่าคงที่ (ไม่เกิน 10 volt) เพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ DAQ พังเสียหาย แต่ในช่วงแรงดันอินพุตที่มีค่ามากกว่า 8 โวลต์จะเห็นว่าแรงดันเอาต์พุตจะมีค่าต่ำกว่าแรงดันอินพุตมากทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนดังนั้นย่านการทำงานที่ดีที่สุดของซีเนอร์ไดโอดคืออินพุตไม่เกิน 8 โวลต์ ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้แสดงว่าวงจรรักษาระดับแรงดันนี้สามารถทำงานได้ถูกต้อง

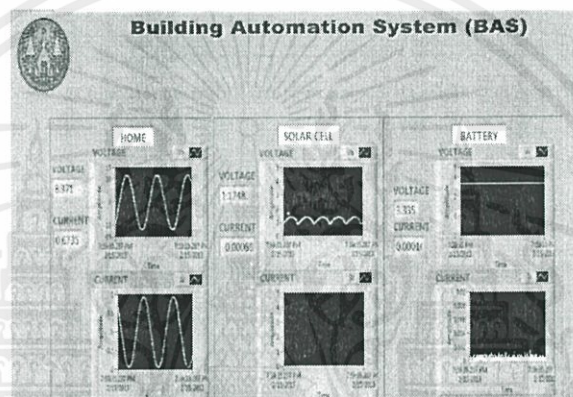
4.1.6 การลดสัญญาณรบกวนที่เกิดจาก DAQ ในการลดสัญญาณรบกวนจะทำโดยการต่อตัวต้านทานขนาด 1 วัตต์ 1 โอห์ม ระหว่างขั้วลบของช่องกระแสและกราวด์ร่วมของ DAQ การต่อตัวต้านแล้วจะพบว่าสามารถลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นได้ ทำให้ค่าความผิดเพี้ยนกระแสและแรงดันฮาร์โมนิกมีค่าลดลง และรูปคลื่นสัญญาณที่ได้ก็มีความถูกต้องมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

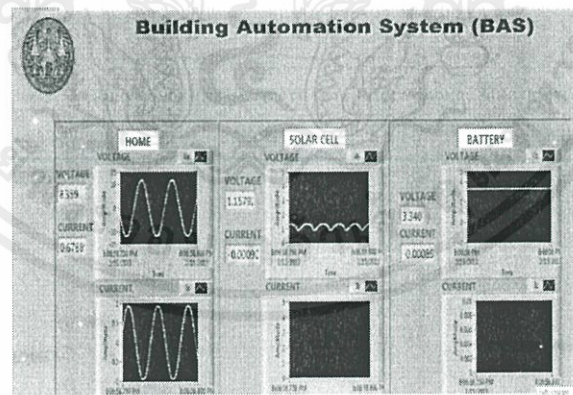
4.2 ผลการทดลองของโมเดลระบบ Building Automation System(BAS)

จากการทดลองโมเดลของระบบ Building Automation System (BAS) ของการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ได้ทำการออกแบบขึ้นนั้นมีด้วยกันสี่ส่วนคือการวัดค่าการใช้พลังงาน, การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า, สัญญาณเตือนภัย และการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า ซึ่งจะอธิบายได้ดังต่อไปนี้

4.2.1 การวัดค่าการใช้พลังงาน การวัดค่าการใช้พลังงานจะแบ่งออกเป็นสามส่วนคือ การวัดค่าพลังงานที่ได้จากแสงโซลาเซลล์, การค่าพลังงานจากแบตเตอรี่ และการวัดค่าการใช้พลังงานจากการไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 4.11 (ก) ถึง (ค)

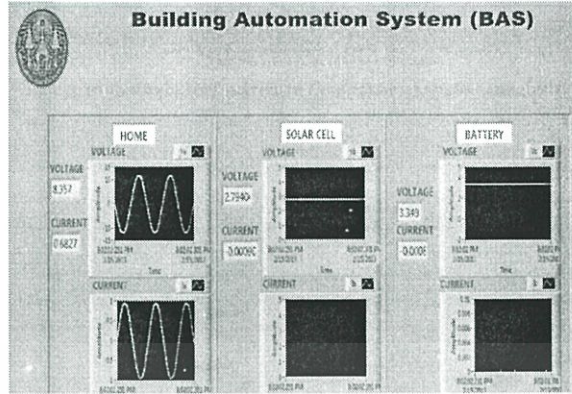


(ก)



(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค)

รูปที่ 4.11 การวัดค่าการใช้พลังงานในครัวบ้าน

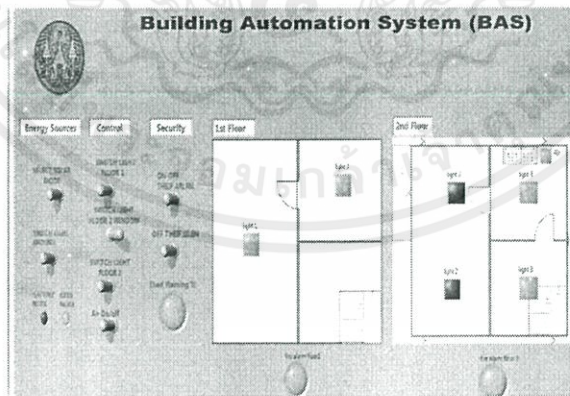
(ก) ในกรณีที่แบตเตอรี่จ่ายไฟรอบบ้าน (ข) ในกรณีที่ไฟบ้านเป็นตัวจ่ายไฟรอบบ้าน

(ค) ในกรณีที่โซลาร์เซลล์มีแสงส่อง

4.2.2 การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

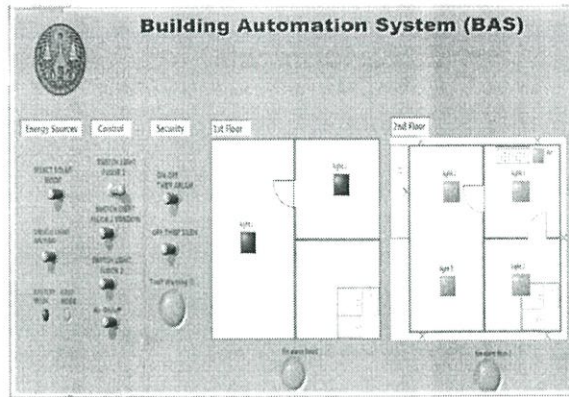
4.2.2.1 การควบคุมระบบแสงสว่าง การควบคุมระบบแสงสว่างของระบบที่ได้ทำการ

ออกแบบขึ้นนั้นจะสามารถสั่งการทำงานได้ทั้งสองแบบคือ การควบคุมด้วยมือ และการควบคุมผ่านโปรแกรมส่วนในหน้าของโปรแกรมแลบวิวจจะมีการแสดงสถานะ การปิด-เปิด ของระบบแสงสว่างแต่ละโซนโดยการใช้เซนเซอร์แสงเป็นตัวตรวจวัดค่าเพื่อแสดงสถานะว่าปิดหรือเปิด ซึ่งได้แสดงในรูปที่ 4.12-4.15

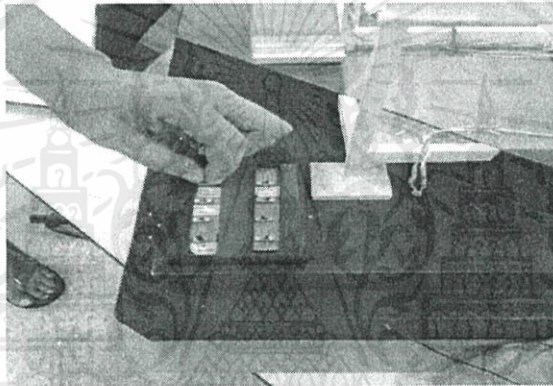


รูปที่ 4.12 แสดงการปิดไฟผ่านโปรแกรมโซน 2

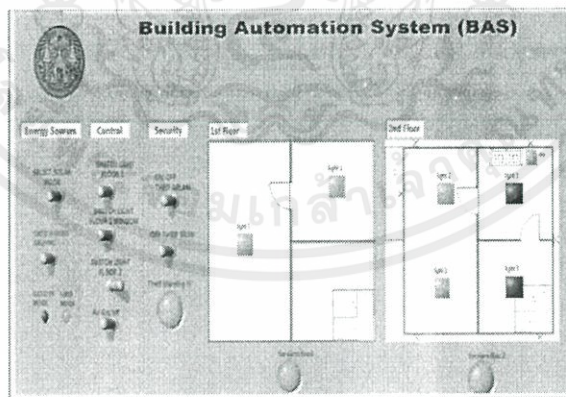
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 แสดงการเปิดไฟผ่านโปรแกรมโซน 1



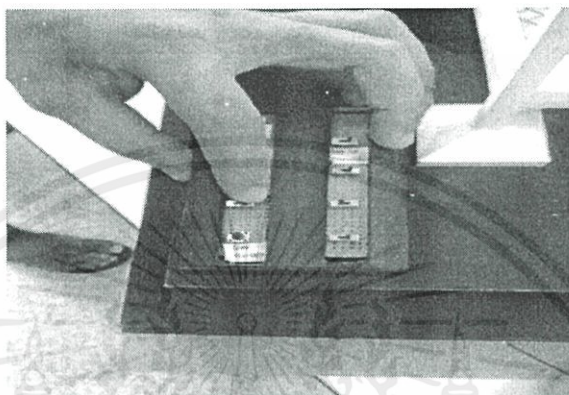
รูปที่ 4.14 แสดงการเปิด-ปิดไฟโดยใช้สวิตช์



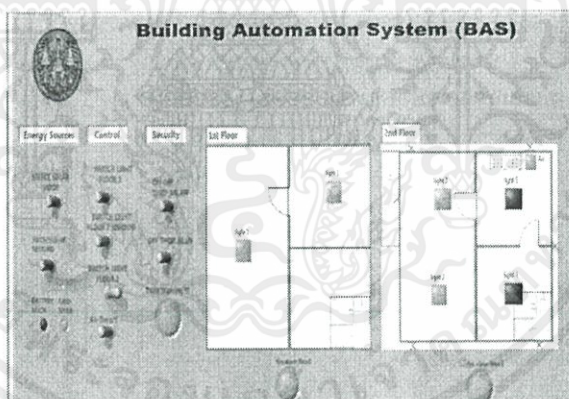
รูปที่ 4.15 แสดงการปิดไฟผ่านโปรแกรมโซน 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.2 การควบคุมโหลด Air จำลอง ในการควบคุมโหลดที่เป็น Air จำลองในโมเดลนี้ สามารถควบคุมการทำงานได้ทั้งสองอย่างคือ การใช้มือเปิด-ปิด และการใช้โปรแกรมในการเปิด-ปิด ในหน้าจอของโปรแกรมแลปวิวกี้จะแสดงสถานะการปิด-เปิดของพัดลม โดยการต่อซีเนอร์ไดโอดตรงขั้ว โหลดแล้วรับค่าส่งสัญญาณเข้า DAQ ดังแสดงในรูปที่ 4.16 และ 4.17



