



รายงานการวิจัย

การพัฒนาระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า
เพื่อการอนุรักษ์พลังงานด้วยโปรแกรมแลบวิว

The Development of System of Measurement and Data Monitoring System in
Electrical Energy Usage for Energy Saving Using LabVIEW Program

กัณตภณ มหาหัมมัต

ศรัณย์ ชูคดี

พิเชษฐ จันทวี

ไพศาล คงเรือง

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณกองทุนวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2559

ชื่องานวิจัย : การพัฒนาระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า
เพื่อการอนุรักษ์พลังงานด้วยโปรแกรมแลบวิว

ผู้วิจัย : นายกันตณ มະหาหมัด หัวหน้าโครงการ
นายศรัณย์ ชุกดี ผู้ร่วมวิจัย
นายพิเชษฐ์ จันทวี ผู้ร่วมวิจัย
นายไพศาล คงเรือง ผู้ร่วมวิจัย

คณะ : เทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ปี : 2560

บทคัดย่อ

ปัญหาส่วนใหญ่ในการวางแผนการจัดการด้านพลังงานไฟฟ้าคือการขาดข้อมูลสำหรับการตัดสินใจในการวางแผนการใช้พลังงาน งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการพัฒนาระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ที่ให้ความสะดวกและเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า โปรแกรมนี้ได้รับออกแบบและพัฒนาจากโปรแกรมแลบวิว จากนั้นทำการทดสอบเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน ก่อนที่จะประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการวิจัยพบว่า โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้าและตรวจสอบติดตามข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายได้ โดยมีความผิดพลาดในการวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าอยู่ในช่วง -0.05 ถึง $+0.20$ และ -0.55 ถึง $+3.75$ ตามลำดับ ซึ่งมีความถูกต้องแม่นยำสูง และมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุดตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ สามารถนำไปใช้ในการวัดปริมาณทางไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(งานมีจำนวนทั้งสิ้น 79 หน้า)

Project title : The Development of System of Measurement and Data Monitoring System in Electrical Energy Usage for Energy Saving Using LabVIEW Program

By : Mr.Kuntapon Mahamad Leader Resherch
 Mr.Sarun Chucadee Co- Resherch
 Mr.Pichet Chantavee Co- Resherch
 Mr.Pisan Kongruang Co- Resherch

Faculty : Industrial Technology

Academic year : 2017

Abstract

The most problems in electrical power management is the lack of information for decision making in energy consumption planning. This research presents the development of system of measurement and data monitoring system in electrical energy that are convenience and efficiency in electrical power management. This program is designed and modified from LabVIEW program and then is compared to the standard instrument before evaluated its suitability by experts. The research found that this developed program could be measured the electrical quantity and monitor the data through the network concerning with an error in voltage and current are in the range of -0.05 to +0.20 and -0.55 to +3.75 respectively. It is very high accuracy and most suitability that could be effectively used for an electrical quantity measurement.

(Total 79 pages)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัย ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจาก หลายส่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่เป็นผู้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ ผู้ดำเนินงานขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณโปรแกรมวิชาอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี และศูนย์เทคโนโลยีพลังงาน ทางเลือก คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สำหรับสถานที่ในการทดลองปฏิบัติงาน

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ได้แก่ ดร.สันติ หุตะมาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์บรรจบ ขาวอำไพ ดร.อาคม ลักษณะสกุล นายณรงค์ชัย ทองรักษ์ นายบันลือศักดิ์ ชะนะถาวร ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินผล ความเหมาะสมของงานวิจัยที่ สร้างขึ้น เพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในหลักสูตรเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินงานด้วยดีเสมอมา ทำให้นี้ประโยชน์อันพึงมีจากการดำเนินงานในครั้งนี้ ขอมอบแด่มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

กัณตกณ มะหาหมัด และคณะผู้วิจัย

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ธันวาคม 2560

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า	4
2.2 โปรแกรมแลบVIEW	4
2.2.1 Front Panel	5
2.2.2 Block Diagram	5
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	9
3.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเพื่อเตรียมการวิจัย	11
3.2 การออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมแลบVIEW	11
3.2.1 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน	5
3.2.2 การออกแบบโปรแกรมแลบVIEW	14
3.3 การออกแบบการติดตั้งฮาร์ดแวร์สำหรับการทดลอง	16
3.4 การทดสอบโปรแกรมและชุดอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น	17
3.4.1 การทดสอบการ DAQ เพื่อการเชื่อมต่อและรับสัญญาณข้อมูล	17
3.4.2 การทดสอบการต่อใช้งานเพื่อเก็บข้อมูลจริง	20

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 การประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมโดยผู้เชี่ยวชาญ	21
3.6 การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน	56
3.7 การวิเคราะห์ผล	24
3.7.1 การวิเคราะห์ความถูกต้องของโปรแกรม	25
3.7.2 การประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมโดยผู้เชี่ยวชาญ	25
3.7.3 การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน	26
บทที่ 4 ผลการวิจัย	27
4.1 ผลการพัฒนาระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า	27
4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบตรวจวัดและติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้า	28
4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	32
4.3.1 ผลการประเมิน โดยผู้เชี่ยวชาญ	32
4.3.2 ผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งาน	34
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	36
5.1 สรุปผลการวิจัย	27
5.1.1 สรุปผลการพัฒนาระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการอนุรักษ์พลังงานด้วยโปรแกรมแลบวิว	32
5.1.2 สรุปผลการทดสอบระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการอนุรักษ์พลังงานด้วยโปรแกรมแลบวิว	32
5.1.3 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน	33
5.2 อภิปรายผล	37
5.3 ข้อเสนอแนะ	37
บรรณานุกรม	39
ภาคผนวก	41
ภาคผนวก ก	42
รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบสอบถาม	43
หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญประเมินเครื่องมือวิจัย	44

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	49
แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน	53
ภาคผนวก ข	57
คู่มือการใช้งานระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า	58
ภาคผนวก ค	66
บทความเผยแพร่	67
ประวัติผู้วิจัย	79



สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4-1 เปรียบเทียบผลการการวัดจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน	31
4-2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อความเหมาะสมของระบบตรวจวัดและ ติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า	32
4-3 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า	34
๕-1 เปรียบเทียบผลการการวัดจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน	65