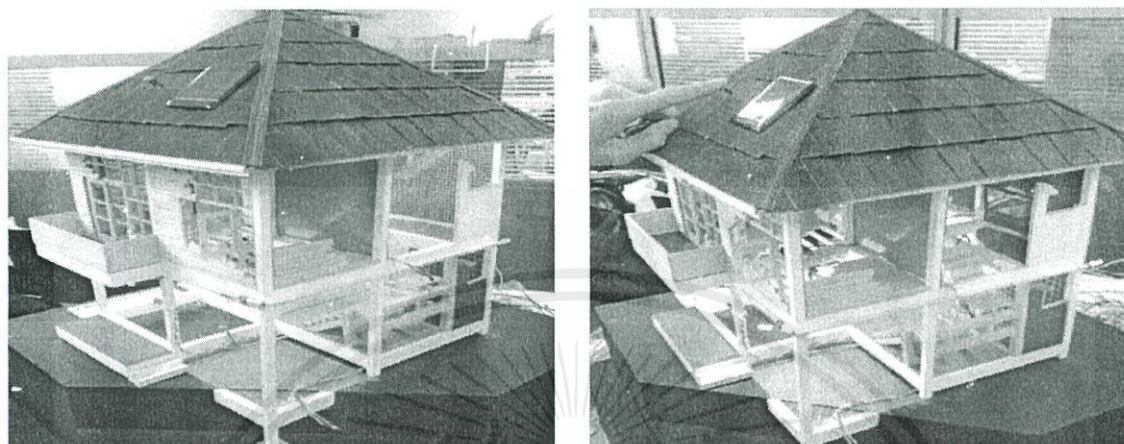
รูปที่ 4.16 แสดงการเปิด-ปิด โหลด Air โดยใช้สวิตช์



รูปที่ 4.17 แสดงการเปิด-ปิดโหลด Air โดยใช้โปรแกรม

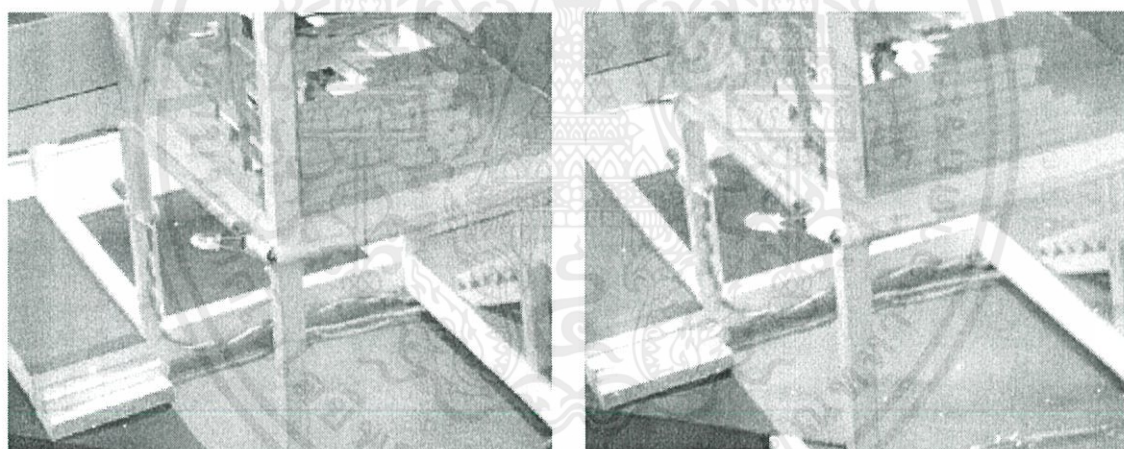
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.3 การควบคุมการปิดเปิดไฟกลางคืน การควบคุมการปิดเปิดไฟกลางคืน จะใช้ เซนเซอร์แสงเป็นตัวควบคุมการปิดเปิด ของไฟรอบบ้านเมื่อกลางคืนจะสั่งให้ไฟรอบบ้านเปิดและตอน กลางวันจะสั่งให้ไฟรอบบ้านปิดดังรูปที่ 4.18 (ก) และ (ข)



(ก)

(ข)



(ค)

(ง)

รูปที่ 4.18 แสดงการควบคุมการทำงานไฟรอบบ้าน

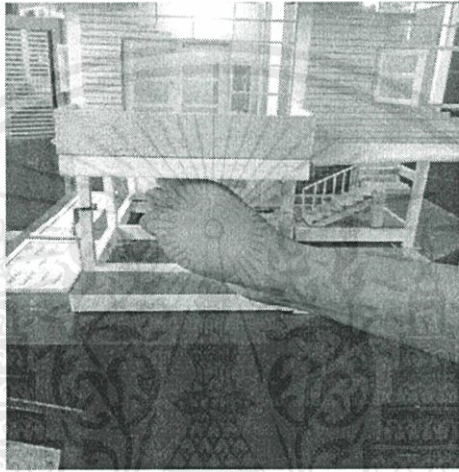
(ก) ในเวลากลางวันไฟรอบบ้านปิด (ข) ในเวลากลางคืนไฟรอบบ้านเปิด

(ค) กรณีไฟรอบบ้านใช้ไฟจากแบตเตอรี่ (ง) กรณีไฟรอบบ้านใช้ไฟจากการไฟฟ้า

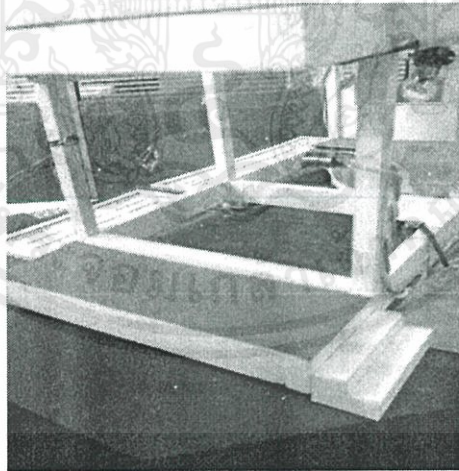
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาด้านนี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 สัญญาณเตือนภัย

4.2.3.1 สัญญาณกันขโมย สัญญาณกันขโมยได้ทำการออกแบบติดตั้งเลเซอร์ไว้ที่ประตูหน้าบ้าน ดังแสดงในรูปที่ 4.19 เมื่อต้องการเปิดเลเซอร์สามารถเปิดผ่านสวิทช์ แล้วยิ่งแสงไปยัง LDR เมื่อมีคนเดินผ่านดังรูปที่ 4.20 ก็จะทำให้การส่งสัญญาณ alarm และในหน้าจอของโปรแกรมแลปวิวก์มีการแสดงสถานะเมื่อมีคนเดินผ่านจะเป็นสีแดงกระพริบและเมื่อปกติจะเป็นสีเขียวอ่อนดังแสดงในรูปที่ 4.21 ซึ่งเราสามารถทำการปิดalarmได้สองทางคือ สวิทช์และโปรแกรมแลปวิวก์ดังรูปที่ 4.22

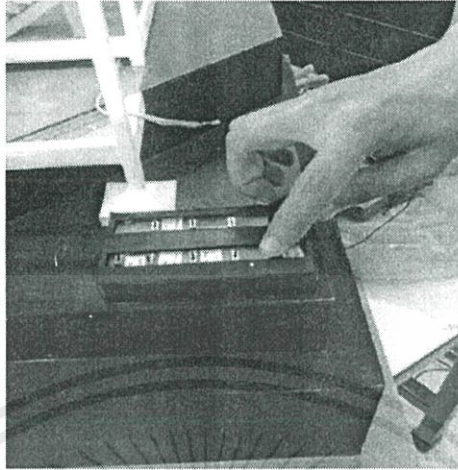


รูปที่ 4.19 การจำลองเมื่อมีคนเดินผ่านเลเซอร์

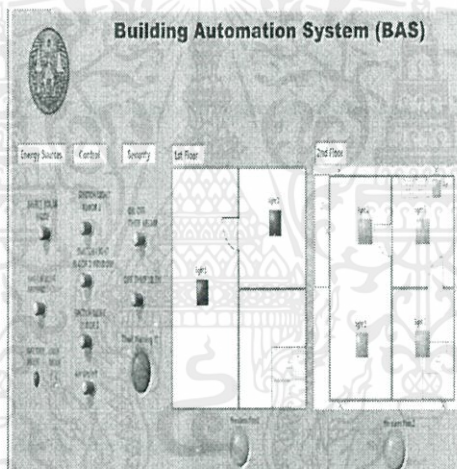


รูปที่ 4.20 การติดตั้งเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



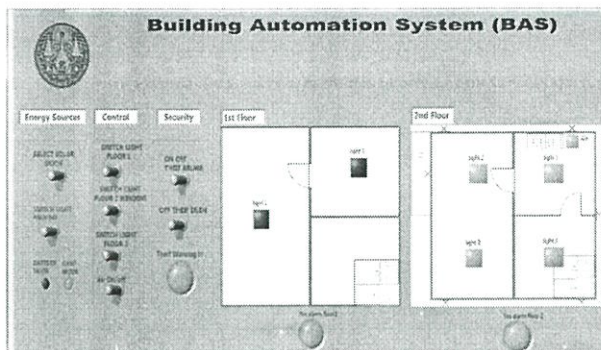
รูปที่ 4.21 การปิด alarm โดยใช้สวิตช์



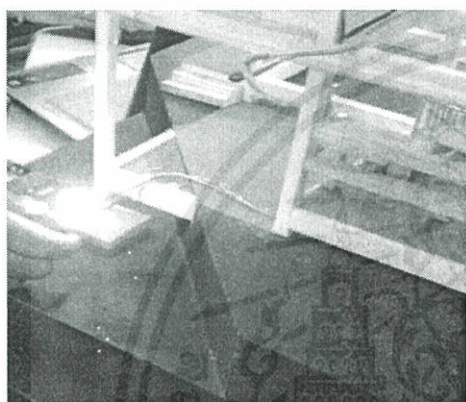
รูปที่ 4.22 หน้าจอของโปรแกรมเมื่อมีคนเดินผ่าน

4.2.3.2 สัญญาณเตือนไฟฟ้าไหม้ สัญญาณเตือนไฟฟ้าไหม้ได้ทำการออกแบบติดตั้งตัวรับความร้อนไว้ทั้งชั้นล่างและชั้นบน ส่วน alarm ก็ติดตั้งไว้ทั้งสองชั้นเช่นกัน เมื่อในสภาวะปกติหน้าจอของโปรแกรมแลปวิวดังแสดงในรูปที่ 4.23 ซึ่งเมื่ออุณหภูมิมีค่าสูง ก็จะทำให้alarm ดังขึ้น ซึ่งแยกแต่ละโซน และมีการแสดงบนหน้าของโปรแกรมแลปวิวจากสถานะปกติจะเป็นที่สีเขียวอ่อน จะแสดงเป็นสีแดงดังแสดงในรูปที่ 4.24 (ก) - (ง)

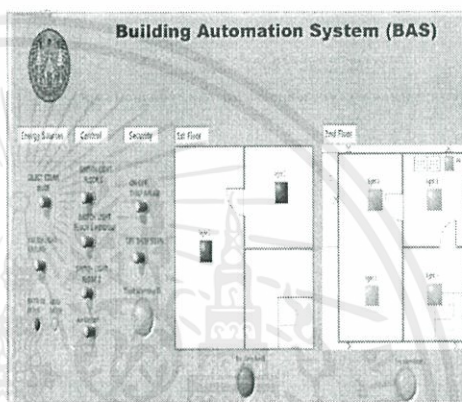
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



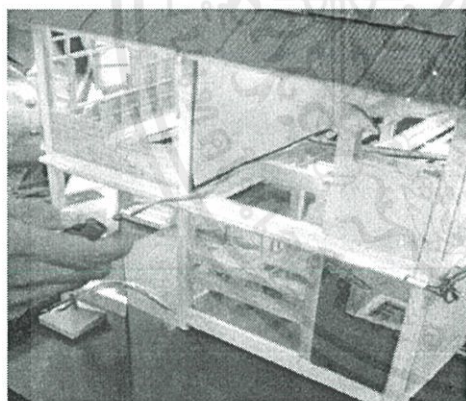
รูปที่ 4.23 แสดงหน้าจอโปรแกรมแลปวิวเมื่อมีสถานะปกติ



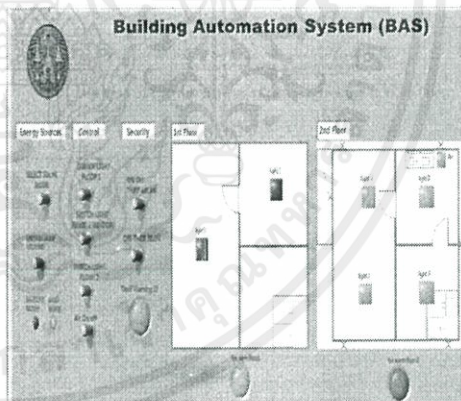
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

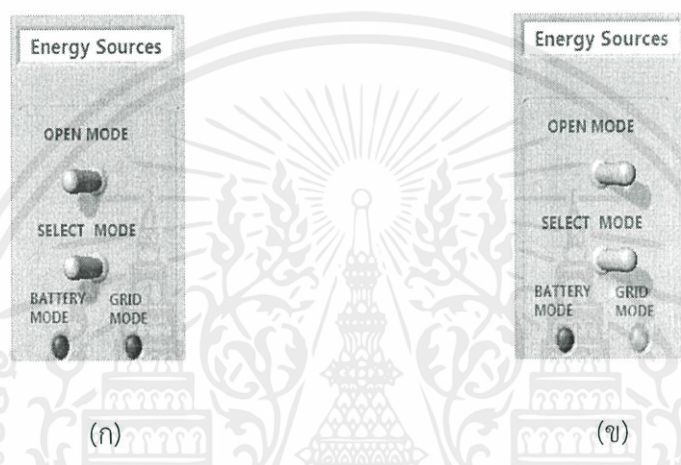
รูปที่ 4.24 แสดงสถานะการเกิดสิ่งผิดปกติ

(ก) แสดงการจำลองไฟไหม้ชั้น 1 (ข) แสดงหน้าจอโปรแกรมแลปวิวเมื่อเกิดไฟไหม้ที่ชั้น 1

(ค) แสดงการจำลองไฟไหม้ชั้น 2 (ง) แสดงหน้าจอโปรแกรมแลปวิวเมื่อเกิดไฟไหม้ที่ชั้น 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 การควบคุมการใช้พลังงานระหว่างแหล่งจ่ายจากการไฟฟ้ากับแบตเตอรี่ ในการออกแบบโมเดลนี้ได้ออกแบบให้ใช้ไฟแบตเตอรี่มีไว้สำหรับจ่ายไฟรอบบ้านในเวลากลางคืน แต่ในบางวันแสงแดดอาจจะน้อยทำให้โซล่าเซลล์ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้น้อย ทำให้พลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่ไม่เพียงพอต่อการจ่ายให้ไฟรอบบ้าน จึงได้ทำการออกแบบวงจรเพื่อเปลี่ยนมาใช้ไฟจากการไฟฟ้าจ่ายไฟรอบบ้านแทน ดังแสดงในรูปที่ 4.25 (ก) และ (ข)



รูปที่ 4.25 การจ่ายพลังงานโดยใช้แหล่งจ่าย 2 ชนิด

(ก) เมื่อจ่ายไฟรอบบ้านโดยแบตเตอรี่ (ข) เมื่อจ่ายไฟรอบบ้านโดยแหล่งจ่ายจากการไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น" อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลชุดอุปกรณ์

ในบทความฉบับนี้ ได้นำเสนอระบบ Building Automation System (BAS) ด้วยการใช้โปรแกรมแลปวิว ในการควบคุมและแสดงผล ในภาคเรียนที่ 1 ผู้จัดทำได้ทำการออกแบบโปรแกรมซึ่งสามารถวัดค่าสัญญาณจากการจำลองภายในโปรแกรม สัญญาณที่วัดได้เป็นสัญญาณไฟฟ้า 3 เฟส ซึ่งสามารถวัดได้ทั้ง แรงดัน กระแส กำลังไฟฟ้า ฮาร์มอนิกส์ ค่าความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นแรงดันและกระแส ผลการวัดค่าได้จากสัญญาณจำลองมีค่าตรงกับผลการคำนวณ และในภาคการเรียนที่ 2 ผู้จัดทำได้เพิ่มในส่วนของการใช้โหมดของการรับค่าผ่านอุปกรณ์ DAQ เพื่อวัดค่าทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงภายในระบบ และผู้จัดทำได้ทำการทดลองการแสดงผลพบว่าในขั้นแรก การแสดงผลของโปรแกรมที่คลาดเคลื่อนจากค่าที่วัดจากเครื่องวัดอ้างอิงมาก ซึ่งอาจเป็นผลมาจากสัญญาณรบกวนของชุดหม้อแปลงแรงดัน ชุดหม้อแปลงกระแส และชุดรักษาระดับแรงดัน จึงต้องมีการปรับแก้ไขค่าอัตราส่วนใหม่ ซึ่งผลการทดลอง ค่าที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าอ้างอิง ดังนั้นการใช้โปรแกรมแลปวิว ในการวัดค่าทางไฟฟ้านั้นมีความน่าเชื่อถือ ถูกต้องแม่นยำ สามารถใช้ในการวัดค่าทางไฟฟ้าได้หลากหลาย เช่น แรงดัน กระแส กำลังไฟฟ้า ฮาร์มอนิกส์ ค่าความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นแรงดันและกระแส สามารถบันทึกค่าตามจำนวนลูกคลื่นที่ต้องการ บันทึกค่าพารามิเตอร์ไฟฟ้าตามเวลาที่กำหนด และบันทึกค่าเมื่อเกิดความผิดปกติรบกวนทางไฟฟ้าขึ้น

ในส่วนของการควบคุมนั้นผู้จัดทำได้ออกแบบชุดอุปกรณ์เพื่อให้สามารถควบคุมได้ผ่านสวิตช์ที่อยู่บริเวณหน้าบ้าน และสามารถควบคุมผ่านโปรแกรมแลปวิวได้ ภายในบ้านสามารถควบคุมหลอดไฟจำนวน 3 จุด แต่ละจุดมีหลอดไฟ 2 ดวง สัญญาณเตือนไฟไหม้ จำนวน 2 จุด สัญญาณกันขโมยจำนวน 1 จุด และควบคุมการทำงานของไฟรอบบ้าน ซึ่งสามารถเลือกได้ว่าจะใช้พลังงานจากแหล่งจ่ายโซล่าเซลล์ หรือจากการไฟฟ้า โดยที่โปรแกรมจะสามารถประมวลผลถึงการเลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่เหมาะสมในการจ่ายไฟฟ้า โดยที่หากแบตเตอรี่มีพลังงานลดลงเหลือต่ำกว่า 70 % โปรแกรมจะสั่งการให้ดึงไฟฟ้าจากการไฟฟ้ามาใช้สำหรับจ่ายไฟให้กับหลอดไฟรอบบ้าน ซึ่งโปรแกรมสามารถควบคุมการทำงานของแต่ละส่วนได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังสามารถแสดงสถานะการทำงานของหลอดไฟ สัญญาณเตือนไฟไหม้ สัญญาณกันขโมย และ ไฟรอบบ้านได้

ด้วยการที่ใช้ระบบการควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ จึงทำให้สามารถควบคุมการทำงานต่างๆภายในตัวบ้านผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้ ทำให้มีความสะดวกในการควบคุมหลอดต่างๆ ผ่านทางระยะไกลสามารถรับรู้สถานะต่างๆภายในบ้าน ซึ่งสามารถช่วยเหลือในด้านความปลอดภัยของบ้านได้เป็นอย่างดี และยังช่วยให้สามารถบริหารจัดการพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

DAQ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

DAQ

DAQ (Data Acquisition) คือ ระบบ DAQ เป็นการเก็บรวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลจริงในงานวิจัยทดลองวิทยาศาสตร์และทดสอบงานทางด้านวิศวกรรมเชิงคุณภาพและประสิทธิภาพผ่านคอมพิวเตอร์ โดยมีความแตกต่างจากงานระบบคอมพิวเตอร์ทั่วไปตรงที่มี Hardware พิเศษเพื่อตรวจจับสัญญาณทางกายภาพทางวิทยาศาสตร์ อาทิเช่น อุณหภูมิ ความดันอากาศ ก๊าซ อัตราการไหล เป็นต้น แปลงเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์เป็นรูปแบบในลักษณะสัญญาณทางไฟฟ้า เข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ผ่าน Software ประยุกต์ที่พัฒนาตามคุณลักษณะของงานวิจัยทดลองนั้นๆ ในลักษณะเวลาจริง (Real Time) ซึ่งในอดีตมักใช้เป็นระบบเฉพาะเจาะจงลงไปตามประเภทงาน ไม่สามารถใช้งานร่วมกับงานวิจัยอื่นได้ ทั้งยังมีราคาที่สูงมาก ทว่าด้วยความสามารถของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในปัจจุบัน ประกอบกับการใช้งานที่ง่ายขึ้นของ Software ระบบปฏิบัติการในลักษณะที่เป็นวินโดวส์หรือการฟลิก ทำให้การประยุกต์เพื่อนำคอมพิวเตอร์มาใช้งานด้าน Data Acquisition นี้มีความเป็นไปได้โดยไม่ยุ่งยาก และให้ความครองตัวกับนักวิทยาศาสตร์ นักวิจัยทดลองและวิศวกร เพื่อพัฒนาระบบงานดังกล่าวได้เองจาก Hardware และ Software งานด้าน Data Acquisition ที่มีให้เลือกมากมายหลากหลายผู้ผลิต และสามารถใช้งานร่วมกันได้โดยส่วนใหญ่ ทำให้ราคาระบบโดยรวมมีราคาไม่สูง และให้ประสิทธิผลในการพัฒนาประเทศเชิงเทคโนโลยีได้ดีกว่า [16]