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 การวัดค่าสัญญาณด้วยโปรแกรมแลบวิว	5
2-2 หน้าต่างโปรแกรมแลบวิว ด้าน Front Panel	6
2-3 หน้าต่างโปรแกรมแลบวิวด้าน Block Diagram	6
3-1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	9
3-2 แบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน	14
3-3 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรม	15
3-4 Block diagram ของโปรแกรม	16
3-5 อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์	17
3-6 การเลือกช่องสัญญาณอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ NI 9244 สำหรับวัดแรงดันไฟฟ้า	18
3-7 การทดสอบสัญญาณของการ์ด NI 9244	18
3-8 การตรวจสอบการต่อสายไฟฟ้าของการ์ด NI 9244	19
3-9 การทดสอบสัญญาณของการ์ด NI 9227	19
3-10 การเชื่อมต่อกับ LabVIEW web server	20
3-11 การทดสอบการทำงานและเปรียบเทียบผลระหว่างโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องวัด	
มาตรฐาน	21
3-12 ฟังก์ชันขั้นตอนการสร้างแบบสอบถาม	22
3-13 การอบรมภาคปฏิบัติ	24
4-1 ระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า	27
4-2 ระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า	28
4-3 ตัวอย่างการเปรียบเทียบค่าปริมาณไฟฟ้าของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องมือวัด	
มาตรฐาน	30
4-4 การแสดงข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย	66
ข-1 การทดสอบโปรแกรมตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า	59
ข-2 หน้าต่างโปรแกรม	60
ข-3 การแสดงข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย	61

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ข-4 หน้าต่าง Setting	62
ข-5 ตัวอย่างการเปรียบเทียบค่าปริมาณไฟฟ้าของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน	64



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยที่จำเป็นของประชาชนทั่วไปในปัจจุบัน และมีความสำคัญต่อการผลิต ธุรกิจ อุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก แต่เนื่องจากประเทศไทยไม่ได้มีแหล่งผลิตพลังงานภายในประเทศมากเพียงพอความต้องการ ทำให้ต้องพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ โดยจากข้อมูลของกระทรวงพลังงานพบว่า ประเทศไทยยังมีอัตราการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.2 ต่อปี (สำนักนโยบายและแผนพลังงาน, 2554) รัฐบาลจึงมุ่งเน้นการอนุรักษ์พลังงาน โดยได้นำมาตรการต่าง ๆ ทั้งในเชิงนโยบาย การสนับสนุนค่าน้ำวิจัย และการณรงค์ เพื่อกระตุ้นให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน และการจัดการการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เช่น การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของภาคอุตสาหกรรมและภาคขนส่ง การสนับสนุนการคั่นคว่ำและเพิ่มศักยภาพการเพิ่มศักยภาพในการบริหารจัดการพลังงาน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2558) รวมทั้งนโยบายการประหยัดพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นแบบประหยัดพลังงาน และการรณรงค์ ประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับการประหยัดพลังงานผ่านสื่อต่าง ๆ ทั้งภาคอุตสาหกรรม และหน่วยงานราชการ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2558) เป็นต้น โดยมีกระทรวงพลังงานเป็นหน่วยงานหลัก สำหรับหน่วยงานราชการ รัฐบาลให้ความสำคัญในการใช้พลังงานอย่างยิ่ง เนื่องจากมีอัตราการใช้ไฟฟ้าประมาณ 6,360 ล้านหน่วยต่อปี หรือ 5 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณทั้งหมด คิดเป็นเงิน 15,900 ล้านบาทต่อปี โดยรัฐบาลมีนโยบายนำร่องและรณรงค์เพื่อการอนุรักษ์พลังงานในโครงการต่าง ๆ เพื่อเป็นตัวอย่างที่ดีในการบริหารจัดการอย่างเป็นรูปธรรม โดยกำหนดเป้าหมายให้ทุกหน่วยงานราชการลดการใช้พลังงานร้อยละ 10 - 15 ตามแผนการอนุรักษ์พลังงาน ของสำนักนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน (กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน, 2551) ซึ่งพบว่า ปัจจุบันสามารถควบคุมการใช้พลังงานได้ในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตามจากการติดตามของสำนักงาน กพร. และ สนพ. พบว่า ในการกำหนดเป้าหมายที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์นั้น ทำให้บางหน่วยงานมุ่งเน้นเป้าหมายที่จะทำได้ตามเป้า โดยไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบในการใช้งาน เช่น ปิดไฟในพื้นที่ที่ยังจำเป็นต้องใช้งานทำให้แสงสว่างไม่เพียงพอ ไม่เปิดเครื่องปรับอากาศทั้งที่ห้องมีอุณหภูมิสูง ลดการใช้ลิฟต์ในช่วงเวลาที่ยังจำเป็น เป็นต้น

ในส่วนของมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ซึ่งเป็นหน่วยงานราชการหน่วยงานหนึ่งที่อยู่ในโครงการลดการใช้พลังงานภาครัฐ ยังคงมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีการใช้พลังงานไฟฟ้า ในปี 2558 จำนวน 519,372 หน่วย เพิ่มจากปี 2557 ที่มีการใช้ 463,121 หน่วย และปี 2556 ที่ใช้ปริมาณไฟฟ้า 447,484 หน่วย (สำนักนโยบายและแผนพลังงาน, 2558) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าปี 2558 เพิ่มขึ้นจากปี 2556 ถึงร้อยละ 16 มหาวิทยาลัย ฯ จึงให้ความสำคัญกับปัญหานี้เป็นอย่างยิ่ง โดยได้ดำเนินมาตรการต่าง ๆ เพื่อการอนุรักษ์พลังงานอย่างเป็นรูปธรรมทั้งการควบคุมการปิด เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า การประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศ และการใช้งานอุปกรณ์สำนักงานต่าง ๆ อย่างไรก็ตามจากการติดตามใช้พลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยนั้น พบว่า ยังมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ต่าง ๆ ที่ไม่จำเป็น ยังมีการเปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทิ้งไว้หลังการใช้งาน (กันตภณ มะหามัค, 2553) และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัย ฯ ยังเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (สำนักนโยบายและแผนพลังงาน, 2558) ดังนั้นการมีระบบติดตามตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้านั้นนับว่าเป็นข้อมูลที่จำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้สามารถนำข้อมูลมาใช้ในการควบคุมการใช้พลังงานที่สิ้นเปลืองและไม่จำเป็นได้อย่างมีประสิทธิภาพ (คุณิต ชนเพทหาย, 2553)