การเชื่อมต่อ DAQ กับ ชุดโปรแกรม

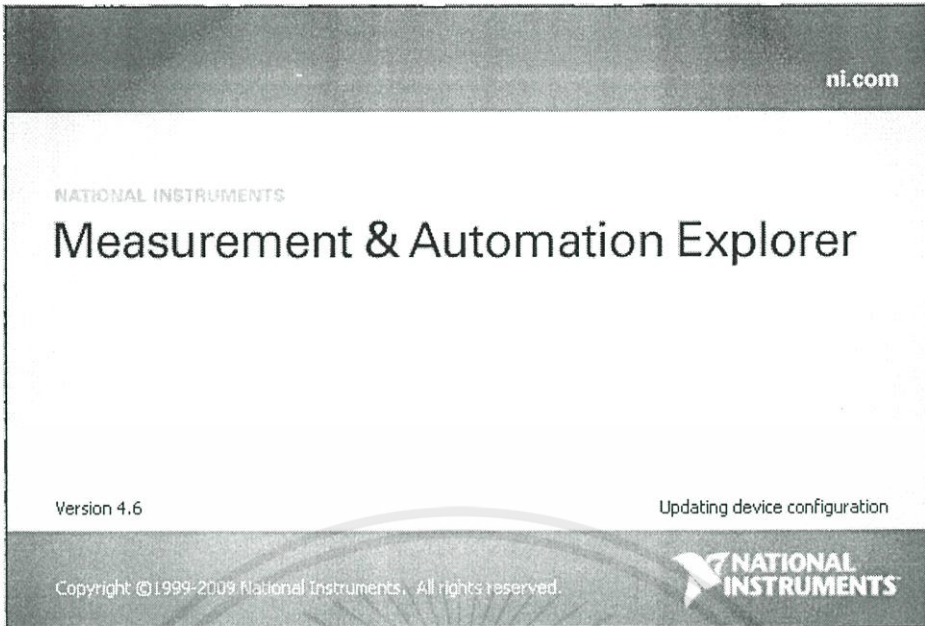
ทำการลง Driver โปรแกรมที่แนบมากับ DAQ รุ่น NI USB-6212 ชื่อโปรแกรม Measurement & Automation รุ่นที่ทำการติดตั้งคือ Version 4.6 จากนั้นทำการเปิดโปรแกรมโดยคลิกที่ Icon ของโปรแกรม Measurement & Automation ดังรูปที่ ก.1



Measurement &
Automation

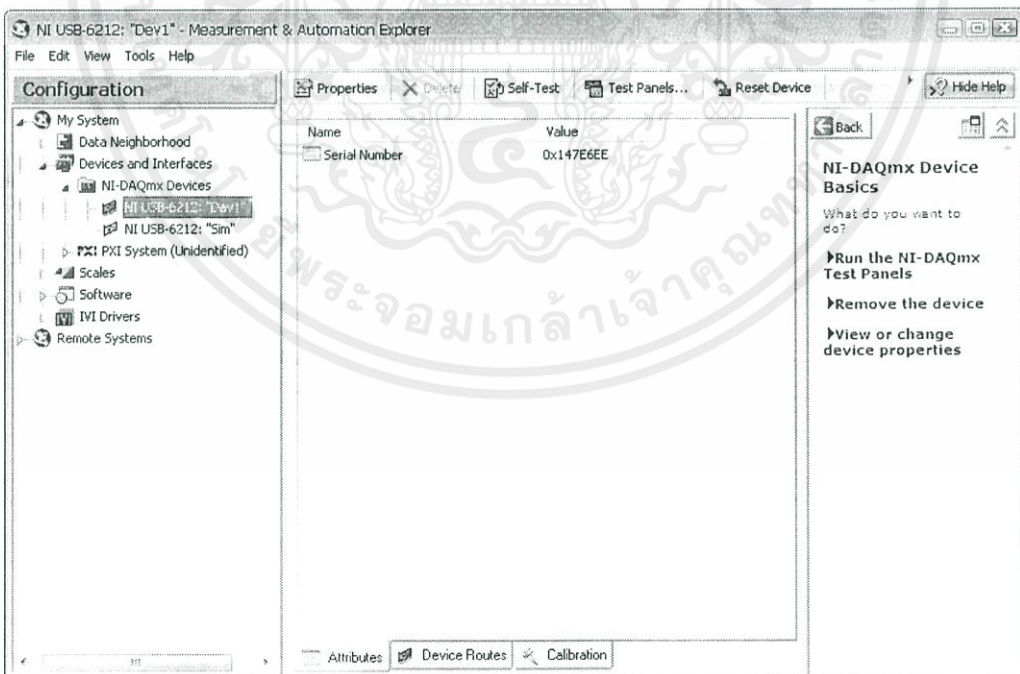
รูปที่ ก.1 Icon ของโปรแกรม Measurement & Automation [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"



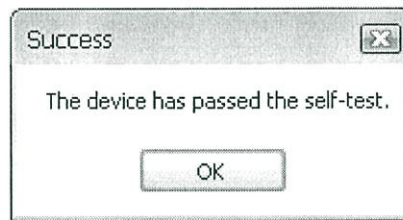
รูปที่ ก.2 เข้าโปรแกรม Measurement & Automation Version 4.6 [15]

เมื่อเข้าโปรแกรมแล้วจะพบหน้าต่าง NI USB-6212: "Dev 1" Measurement & Automation Explorer จากนั้นทำการตรวจสอบความผิดปกติของชุดอุปกรณ์ โดยเลือกที่ Self-Test บน Toolbar ของโปรแกรม ดังรูปที่ ก.3



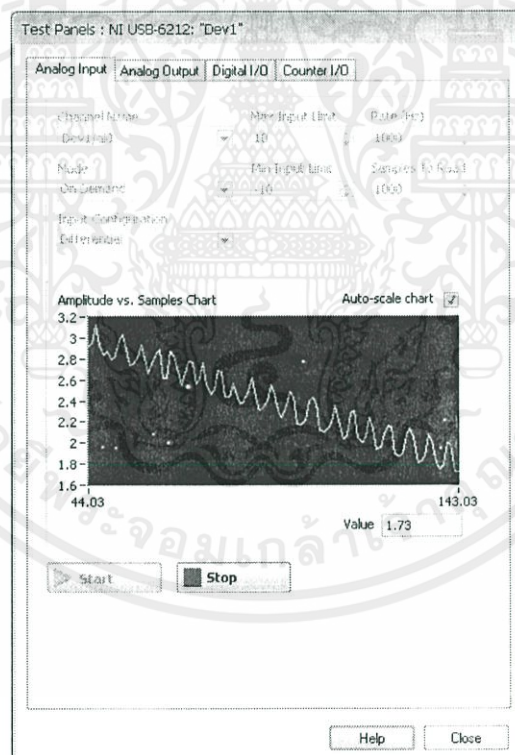
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ ก.3 หน้าต่างของโปรแกรม Measurement & Automation [15]
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นจะปรากฏหน้าต่าง Success ขึ้นมา ดังรูปที่ ก.4 ซึ่งแปลว่าไม่มีความผิดปกติเกิดขึ้นกับชุดอุปกรณ์ หรือสามารถใช้งานได้ปกติ



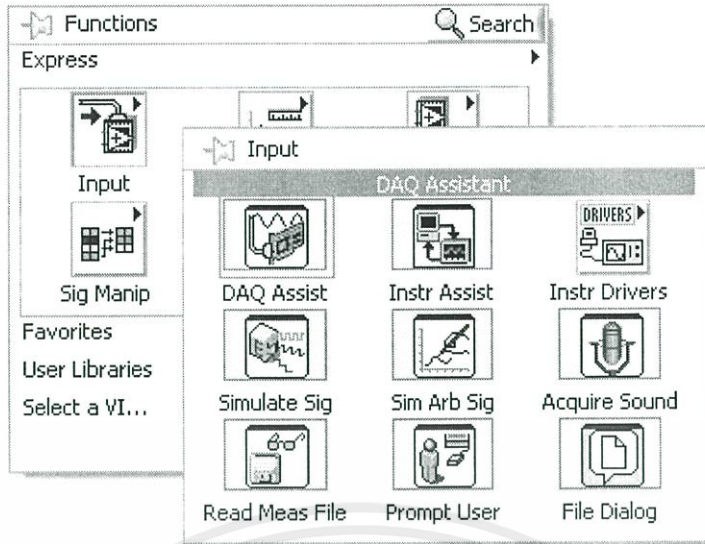
รูปที่ ก.4 หน้าต่างเมื่อทำการตรวจสอบชุดอุปกรณ์ [15]

และยังทำการทดสอบแต่ละช่องอุปกรณ์ได้ที่ Test Panels บน Toolbar ในโปรแกรม Measurement & Automation เมื่อกด Test Panel แล้วจะพบกับหน้าต่างที่ใช้ทดสอบช่องอุปกรณ์ต่างๆดังรูปที่ ก.5



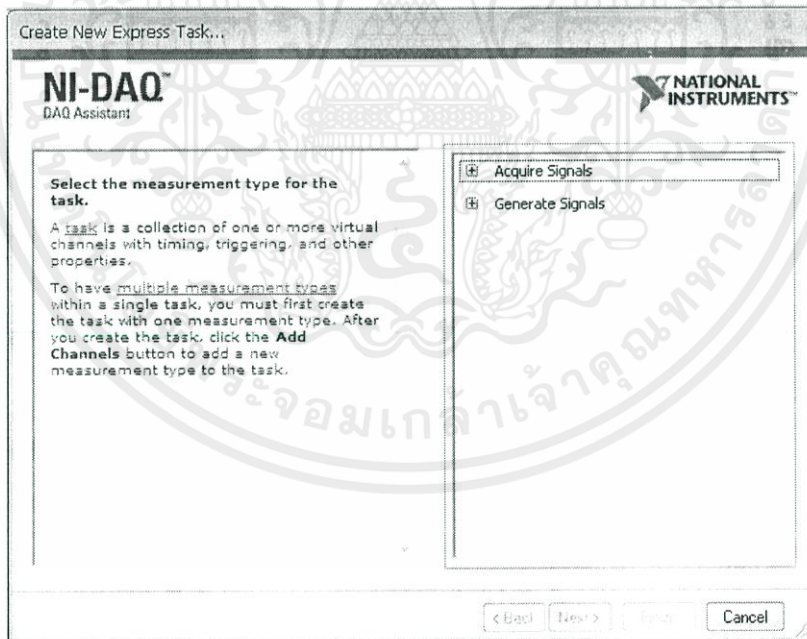
รูปที่ ก.5 หน้าต่างของ Test Panels [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารเชื่อมต่อชุดอุปกรณ์กับโปรแกรม LabVIEW สามารถทำได้โดยเรียก DAQ Assistant การตั้งค่าไม่ว่าการตั้งค่าฟังก์ชัน Palette โดยเลือก Express >> Input >> DAQ Assistant ดังรูปที่ ก.6 ที่มีการนำไปใช้



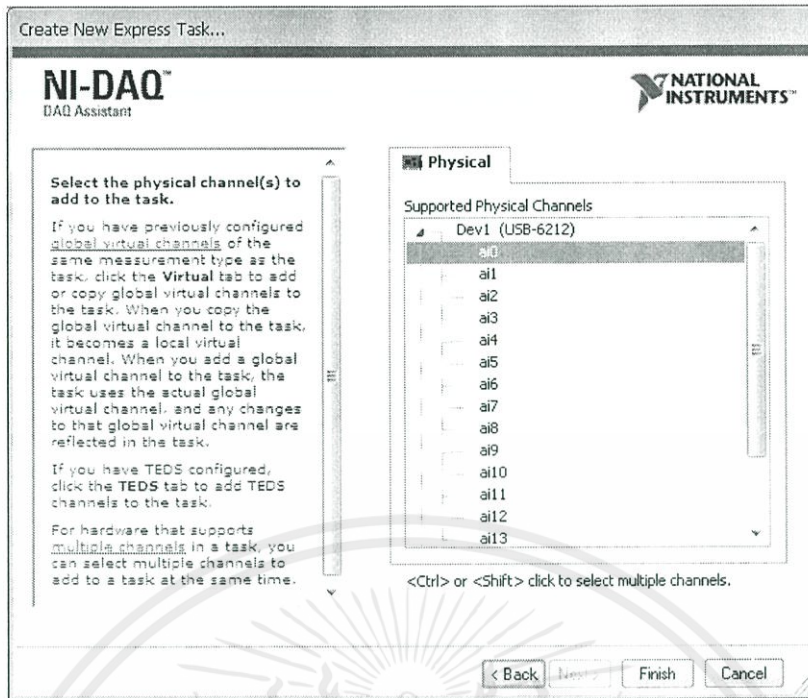
รูปที่ ก.6 DAQ Assistant จาก Fuction Palette [15]