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบตรวจวัดและติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารที่สามารถตรวจสอบข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร จัดเก็บข้อมูล บันทึกและวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า ที่ใช้งานได้ง่ายด้วยการพัฒนาบน โปรแกรมแลบวิวที่เขียนได้สะดวก รวดเร็ว มีความแม่นยำสูง จัดเก็บข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันจะเป็นประโยชน์ในการนำข้อมูลไปใช้เพื่อการติดตาม ตรวจสอบและวางแผนการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าของอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อประยุกต์ใช้โปรแกรมแลบวิวสำหรับพัฒนาระบบตรวจวัดและติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

1.2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบตรวจวัดและติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้น

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ออกแบบและสร้างชุดตรวจวัดและติดตามพลังงานไฟฟ้าของอาคาร โดยใช้โปรแกรมแลบวิว (LabVIEW) สามารถวัดค่าปริมาณไฟฟ้าต่าง ๆ ได้ เช่น ค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้าได้ โดยการแสดงผลได้ในรูปแบบกราฟ ตัวเลขได้ การติดตั้งและทดสอบร่วมกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้จริง

ผู้ใช้งานสามารถติดตามตรวจสอบผลการใช้พลังงานไฟฟ้าได้แบบ Real time รวมทั้งการดูผลย้อนหลังในรูปแบบ วัน เดือน ปี และสามารถติดตามการทำงานได้จากคอมพิวเตอร์หลักโดยตรง หรือผ่านการติดตามตรวจสอบ (Monitoring) ผ่านระบบเครือข่ายได้

การทำการทดสอบประสิทธิภาพเปรียบเทียบการทำงานของชุดตรวจวัดและวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่สร้างขึ้นกับอุปกรณ์เครื่องมือวัดมาตรฐานเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และประเมินความเหมาะสมของการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (Graphic User Interface: GUI) โดยผู้เชี่ยวชาญ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถใช้เป็นต้นแบบสำหรับการติดตามตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.4.2 สามารถนำข้อมูลจากการวัดและวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าและการประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้

1.4.3 สามารถนำข้อมูลจากการวัดและวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าและการประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานวิจัยเรื่องการพัฒนากระบวนการตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการอนุรักษ์พลังงานด้วยโปรแกรมแลบวิว ผู้วิจัยได้ศึกษาทางด้านทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยเสนอตามหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 ระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า

2.2 โปรแกรมแลบวิว

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า

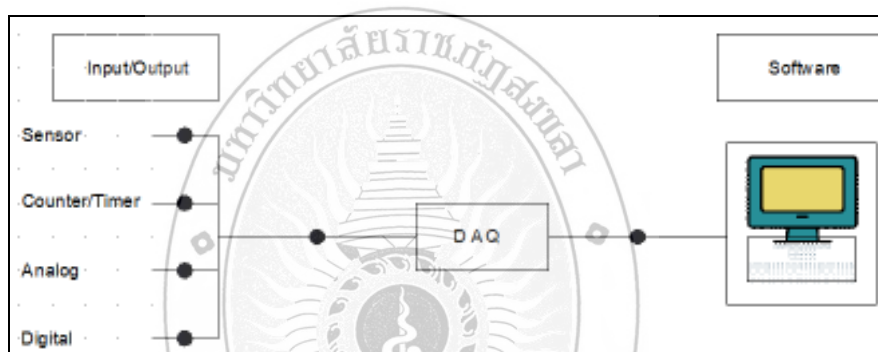
ระบบการจัดการพลังงาน (Energy Management System : EMS) คือ การประยุกต์ใช้ระบบจัดการข้อมูลที่ทันสมัย โดยจะรวบรวมข้อมูลต่างๆ ซึ่งจะช่วยในการทำงานเพื่อที่จะบริหารการใช้พลังงาน และค่าใช้จ่ายพลังงาน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2560) ระบบการจัดการพลังงานประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ การวัด การจัดการข้อมูล และการควบคุม ระบบการจัดการพลังงานจะมีขอบเขตตั้งแต่ที่ใช้คนแบบง่าย ๆ ไปจนถึงระบบที่ใช้คอมพิวเตอร์ควบคุม ในการใช้งานระบบการจัดการพลังงาน สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับทุกส่วนที่มีการใช้พลังงาน เช่น ภาคอุตสาหกรรม ภาคที่อยู่อาศัย โดยปัจจัยที่ทำให้ระบบการจัดการพลังงานสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ ระบบการตรวจติดตามและการตั้งเป้าหมายที่จะต้องจัดเตรียมข้อมูลให้กับผู้ใช้ เพื่อให้เกิดความพร้อมของผู้ใช้ และทำให้ผู้ใช้สามารถตัดสินใจได้ง่าย เพื่อรักษาสมดุลระหว่างการผลิต การใช้พลังงาน และข้อจำกัดในการปฏิบัติงาน ซึ่งในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการพัฒนาระบบการวัดและเก็บข้อมูลด้านพลังงานไฟฟ้าที่สามารถติดตามตรวจสอบได้ทั้งจากข้อมูลผ่านคอมพิวเตอร์หลักและการตรวจสอบติดตามผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

2.2 โปรแกรมแลบวิว

โปรแกรมแลบวิว เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ชนิดหนึ่ง ย่อมาจากคำว่า Laboratory Virtual Engineering Workbench (เจริญ เพชรมุณี, 2547, น.1) เป็นโปรแกรมที่ใช้เพื่อสร้างโปรแกรมสำหรับการวัดค่าทางกายภาพ การเก็บและบันทึกข้อมูล และควบคุมระบบต่าง ๆ

โดยใช้ภาษารูปภาพหรือภาษากราฟิก (Graphic) ในการสร้างโปรแกรม ซึ่งแตกต่างจากโปรแกรมอื่น ๆ ที่ใช้ตัวอักษรเพื่อสร้างโปรแกรม เช่น C/C++, Visual C++, Visual Basic โปรแกรมแลบVIEW มีฟังก์ชัน (Functions) และเครื่องมือ (Tools) เพื่อช่วยให้ผู้ใช้สามารถนำมาสร้างโปรแกรมสำหรับงานประยุกต์ต่างๆ ได้อย่างสะดวกเช่น Loops, Case Structures, Arrays, String, File I/O, Data Acquisition, Instrument Control เป็นต้น