เมื่อเลือก DAQ Assistant แล้วจะปรากฏหน้าต่าง Crate New Express Task ดังรูปที่ ก.7



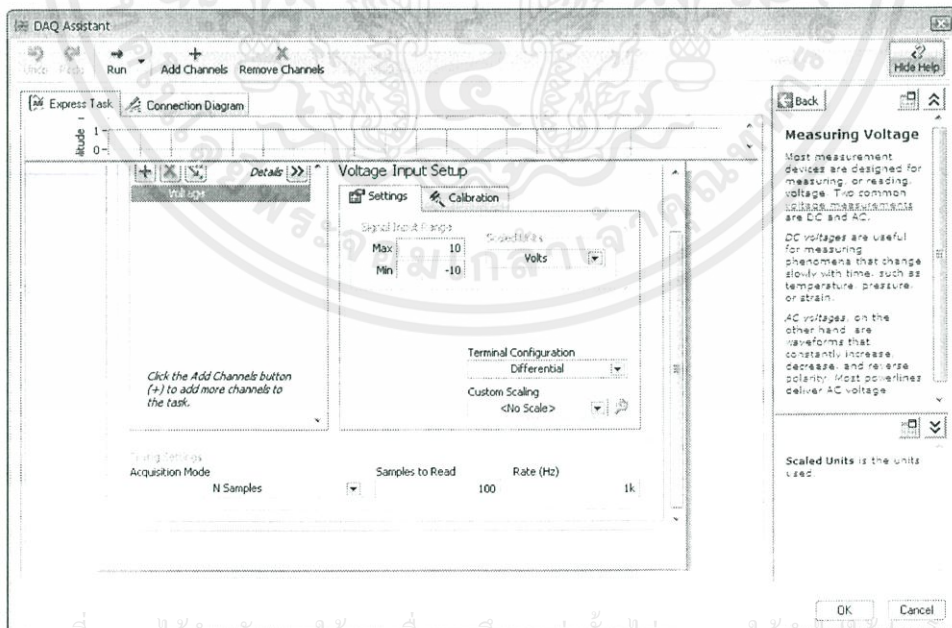
รูปที่ ก.7 หน้าต่าง Crate New Express Task [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่... จากนั้นทำการเลือกสัญญาณอินพุตที่ Acquire Signals หรือสร้างสัญญาณเอาต์พุตที่ Generate Signals จากนั้นทำการเลือกช่องสัญญาณของ DAQ ดังรูปที่ ก.8 การทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.8 เลือกช่องสัญญาณของ DAQ [15]

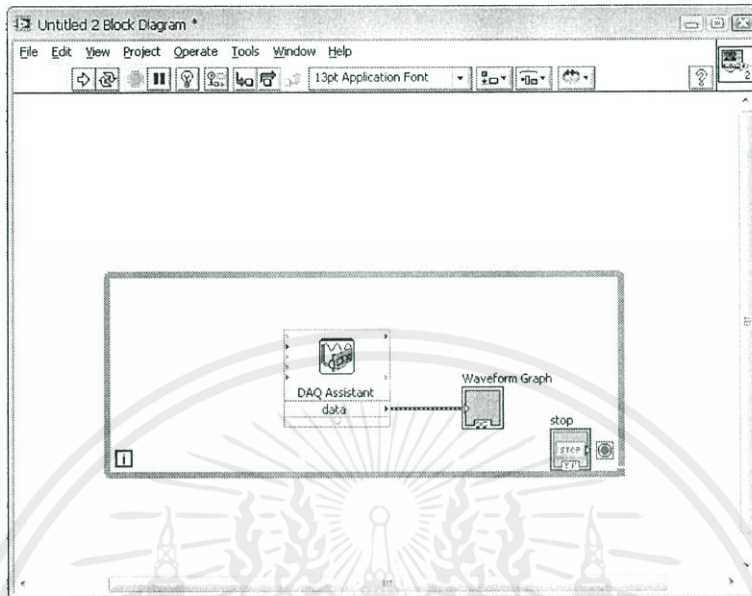
เมื่อกดปุ่ม Finish แล้วจะขึ้นหน้าต่าง DAQ Assistant เพื่อทำการตั้งค่า Sampling Rate ที่ช่อง Samples to Read และช่อง Rate (Hz) รวมถึงการเลือกวิธีการเชื่อมต่อที่ช่อง Terminal Configuration จากนั้นทำการกดปุ่ม OK ดังรูปที่ ก.9



รูปที่ ก.9 หน้าจอ DAQ Assistant [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาและการฝึกอบรมเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้หรือเผยแพร่ในเชิงพาณิชย์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นก็สามารสร้าง Block Diagram ต่างๆเพื่อนำมาใช้งานกับสัญญาณที่ผ่านจากชุดอุปกรณ์ได้



รูปที่ ก.10 ทำการเขียน Block Diagram โดยรับสัญญาณอินพุตจาก DAQ [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

อุปกรณ์เครื่องวัดต่างๆ

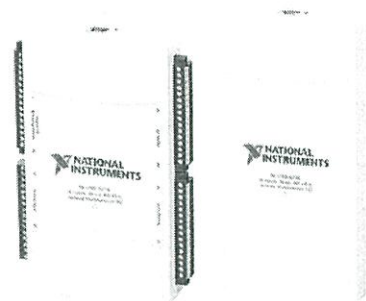


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NI USB-6212

16-Bit, 400 kS/s M Series MIO DAQ, Bus-Powered

- 16 analog input (16-Bit, 400 kS/s)
- 2 analog output (16-Bit, 250 kS/s); 32 digital I/O; two 32-bit counters
- Bus-powered USB for high mobility; built-in signal connectivity
- NI signal streaming for sustained high-speed data streams over USB; OEM version available
- Compatible with LabVIEW, ANSI C/C++, C#, Visual Basic .NET, and Visual Basic 6.0
- NI-DAQmx driver software and LabVIEW SignalExpress LE interactive data-logging software



The National Instruments USB-6212 is a bus-powered USB M Series multifunction data acquisition (DAQ) module optimized for superior accuracy at fast sampling rates. It offers 16 analog inputs; 400 kS/s sampling rate; two analog outputs; 32 digital I/O lines; four programmable input ranges (± 0.2 to ± 10 V) per channel; digital triggering; and two counter/timers.

The NI USB-6212 is designed specifically for mobile or space-constrained applications. Plug-and-play installation minimizes configuration and setup time, while direct screw-terminal connectivity keeps costs down and simplifies signal connections. This product does not require external power.

The USB-6212 also features new NI signal streaming technology, which gives you DMA-like bidirectional high-speed streaming of data across the USB bus. For more information about NI signal streaming, view the Resources tab.

Each module features an OEM version. Check the resources tab or use the left navigation to get pricing and technical information.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

Driver Software

NI-DAQmx driver and measurement services software provides easy-to-use configuration and programming interfaces with features such as DAQ Assistant to help reduce development time. Browse the information in the Resources tab to learn more about driver software or download a driver. M Series devices are not compatible with the Traditional NI-DAQ (Legacy) driver.

Application Software

Every M Series data acquisition device includes a copy of NI LabVIEW SignalExpress LE data-logging software, so you can quickly acquire, analyze, and present data without programming. In addition to LabVIEW SignalExpress, M Series data acquisition devices are compatible with the following versions (or later) of NI application software – LabVIEW 7.1, LabWindows™/CVI 7.x, or Measurement Studio 7.x. M Series data acquisition devices are also compatible with Visual Studio .NET, C/C++, and Visual Basic 6.0.

The mark LabWindows is used under a license from Microsoft Corporation.

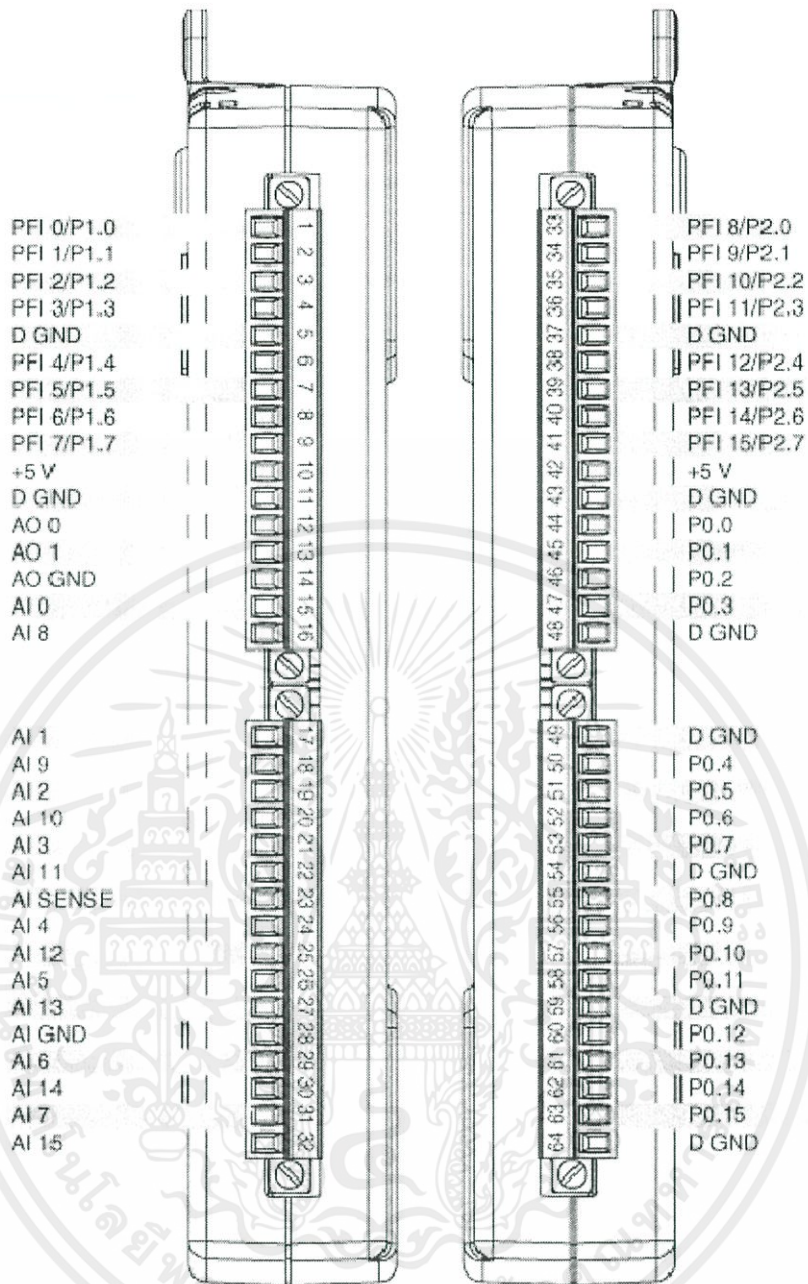
Specifications Summary

General	
Product Name	USB-6212
Product Family	Multifunction Data Acquisition
Form Factor	USB
Part Number	780107-01
Operating System/Target	Windows
DAQ Product Family	M Series
Measurement Type	Quadrature encoder , Voltage
RoHS Compliant	Yes
Analog Input	
Channels	16 , 8
Single-Ended Channels	16
Differential Channels	8