โปรแกรมที่พัฒนาด้วยแลบVIEW จะเรียกว่า Virtual Instrument (VI) ซึ่งหมายถึง เครื่องมือวัดเสมือน ที่ได้ทำการสร้างขึ้นบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ค่าสัญญาณจากการตรวจวัดด้วยเซนเซอร์หรืออุปกรณ์ตรวจวัดอื่น ๆ จะถูกส่งมายังการ์ด Analog to Digital ของโปรแกรมซึ่งเรียกว่า การ์ด Data Acquisition (DAQ) แล้วส่งค่าให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผล ดังภาพที่ 2-1

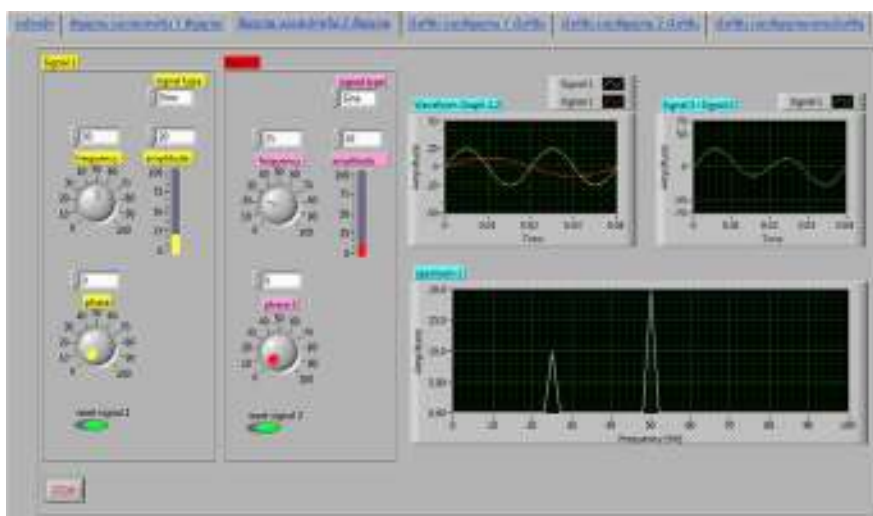


ภาพที่ 2-1 การวัดค่าสัญญาณด้วยโปรแกรมแลบVIEW
ที่มา (กันตถน มະหาหมัด, 2552ก)

ในส่วนของการแสดงผล สามารถเขียนโปรแกรมให้แสดงผลการวัดค่าสัญญาณโดยมีส่วน Front Panel เป็นส่วนแสดงผล และส่วน Block Diagram เป็นส่วนการเขียนโปรแกรม ดังนี้

2.2.1 Front Panel

Front Panel เป็นส่วนที่ใช้แสดงสัญลักษณ์ของอุปกรณ์เพื่อติดต่อกับผู้ใช้งาน ใช้สำหรับใส่ค่า (Input) และแสดงผล (Output) ของตัวโปรแกรมที่สร้างขึ้นมา โดยส่วน Input จะถูกเรียกว่า “Control” และส่วน Output จะเรียกว่า “Indicator” ตัว Control และ Indicator ที่ถูกนำมาใช้ใน Front Panel ซึ่งจะมีจุดต่อเชื่อมปรากฏอยู่ที่ Block Diagram ด้วย เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงานตัว Control ที่ Front Panel จะส่งข้อมูลผ่านไปยัง Block Diagram และตัว Output ก็จะส่งค่าจาก Block Diagram กลับมาแสดงผลที่ Front Panel ผ่านตัว Indicator ที่กำหนดไว้ ข้อมูลที่ใช้ในตัว Control และ Indicator มีหลายรูปแบบ เช่น ตัวเลข (Numeric) เงื่อนไข (Booleans) ตัวอักษร (Strings) ชาร์ต (Charts) และกราฟ (Graphs) เป็นต้น ลักษณะของ Front Panel ดังภาพที่ 2-2

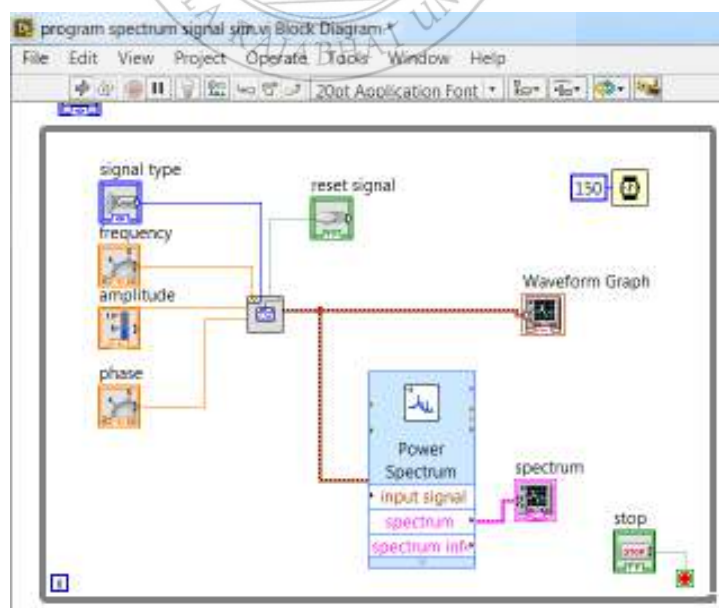


ภาพที่ 2-2 หน้าต่างโปรแกรมแลบวิว ด้าน Front Panel

ทิมา (Mahamad *et al.*, 2013)

2.2.2 Block Diagram

Block Diagram เป็นส่วนที่ใช้เขียน “Source Code” ของโปรแกรม ตัวโค้ด (Code) ในโปรแกรมแลบวิว เป็นกราฟิกที่เรียกกันว่า ภาษา G (Graphical Programming) หลักการของโปรแกรมจะใช่วิธีการเชื่อมต่อสัญลักษณ์ของอุปกรณ์แต่ละตัวเข้าด้วยกัน แทนการเขียนโดยใช้คำสั่งต่าง ๆ ซึ่งใช้หลักการเดียวกับการเขียน Flowchart ลักษณะการเขียนโค้ดของโปรแกรมใน Block Diagram ดังภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 หน้าต่างโปรแกรมแลบวิวด้าน Block Diagram