Resolution	16 bits
Sample Rate	400 kS/s
Max Voltage	10 V
Maximum Voltage Range	-10 V , 10 V
Maximum Voltage Range Accuracy	2.69 mV
Maximum Voltage Range Sensitivity	91.6 μ V
Minimum Voltage Range	-200 mV , 200 mV
Minimum Voltage Range Accuracy	0.088 mV
Minimum Voltage Range Sensitivity	4.8 μ V
Number of Ranges	4
Simultaneous Sampling	No
On-Board Memory	4095 samples
Analog Output	
Channels	2
Resolution	16 bits
Max Voltage	10 V
Maximum Voltage Range	-10 V , 10 V
Maximum Voltage Range Accuracy	3.512 mV
Minimum Voltage Range	-10 V , 10 V
Minimum Voltage Range Accuracy	3.512 mV
Update Rate	250 kS/s
Current Drive Single	2 mA
Current Drive All	4 mA
Digital I/O	
Bidirectional Channels	32
Input-Only Channels	0
Output-Only Channels	0
Number of Channels	32 , 0 , 0
Timing	Software
Logic Levels	TTL
Input Current Flow	Sinking
Output Current Flow	Sourcing
Programmable Input Filters	No
Supports Programmable Power-Up States?	Yes
Current Drive Single	16 mA
Current Drive All	50 mA

Watchdog Timer	No
Supports Handshaking I/O?	No
Supports Pattern I/O?	No
Maximum Input Range	0 V , 5.25 V
Maximum Output Range	0 V , 3.8 V
Counter/Timers	
Counters	2
Buffered Operations	Yes
Debouncing/Glitch Removal	Yes
GPS Synchronization	No
Maximum Range	0 V , 5.25 V
Max Source Frequency	80 MHz
Pulse Generation	Yes
Resolution	32 bits
Timebase Stability	50 ppm
Logic Levels	TTL
Physical Specifications	
Length	16.9 cm
Width	9.4 cm
Height	3.1 cm
I/O Connector	Screw terminals
Timing/Triggering/Synchronization	
Triggering	Digital

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"



รูปที่ ข.1 ตำแหน่ง PIN ของ DAQ รุ่น 6212

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์การวัดอ้างอิง

ผู้จัดทำเลือกใช้อุปกรณ์การวัดอ้างอิงของบริษัท Chauvin รุ่น C.A 8335 *QUALISTAR PLUS* Power & Quality Analyser เพื่อตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำของโปรแกรมแลปวิวที่ถูกออกแบบขึ้นโดยตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ



C.A 8335 QUALISTAR PLUS Power & Quality Analyser

Technical Specifications

The QualistarPlus C.A 8335 is synonymous with simplicity, performance, versatility and powerful analysis. It offers all the necessary functions with demanding specifications usually reserved for top-of-the-range laboratory instruments. This instrument is ideal for engineers and technicians seeking all the functions of an electrical network analyser in a portable, battery-powered instrument.

- Real-time display of wave forms (4 voltages and 4 currents)
- RMS voltage and currents per half-period

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

- Intuitive use

- Automatic recognition of the different types of current sensors

- Integration of all the DC components
- Measurement, calculation and display of the harmonics up to the 50th order, along with the phase information
- Calculation of Total Harmonic Distortion (THD)
- Capture of transients per sample (1/256th of a period)
- Display of phasor diagram
- Measurement of VA, W and var power values (total and per phase)
- Measurement of VAh, Wh and varh energy values (total and per phase)
- Calculation of the K-Factor
- Calculation of the cos α displacement power factor (DPF) and the power factor (PF)
- Capture of up to 300 transients
- Flicker calculation
- Unbalance calculation (current and voltage)
- Monitoring of the electrical network with setting of alarms
- Back-up and recording of screenshots (image and data)
- Software for data recovery and real-time communication with a PC
- Recording and export onto PC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

C.A 8335 QUALISTAR PLUS TECHNICAL SPECIFICATIONS
--

No. of channels:	4U / 4I
Voltage (RMS AC+DC)	10 V to 1,000 V (phase-phase) 10 V to 1,000 V (phase-neutral)
- Voltage ratio	Up to 500 kV
Current (RMS AC+DC)	100 mA to 6,500 A
- MN clamps	MN93: 0.1 A to 240 A MN93A: 0.005 A to 5 A* / 0.1 A to 120 A
	* Current ratio= 10 mA to 50 kA
- C clamp	3 A to 1,200 A
- AmpFLEX or MA clamps	30 A to 6,500 A
- PAC clamp	10 A to 1,000 AAC 10 A to 1400 ADC
- E3N clamp	50 mA to 10 Aac/dc 100 mA to 100 Aac/dc
Frequency	40 Hz to 69 Hz
Power values	W, VA, var, PF, DPF, $\cos \phi$, $\tan \phi$
Energy values	Wh, varh, VAh
Harmonics	Yes
- THD	Yes, orders 0 to 50, phase
- Expert mode	Yes
Transients	210
Flicker	Yes
Inrush mode	Yes, > 1 minute
Unbalance	Yes
Recording	1 month

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- all the parameters at the fastest sampling rate	Max. 1 month
- a selection of parameters with acquisition every 10 min	several years
- Min/Max	Yes
Alarms	10,000 of 40 different types
Recognition of current sensors	9
Peak	Yes
Vectorial representation	Automatic
Display	¼ VGA colour LCD, diagonal 148 mm
Screens & curves	50
Electrical safety	IEC 61010 1,000 V CAT III 600 V CAT IV
Languages	More than 25
Communication interface	USB type B
Power supply	9.6 V NiMH rechargeable battery Mains power supply 600 V CAT IV
Dimensions	240 x 180 x 55 mm
Weight	1.9 kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

บทความทางวิชาการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับอาคารศูนย์พลังงานทดแทนแห่งอนาคต

Building Automation System For Future Center @ KMITL

วิชา ๕๕๐๓๑๑ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนลาดกระบัง แขวงลำปลาตี เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทร/โทรสาร. 0-2739-2478

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้นำเสนอระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับอาคารศูนย์พลังงานทดแทนแห่งอนาคตเป็นระบบที่สามารถบริหารจัดการพลังงานภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการควบคุมต่างๆจะถูกควบคุมจากห้องควบคุมกลางที่มีการเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าซึ่งแบ่งเป็นระบบต่างๆ คือ ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ ระบบเตือนอัคคีภัย เป็นต้น การออกแบบระบบต่างๆ ภายในอาคารอาจซับซ้อนมากขึ้น สำหรับอาคารใหญ่ที่มีหลายระบบที่ต้องบริหารจัดการ ในระบบควบคุมอัจฉริยะจะควบคุมโดยใช้โปรแกรม LabVIEW ที่จะทำการตรวจจับค่าพารามิเตอร์ ประมวลผล แสดงผล และบันทึกค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า ที่สภาวะการเกิดความผิดปกติในระบบไฟฟ้า เช่น แรงดันเกิน แรงดันตก หรือความถี่เปลี่ยน การบันทึกค่าพารามิเตอร์ในแต่ละชั่วโมง และการบันทึกเพื่อดูลักษณะกราฟของพารามิเตอร์ในแต่ละลูกคลื่น ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งที่สำคัญต่อระบบจัดการไฟฟ้าอย่างยิ่ง

Abstract

This project presents the (BAS) Building Automation System of Future center at KMITL. The system is controlled from the control room which can manage energy used in the building. The control room connects to all of the separate electrical systems together such as the lighting systems, air conditioning systems, and the fire alarm system. The design system in the building will be complicated for larger buildings because large buildings contain many systems. Most automation systems controlled by the LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) program that analyzes, monitors, and records data from the Three-phase parameter. LabVIEW analyzes both normal and faults conditions, for example undervoltage, overvoltage, and frequency fluctuations. LabVIEW records the parameters each hour and records the cycle for analysis. This is extremely important for managing energy.

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงมีการหันมาใช้พลังงานทดแทนภายในอาคารเพิ่มมากขึ้นทำให้ต้อง

มีระบบการควบคุมการใช้พลังงานภายในอาคารให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดของอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆภายในอาคารเพื่อนำมาวิเคราะห์แนวโน้มการใช้พลังงานภายในอาคาร

Building Automation System (BAS) เป็นระบบการควบคุมการใช้พลังงานภายในอาคารให้มีประสิทธิภาพ ช่วยในการบริหารจัดการการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ โดยการแบ่งองค์ประกอบหลักของระบบ BAS จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนการทำงานของโปรแกรมและส่วนการทำงานของฮาร์ดแวร์ โดยส่วนของโปรแกรมสามารถตรวจวัดค่าพารามิเตอร์พื้นฐานและค่าความผิดปกติทางไฟฟ้าต่างๆ โดยการทำงานของโปรแกรมจะทำการเก็บค่าพารามิเตอร์พื้นฐานและค่าความผิดปกติทางไฟฟ้าต่างๆ แล้วนำมาประมวลผล ตามเงื่อนไขของโปรแกรมแล้วควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ โดยจะมีส่วนของหน้าจอที่แสดงผลแบบเรียลไทม์ หน้าจอควบคุมสัญญาณ หน้าจอแสดงการตั้งค่าการบันทึกค่าพารามิเตอร์พื้นฐานและค่าความผิดปกติทางไฟฟ้าต่างๆตามเวลาที่กำหนด หน้าจอแสดงสัญญาณค่าต่างๆ โดยค่าของพารามิเตอร์พื้นฐานและค่าความผิดปกติทางไฟฟ้าต่างๆ จะมารับจาก DAQ (Data Acquisition Board) เพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลผ่านเข้า DAQ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีพื้นฐานทางไฟฟ้า

2.1.1 พารามิเตอร์พื้นฐานในระบบไฟฟ้า เช่น แรงดันไฟฟ้า (V), กระแสไฟฟ้า (I), กำลังไฟฟ้าได้แก่ กำลังไฟฟ้าปรากฏ (S), กำลังไฟฟ้าจริง (P), กำลังไฟฟ้าเสมือน (Q), ตัวประกอบกำลัง (PF) และความถี่ (f)

2.1.2 ค่าความผิดปกติทางไฟฟ้า เช่น ฮาร์โมนิกส์ (Harmonics), แรงดันเกิน (Overvoltage), แรงดันตก (Undervoltage), แรงดันไม่สมดุล (Voltage unbalance), การเปลี่ยนแปลงความถี่ (Frequency fluctuation), ค่าความเพี้ยนกระแสฮาร์โมนิกส์รวม (%THD_i) และค่าความเพี้ยนแรงดันฮาร์โมนิกส์รวม (%THD_v) [2-3]

2.2 ทฤษฎีพื้นฐานของระบบควบคุมอาคารอัจฉริยะ (BAS)

เป็นระบบการควบคุมการใช้พลังงานภายในอาคารให้มีประสิทธิภาพช่วยในการบริหารจัดการการทำงานของอุปกรณ์ภายในอาคาร เช่น ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบทำความเย็น ระบบระบายอากาศ เป็นต้น

2.3 ทฤษฎี LabVIEW Program

LabVIEW คือ โปรแกรมที่สร้างขึ้นเพื่อนำมาใช้ในด้าน การวัดงานทางวิศวกรรมเป็น โปรแกรมประเภทใช้โค้ดรูปภาพแทนการเขียนโค้ด

บทที่ 3 การออกแบบโปรแกรมและอุปกรณ์

3.1 การออกแบบโปรแกรม

ในการออกแบบโปรแกรม ซึ่งเป็น โปรแกรมที่สามารถ ออกแบบอุปกรณ์วัดที่หลากหลายเพียงพอต่อความต้องการของ ผู้ใช้ ทำให้ผู้ใช้สามารถดู ตรวจสอบ บริหารและวางแผนการใช้ ไฟฟ้าได้อย่างได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ [4]

3.1.1 การออกแบบระบบควบคุมและประมวลผล

เป็นส่วนที่เปรียบเสมือนหัวใจของ โปรแกรม หาก ออกแบบได้ดี จะมีความเร็วในการทำงาน และความถูกต้องแม่นยำ

3.1.2 การสร้างหน้าจอแสดงผล

ออกแบบมาเพื่อแสดงค่าข้อมูลที่ได้อากการตรวจวัดเพื่อ ดูค่าพารามิเตอร์ต่างๆของระบบที่จะเป็นประโยชน์การวิเคราะห์ อาทิ เช่น แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความถี่ สิ่งผิดปกติในระบบรวมถึง การแสดงในลักษณะของกราฟ วิเคราะห์ค่าฮาร์มอนิกต่างๆ และการ ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ

3.1.3 การบันทึกข้อมูล

3.1.3.1 การบันทึกตามจำนวน Cycle ที่กำหนด

เป็นการบันทึกกราฟแรงดันและกระแส ในแต่ละเฟส โดย ผู้ใช้สามารถกำหนดจำนวน Cycle ที่ต้องการบันทึกในแต่ละเฟสได้

3.1.3.2 การบันทึกเมื่อเกิดความผิดปกติของไฟฟ้า

ในการบันทึกไฟล์ จะใช้หลักการการบันทึกเมื่อ เกิด ความผิดปกติของไฟฟ้า เช่น Overvoltage, Undervoltage, frequency fluctuation โดยที่โปรแกรมจะทำการบันทึกไฟล์ทันทีที่เกิดความผิด ผิดขึ้น และจะหยุดบันทึกเมื่อสภาวะของระบบไฟฟ้ากลับสู่ปกติ

3.1.3.3 การบันทึกค่าพารามิเตอร์ตามเวลาที่กำหนด

การบันทึกค่าพารามิเตอร์ ตามเวลาที่กำหนดจะทำงานโดย ที่ผู้ใช้จะเป็นผู้กำหนดเวลาที่ต้องการเก็บบันทึกค่าในหน่วยนาที่ โดยที่ จะเก็บเป็นค่า Rms โดยในการเก็บค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ จะทำให้ สามารถศึกษาพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า ประสิทธิภาพของระบบที่เวลา ต่างๆ และทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น

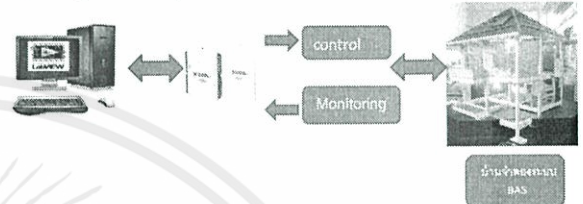
3.1.4 การอ่านข้อมูล (Read File)

ส่วนของการอ่านข้อมูลที่บันทึกในโปรแกรม LabVIEW จะบันทึกในนามสกุล*.TDMSซึ่งมีขนาดข้อมูลที่เล็กเหมาะสมกับการ เก็บข้อมูลที่ใช้เวลานาน และค่าที่แสดงผลออกมาจะมีการแบ่งค่าตาม แกน X Y และส่วนของการแสดงผลอยู่ในรูปของ Analog Value(Graph) [5]

3.2 การออกแบบอุปกรณ์

ในระบบอาคารอัจฉริยะได้ทำการจำลองระบบต่างๆใส่ใน บ้านอัจฉริยะ โดยมีการออกแบบอุปกรณ์ที่หลากหลายเพื่อตอบสนอง ความเป็นอัจฉริยะของอาคารและ โปรแกรมที่ถูกออกแบบไว้โดยบ้าน อัจฉริยะนี้จะมีฟังก์ชันการทำงานคือ สามารถเปิด-ปิดระบบแสงสว่างได้ จากห้องควบคุม สวิตซ์ และ Smart Phone, ระบบการเตือนอัคคีภัย , ระบบสัญญาณกันขโมย , ระบบเปิด-ปิดไฟรอบบ้านอัตโนมัติ ซึ่ง มี การออกแบบอุปกรณ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.2.1 DAQ (Data Acquisition Board)



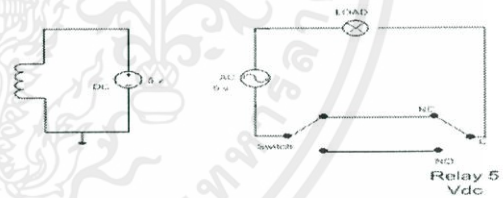
รูปที่ 1 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ Hardware และ Software

3.2.1 ชุดหม้อแปลงแรงดัน

ได้ออกแบบชุดหม้อแปลงแรงดัน 3 เฟส เพื่อรองรับการ แปลงลดแรงดันไฟฟ้าทั้ง 3เฟส โดยกำหนดให้มีค่าอัตราส่วน 1000/10 V พิกัด 40 VA เพื่อให้มีความครอบคลุมในการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า และทำให้อุปกรณ์DAQ สามารถรับค่าและทำงานได้อย่างถูกต้อง

3.2.2 ชุดควบคุมแสงสว่างและโหลด DC

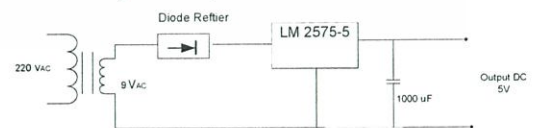
วงจรที่ใช้ในการควบคุมการเปิด-ปิดไฟ เป็นส่วนที่ส่ง สัญญาณในการควบคุม การเปิด-ปิด ไฟหรือพัดลม ได้จากสวิตซ์ที่ ติดตั้งที่บริเวณหน้าบ้านและจาก โปรแกรมโดยมีการทำงานตามรูปที่ 1



รูปที่ 2 วงจรชุดควบคุมแสงสว่างและโหลดกระแสตรง

3.2.3 ชุดแปลงแรงดันไฟสลับเป็นไฟตรง

วงจรแปลงกระแสสลับเป็นกระแสตรง (rectifier) ซึ่ง ประกอบด้วยไดโอดบริดจ์ LM2575-5 ตัวเก็บประจุ ขนาด 1000uF ขนาด 16 V แสดงรูปวงจรในรูปที่ 3

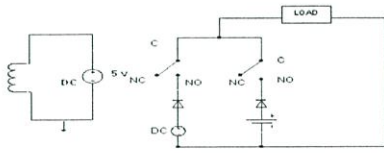


รูปที่ 3 วงจรแปลงแรงดันไฟสลับเป็นไฟตรง

3.2.4 ชุดควบคุมเลือกใช้พลังงานจากแหล่งจ่ายพลังงานทดแทน

ระบบนี้ใช้สำหรับจ่าย โหลดไฟรอบบ้านโดยจะเปิด-ปิดของ อัตโนมัติเมื่อถึงเวลากลางคืนและยังสามารถเลือกแหล่งจ่ายที่จะมา

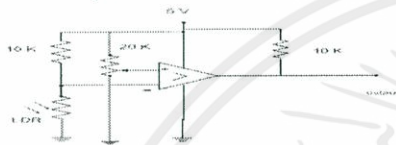
จ่ายไฟรอบบ้านได้ 2 โหมดคือ โหลดจากแบตเตอรี่และเมื่อแบตเตอรี่หมดเราจะสับมาที่โหลดไฟ DC 5V โดยอัตโนมัติ LabVIEWดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 วงจรควบคุมเลือกใช้พลังงานจากแหล่งจ่ายพลังงานทดแทน

3.2.5 ชุดตรวจจับสถานะของโหลด

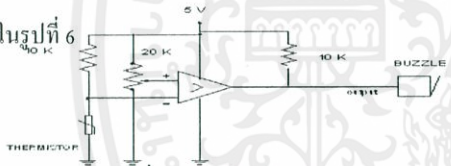
ใช้ Sensor แสงในการตรวจจับสถานะโดย Sensor แสงนี้ใช้ LDR ในการตรวจจับแสง ในสภาวะมีแสงสว่าง และไม่มีแสงสว่างโดยใช้OpAmp จะเปรียบเทียบค่าและส่งแรงดัน 5V หรือ 0Vส่งผ่าน DAQดังแสดงวงจรในรูปที่ 5



รูปที่ 5 วงจรตรวจจับสถานะของโหลด

3.2.6 ชุดเตือนอัคคีภัย

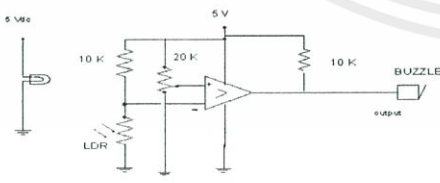
ชุดเตือนอัคคีภัยใช้หลักของการเปลี่ยนแปลงแรงดันภายในตัวเทอร์มิสเตอร์ เนื่องจากการเปลี่ยนค่าตัวต้านทานภายในตัวเองเมื่อเกิดความร้อนขึ้น ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงของแรงดันดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 วงจรเตือนอัคคีภัย

3.2.7 ชุดสัญญาณกันขโมย

ชุดสัญญาณกันขโมยเป็นที่ชุดวงจรที่ป้องกันคนบุกรุกเข้าบ้าน โดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงที่ตกกระทบกับเซนเซอร์ LDR ซึ่ง LDR มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานภายในตัวเมื่อมีค่าความเข้มแสงที่เปลี่ยนไปเปลี่ยนไปดังแสดงวงจรในรูปที่ 7



รูปที่ 7 วงจรสัญญาณกันขโมย

4. ผลการทดลอง

เพื่อให้ชุดโมเดลของระบบ BAS มีความน่าเชื่อถือนำไปใช้ได้จริง จึงมีการทดสอบความถูกต้องของชุดอุปกรณ์และทำการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 ทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมแลวิวกับชุดอุปกรณ์

4.1.1 การหาค่าแก้อัตราส่วนของชุดอุปกรณ์

โดยป้อนแรงดันอินพุตให้โหลด บันทึกค่าแรงดันจริง กระแสจริง และบันทึกค่าแรงดันที่ออกจาก PT และ CT หาอัตราส่วนระหว่างOutput กับ Input ได้ค่าแก้ของ CT และ PT ดังตารางที่ 1 ตารางที่ 1 การหาค่าแก้อัตราส่วนของชุดอุปกรณ์