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาระบบการวัดและวิเคราะห์ผลในงานอุตสาหกรรมด้วยโปรแกรมแลบวิว ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ได้มาตรฐานและใช้งานในด้านอุตสาหกรรมต่าง ๆ ดังนี้

การประยุกต์ใช้แลบวิวแสดงการวัดแรงกด (สมหวัง อริสริวงศ์ และสราวุฒิ สิริเกษมสุข, 2549, น. 56-59) ได้ออกแบบอุปกรณ์วัดแรงกด โดยใช้วงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส และใช้โปรแกรมแลบวิวในการแสดงข้อมูลที่อุปกรณ์วัดแรงกดสามารถวัดได้ พร้อมกับบันทึกข้อมูลค่าที่วัดได้ในคอมพิวเตอร์ ลักษณะการวัดแรงกดในงานที่มีผิวสัมผัสเรียบใช้ FlexiForce เป็นเซนเซอร์วัดแรงกด จะเป็นตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ เมื่อมีแรงมากระทำจะทำให้ความต้านทานเปลี่ยนแปลงไป ค่าที่ได้จากเซนเซอร์นำมาแปลงด้วยไอซีออปแอมป์ให้เป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าส่งมายัง DAQ เพื่อแสดงผลผ่านโปรแกรมแลบวิวซึ่งคำนวณค่าที่ได้รับจากอุปกรณ์วัดแรงกดโดยใช้สมการการปรับเทียบค่าภายใน โปรแกรมพร้อมกับบันทึกค่าที่ได้ลงในตารางเพื่อการจัดเก็บข้อมูล

การควบคุมตำแหน่งโลหะจำรูปชนิดแผ่นโดยใช้กล้องจับ (อุกฤษฏ์ วังมงคล เดี่ยว กุลพิทักษ์ และอนรรฆ ชันชะวนะ, 2550, น. 1153-1155) ซึ่งใช้โปรแกรมแลบวิวแสดงค่าการประมวลผลการทำงานของกล้องที่ทำหน้าที่จับภาพเพื่อดูการเคลื่อนที่ของแผ่นโลหะจำรูป โดยทดลองออกแบบสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อทดสอบ และควบคุมตำแหน่งแผ่นโลหะจำรูป ซึ่งมีวงจรจ่ายกระแสทำหน้าที่จ่ายกระแสให้ความร้อนแผ่นโลหะจำรูป ภาพที่ได้จากกล้องนำมาประมวลผลภาพเพื่อหาตำแหน่งโดยโปรแกรม Visual C++ แล้วส่งค่าที่วัดได้นี้ให้กับ PID Controller โดยค่าของ Set Point (SP) และค่าตำแหน่งจะแสดงผลผ่านโปรแกรมแลบวิว

โปรแกรมเครื่องวัดไฟกระพริบตามมาตรฐาน IEC 61000-4-15 (นฤพร สุขมาก, และธวัชชัย เตชะสอนันต์, 2551, น. 61-64) ซึ่งใช้โปรแกรมแลบวิวมาพัฒนาเป็นโปรแกรมเพื่อตรวจสอบการกระพริบของไฟฟ้า โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น มีส่วนแสดงผลในรูปแบบของปฏิทินที่มีความคล่องตัวในการแสดงผลเพื่อให้ผู้ใช้สามารถสังเกต และเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างวันหรือสัปดาห์ได้สามารถย่อหรือขยายรูป บันทึกรูป และแสดงค่าข้อมูลที่จุดนั้นได้อย่างชัดเจน โดยการทำงานของระบบสามารถแสดงผลแบบกึ่ง Real time ผู้ใช้สามารถเลือกสัญญาณที่ต้องการวัดได้ระหว่างค่าจากการวัด DAQ หรือสัญญาณที่ได้จากการทดสอบ

การวัดและควบคุมระดับของเหลว โดยใช้โปรแกรมแลบวิวมาพัฒนาเป็นโปรแกรมเพื่อแสดงผลค่าการวัดระดับของชุดสาธิตกระบวนการควบคุมระดับของเหลว (กันตภณ มะหาหมัด, 2552ข, น. 211-217) ซึ่งโปรแกรมจะรับสัญญาณจากเซนเซอร์วัดระดับแล้วส่งสัญญาณการวัด

ให้กับการ์ด DAQ และส่งค่าเข้าสู่คอมพิวเตอร์เพื่อแสดงผลที่สามารถแสดงผลได้ถูกต้องและติดตามค่าการวัดระดับได้อย่างต่อเนื่อง

การใช้โปรแกรมแลบวิวสำหรับการวัดด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Spanik *et al.*, 2006) ซึ่งได้มีการนำโปรแกรมแลบวิวมาประยุกต์ใช้ในการสร้าง GUI และทำการจำลองสัญญาณที่เกิดขึ้นสามารถแสดงผลการวัดได้อย่างถูกต้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าโปรแกรมแลบวิวสามารถใช้ในการออกแบบโปรแกรมได้สะดวก รวดเร็ว และสร้าง GUI ได้สวยงาม เหมาะสมในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ด้านไฟฟ้า ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้จึงประยุกต์ใช้โปรแกรมแลบวิวมาพัฒนาระบบการวัด ตรวจสอบ และวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบการใช้งานจริง เพื่อนำมาตรวจสอบ ติดตามและวิเคราะห์ผลการใช้พลังงานไฟฟ้า เป็นข้อมูลในการดำเนินการด้านการอนุรักษ์พลังงานของอาคาร และเป็นต้นแบบในการจัดการด้านการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของอาคารในมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลาต่อไป



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

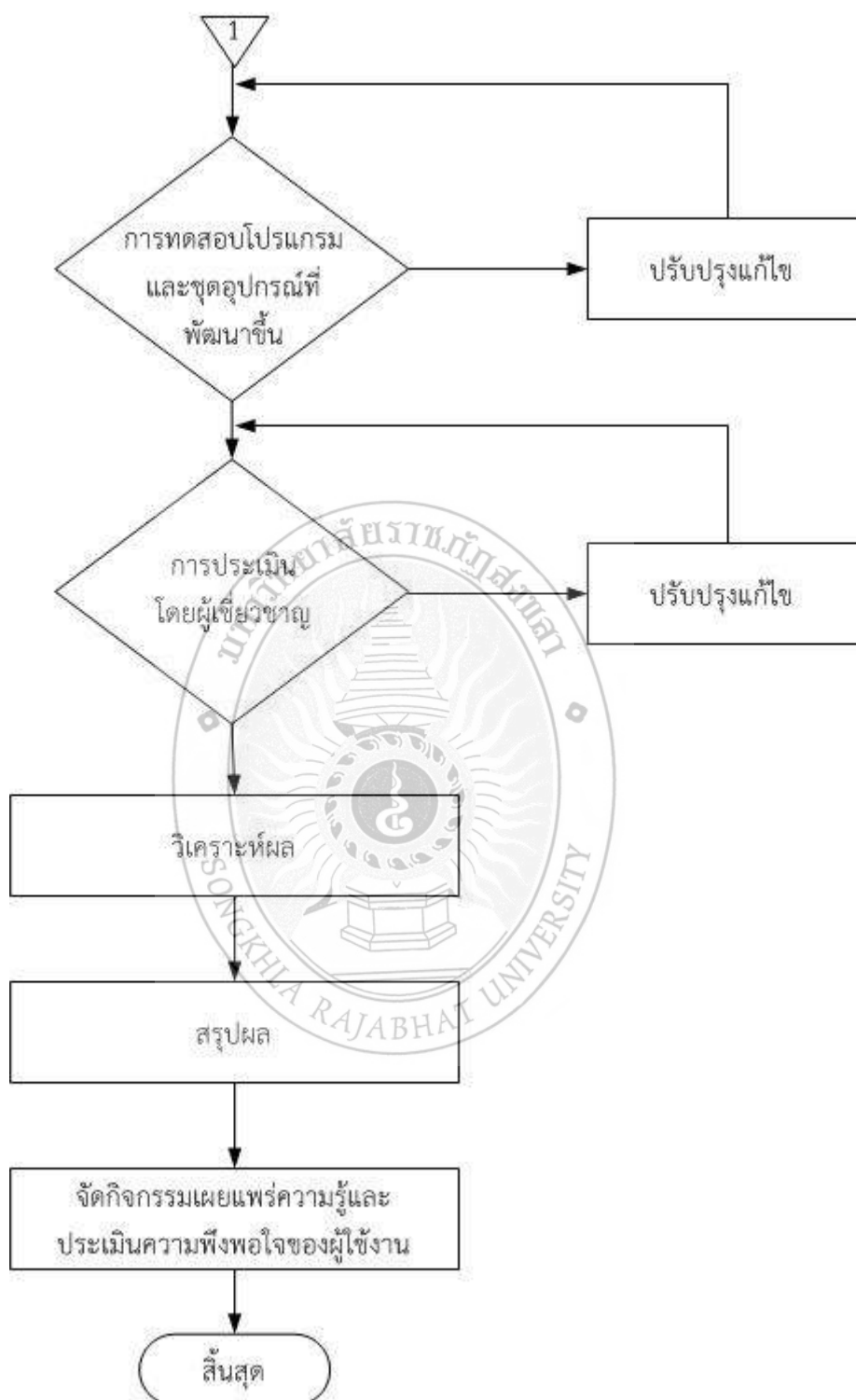
การดำเนินโครงการวิจัย เรื่องการพัฒนาระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยโปรแกรมแลบวิว คณะผู้วิจัยได้มีการวางแผนและกำหนดขั้นตอนการดำเนินงานโดยเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

- 3.1 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
- 3.2 การออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมแลบวิว
- 3.3 การออกแบบติดตั้งฮาร์ดแวร์สำหรับการทดลอง
- 3.4 การทดสอบโปรแกรมและชุดอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น
- 3.5 การประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมโดยผู้เชี่ยวชาญ
- 3.6 การวิเคราะห์ผลและสรุปผล
- 3.7 จัดกิจกรรมเผยแพร่องค์ความรู้

ขั้นตอนการดำเนินงาน แสดงดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการดำเนินงาน



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการดำเนินงาน (ต่อ)

3.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเพื่อเตรียมการวิจัย

3.1.1 ศึกษารายละเอียดและกระบวนการวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในปัจจุบัน เทคนิควิธีการในการตรวจสอบข้อมูลและวิเคราะห์ผล เพื่อการจัดการพลังงานไฟฟ้า

3.1.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยทำการศึกษาแนวคิดวิธีการในการตรวจวัดและติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร การพัฒนาระบบการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าของอาคารที่สามารถเก็บบันทึกผลการใช้งาน เทคนิคการพัฒนาโปรแกรมและการสร้าง GUI (Graphic User Interface) เพื่อใช้ในการวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า

3.1.3 ศึกษาเอกสารตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับเทคนิควิธีการติดตั้งอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ของโปรแกรมแลบวิวเพื่อการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า