Phase	ค่าแก้ในโปรแกรม			
	PT		CT	
	Actual Ratio	New Ratio	Actual Ratio	New Ratio
A	100	99.8	40	47.2
B	100	99.25	40	45.1
C	100	100.07	40	47.72

4.1.2 การตรวจสอบหาขบวนการทำงานของ Zener Diode

วงจรรักษาระดับแรงดันโดยใช้ซีเนอร์ไดโอดจะต่ออยู่ระหว่างแหล่งจ่ายไฟที่กับโหลดซึ่งจะทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันให้คงตัว

4.1.3 การลดสัญญาณรบกวนที่เกิดจาก DAQ

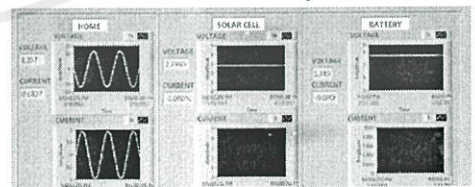
ในการลดสัญญาณรบกวนจะทำได้โดยการต่อตัวต้านทานระหว่างขั้วลบของช่องกระแสและกราวด์ร่วมของ DAQ แล้วจะพบว่าสามารถลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นได้ ทำให้ค่าความผิดพลาดและแรงดันฮาร์มอนิกมีค่าลดลง และรูปคลื่นสัญญาณที่ได้ก็มีความถูกต้องมาก

4.2 ผลการทดลองของโมเดลระบบ Building Automation System

จากการทดลองโมเดลของระบบBuilding Automation System(BAS) ของการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ได้ทำการออกแบบขึ้นนั้นมีด้วยกันสี่ส่วนคือการวัดค่าการใช้พลังงาน ,การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า,สัญญาณเตือนภัย และการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า ซึ่งจะอธิบายได้ดังต่อไปนี้

4.2.1 การวัดค่าการใช้พลังงาน

การวัดค่าการใช้พลังงานจะแบ่งออกเป็น3ส่วนคือการวัดค่าพลังงานที่ได้จากแสงโซลาเซลล์,ค่าพลังงานจากแบตเตอรี่ และการวัดค่าการใช้พลังงานจากการไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 8



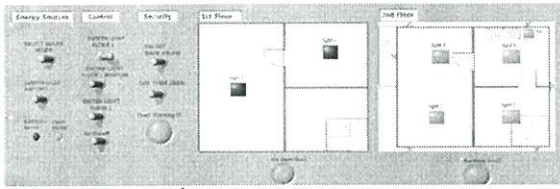
รูปที่ 8 การวัดค่าการใช้พลังงาน

4.2.2 การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

4.2.2.1 การควบคุมระบบแสงสว่าง โยชน์ด้านการค้า

การควบคุมระบบแสงสว่างและ โหลด Air จำลองของระบบนี้สามารถสั่งการทำงาน ได้ทั้งสองแบบคือ การควบคุมด้วยมือ

และการควบคุมผ่านโปรแกรมแลปวิวส่วนในหน้าของโปรแกรม LabVIEW จะมีการแสดงสถานะ การปิด-เปิด ของระบบแสงสว่างแต่ละโซน แสดงดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 การควบคุมระบบแสงสว่าง

4.2.2.2 การควบคุมการปิดเปิดไฟกลางคืน

การควบคุมการปิด-เปิดไฟกลางคืน จะใช้เซนเซอร์แสงเป็นตัวควบคุมการปิดขเปิด ของไฟรอบบ้านเมื่อกกลางคืนจะสั่งให้เปิด และตอนกลางวันจะสั่งให้ปิดดังแสดงในรูปที่ 10

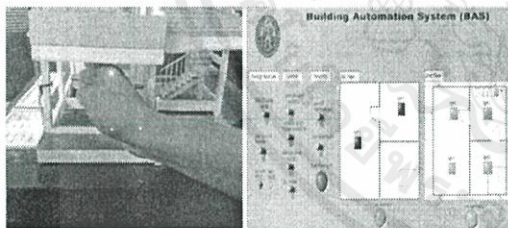


รูปที่ 10 การทดลองเปิดไฟรอบบ้านตอนกลางคืน

4.2.3 สัญญาณเตือนภัย

4.2.3.1 สัญญาณกันขโมย

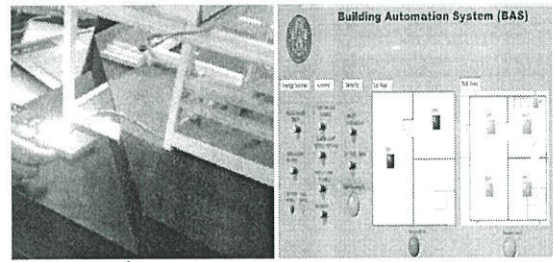
โดยการติดตั้งเลเซอร์ไว้ที่ประตูหน้าบ้าน เมื่อต้องการเปิดเลเซอร์สามารถเปิดผ่านสวิทช์ เมื่อมีคนเดินผ่านก็จะทำการส่งสัญญาณ Alarm และในหน้าจอของโปรแกรมแลปวิวก็นมีการแสดงสถานะจากสีเขียวเป็นสีแดงกระพริบและสามารถทำการปิด Alarm ได้สองทางคือ สวิทช์และโปรแกรมแลปวิวดังแสดงรูปที่ 11



รูปที่ 11 แสดงการจำลองสัญญาณกันขโมย

4.2.3.2 สัญญาณเตือนไฟฟ้าไหม้

สัญญาณเตือนไฟฟ้าไหม้ได้ติดตั้งตัวรับความร้อนไว้ทั้งชั้นล่างและชั้นบน ส่วน Alarm ก็ติดตั้งไว้ทั้งสองชั้นเช่นกัน ซึ่งเมื่ออุณหภูมิมีค่าสูง ก็จะทำให้ Alarm ดังขึ้น ซึ่งแยกแต่ละโซน และมีกรแสดงบนหน้าของโปรแกรมLabVIEW จากสถานะปกติจะเป็นที่สีเขียวอ่อน จะแสดงเป็นสีส้มดังแสดงในรูปที่ 12

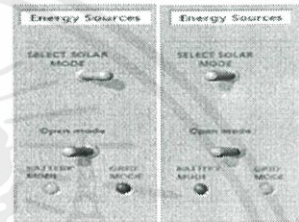


รูปที่ 12 แสดงการจำลองสัญญาณเตือนไฟฟ้าไหม้

4.2.4 การควบคุมการใช้พลังงานระหว่างแหล่งจ่ายจากกรไฟฟ้ากับแบตเตอรี่

ในการออกแบบโมเดลนี้ได้ออกแบบให้สามารถสลับไฟแบตเตอรี่กับไฟจากการไฟฟ้าเพื่อจ่ายไฟรอบบ้านได้ ดังแสดงในรูปที่

13



รูปที่ 13 แสดงการควบคุมการใช้พลังงาน

5. สรุป

ในบทความฉบับนี้ ได้นำเสนอระบบ Building Automation System (BAS) ด้วยการใช้โปรแกรม LabVIEW สามารถควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟ การทำงานของสัญญาณกันขโมยได้เป็นอย่างดี สามารถแสดงสถานะการทำงานของหลอดไฟ สัญญาณเตือนไฟไหม้และ สัญญาณกันขโมยได้ อีกทั้งยังสามารถควบคุมการทำงานต่างๆภายในตัวบ้านผ่านระบบอินเตอร์เน็ตได้ ทำให้มีความสะดวกในการควบคุมหลอดต่างๆ สามารถรับรู้สถานะต่างๆภายในบ้าน ซึ่งสามารถช่วยเหลือในด้านความปลอดภัยของบ้านได้เป็นอย่างดี และยังช่วยให้สามารถบริหารจัดการพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

[1] H. Saadat, "Power System Analysis", 2nd ed.: McGrawHill, 2004.

[2] IEEE std 1159-1995, IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality, IEEE PES Technical Committee Meeting, Las Vegas, NV, 2003.

[3] กิจไพบุลย์ ชิวพันธ์ุศรี "การออกแบบแอปพลิเคชันในระบบกราฟิกด้วย LabVIEW", ซีเอ็ดยุคเข็้น, 2007.

[4] เกียรติกร อยู่สุวรรณ,จักรกฤษณ์ รัตนพันธ์,เจตน มังกร อิศวกุล ,ฉัตรชัย บุญยืน "ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดและวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าชนิดสามเฟสโดยใช้โปรแกรมแลปวิว" คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าทหารลาดกระบัง, 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากมีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ผศ.ศุภชัย สุรินทร์วงศ์ .เทคโนโลยีไฟฟ้ากระแสสลับ เล่ม1. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น) ,2539
- [2] IEEE std 1159-1995, IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality, IEEE PES Technical Committee Meeting, Las Vegas, NV, 2003.
- [3] <http://www.smartclick.co.th/datacenter.php>
- [4] <http://www.peakconference.com/news/conference-mean.html>
- [5] <http://www.nkengineers.biz/>
- [6] M.R. brambley,et al., "Advance Sensors and control; for Building Application: Market Assessment and potential R&D Pathways," prepared for U.S. Department of Energy by Pacific Northwest National Laboratory, April 2005 [4]
- [7] <http://www.rdi.ku.ac.th/kasetresearch53/group06/nattawut/gprs.html>
- [8] <http://th.wikipedia.org/>
- [9] Kristin Kamn, “Achieving Energy Savings with Building Automation System”, April 2007.
- [10] http://www.gojapango.com/japan_picture/display_image.php?album=152&pos=3
- [11] <http://blog.eduzones.com/futurecareer/39718>
- [12] www.scribd.com/doc/42273357/CH-1-Introduction
- [13] กิจไพบุลย์ ชิวพันธ์ศรี, LabVIEW ซอฟต์แวร์เพื่อการพัฒนากระบวนการวัดและควบคุม, กรุงเทพมหานคร ,สนพ.บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน),2554
- [14] <http://www.chauvin-arnoux.com>
- [15] เกรียงไกร อยู่สุวรรณ จักรกฤษณ์ รัตนพันธ์ เจตน์ มังกรอัสวกุล ฉัตรชัย บุญยี่น, “ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดและวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าชนิดสามเฟสโดยใช้โปรแกรมแลปวิว,” ปริญญาานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2553.
- [16] <http://embeddedcontrol.blogspot.com/2012/08/daq-system.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้จัดทำ



นางสาว วริษฐา เอื้อสุขกุล
 ที่อยู่ : 161/487 ถนนจรัญสนิทวงศ์ 27 แขวงบางขุนศรี เขต
 บางกอกน้อย 10700
 Email : loveangle_fon_@hotmail.com
 Tel : 086-1248484



นาย ศิทธิธา วงศ์สุวรรณ
 ที่อยู่ : 83 หมู่ 5 ต.หนองกระทุ่ม อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม
 73140
 Email : sittita.ae@gmail.com
 Tel : 087-7573747



นาย สารัช ปวีณรัฐติกาล
 ที่อยู่ : 136 ตรอกโรงพยาบาลสมเด็จพระปิ่นเกล้า 15 แขวง
 บุคคโล เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10600
 Email : topgd68@hotmail.com
 Tel : 081-7350064

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้