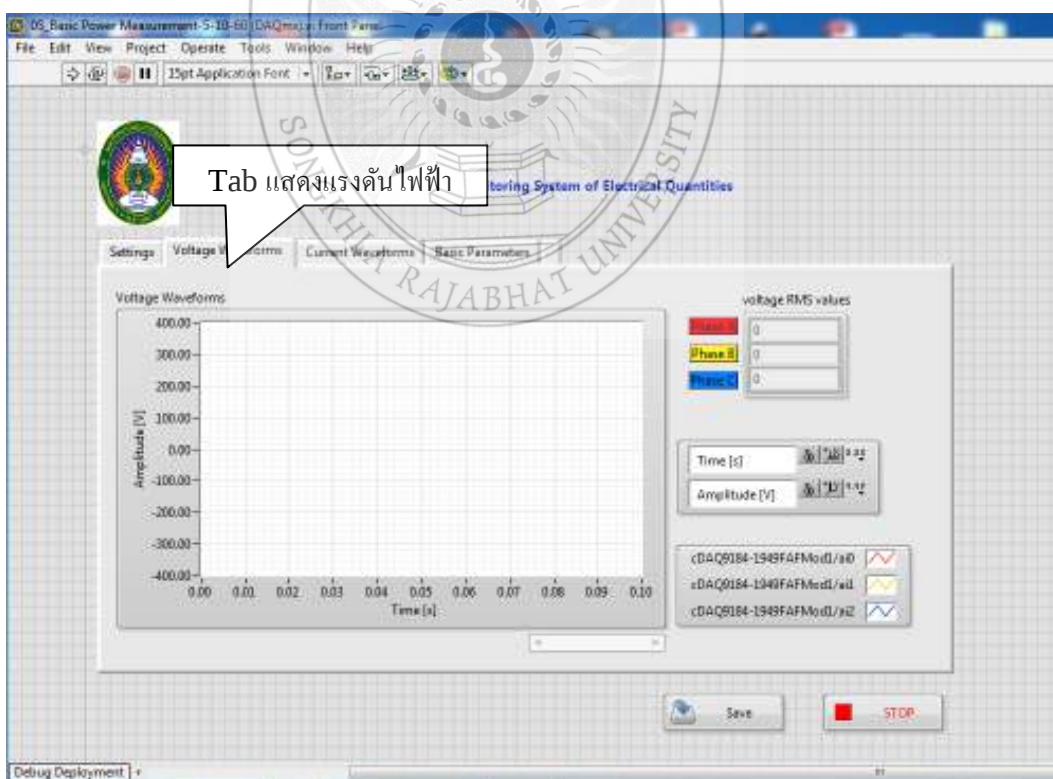
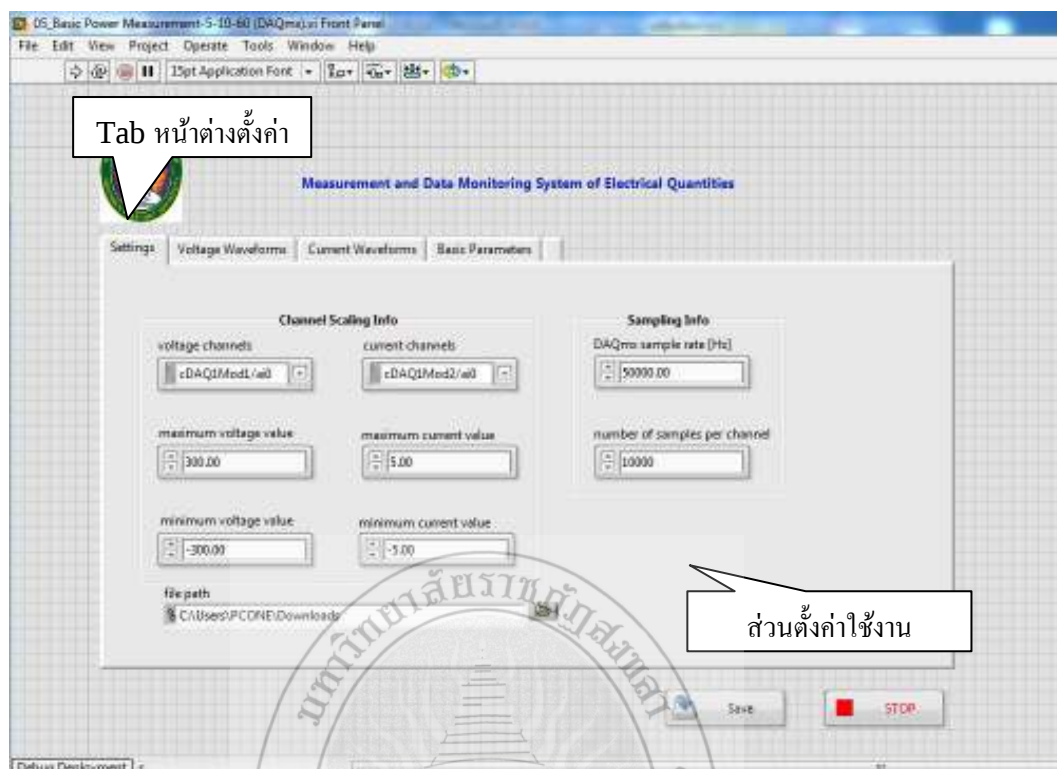
3.1.4 ศึกษาระเบียบวิธีวิจัย ตลอดจนวิธีการเก็บข้อมูล วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดสอบ โปรแกรมวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานที่พัฒนาด้วยโปรแกรมแลบวิว จากตำราและผู้เชี่ยวชาญ

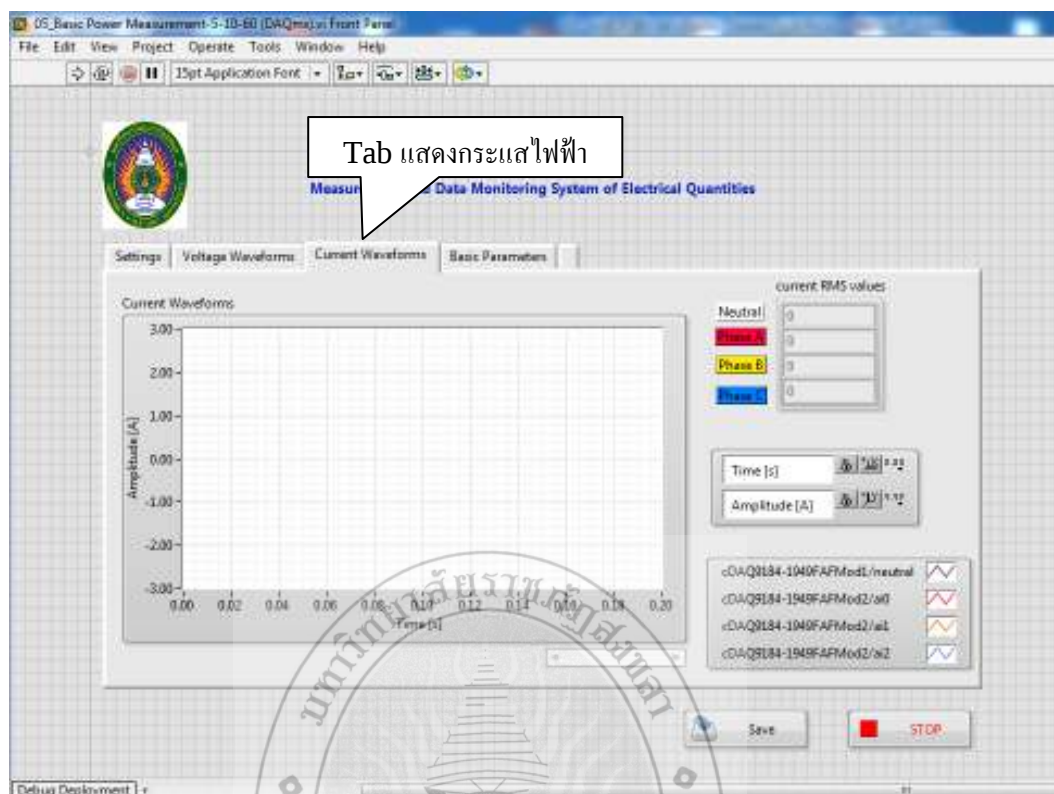
3.2 การออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมแลบวิว

การออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ 1) ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน และ 2) ส่วนโปรแกรมการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ มีรายละเอียด ดังนี้

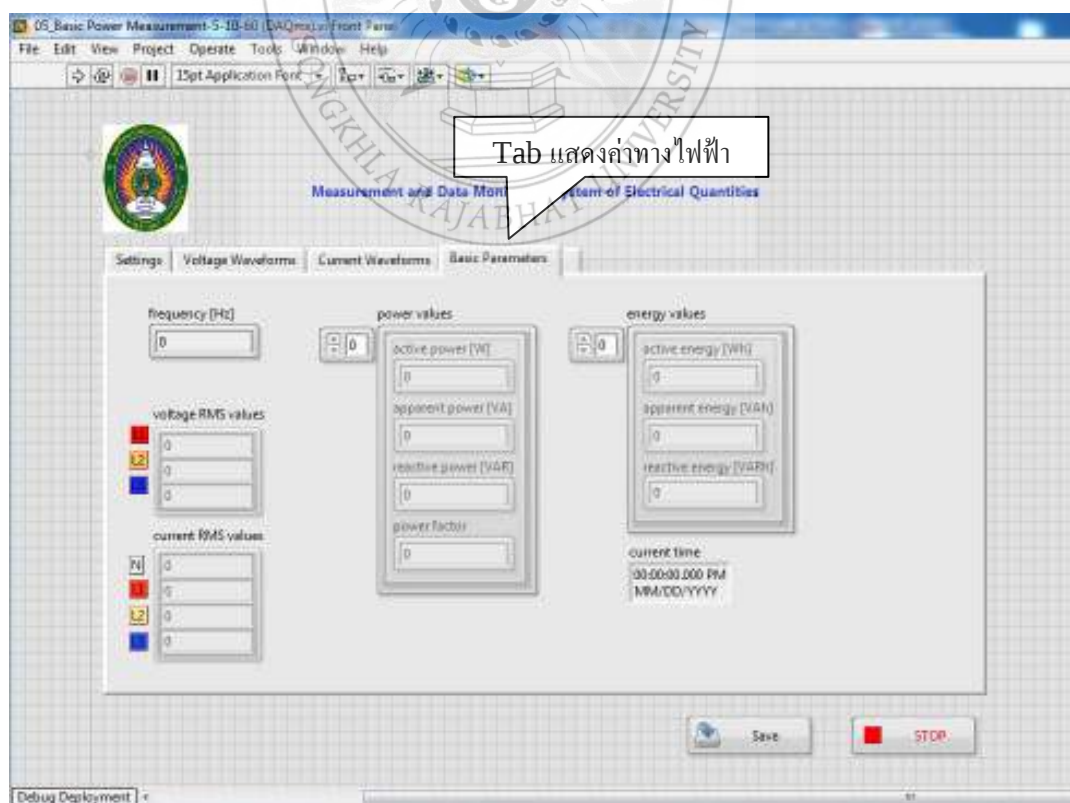
3.2.1 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน หรือการสร้าง GUI สำหรับโปรแกรมวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้น โดยใช้โปรแกรมแลบวิว ที่สามารถพัฒนา GUI ได้สะดวก รวดเร็ว และสวยงาม (A. K. Singh, *et al.*, 2015) โดยยึดหลักการออกแบบ GUI ที่ให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ง่ายและสะดวก ดังภาพที่ 3-2

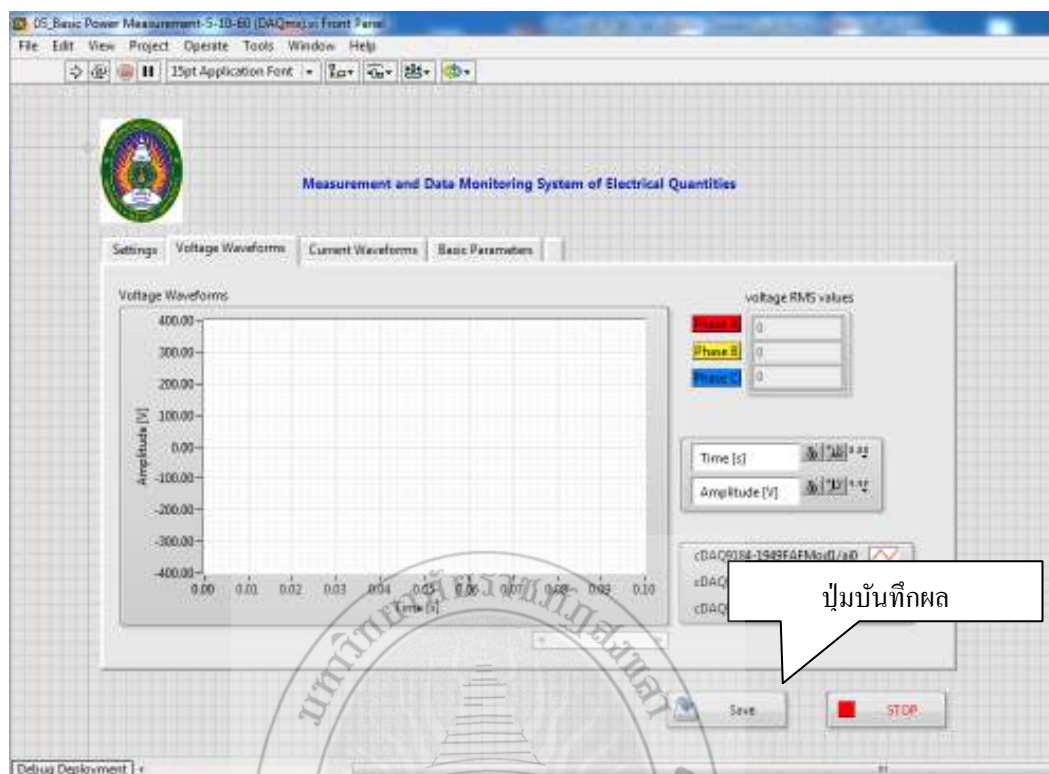




(ค)



(ง)

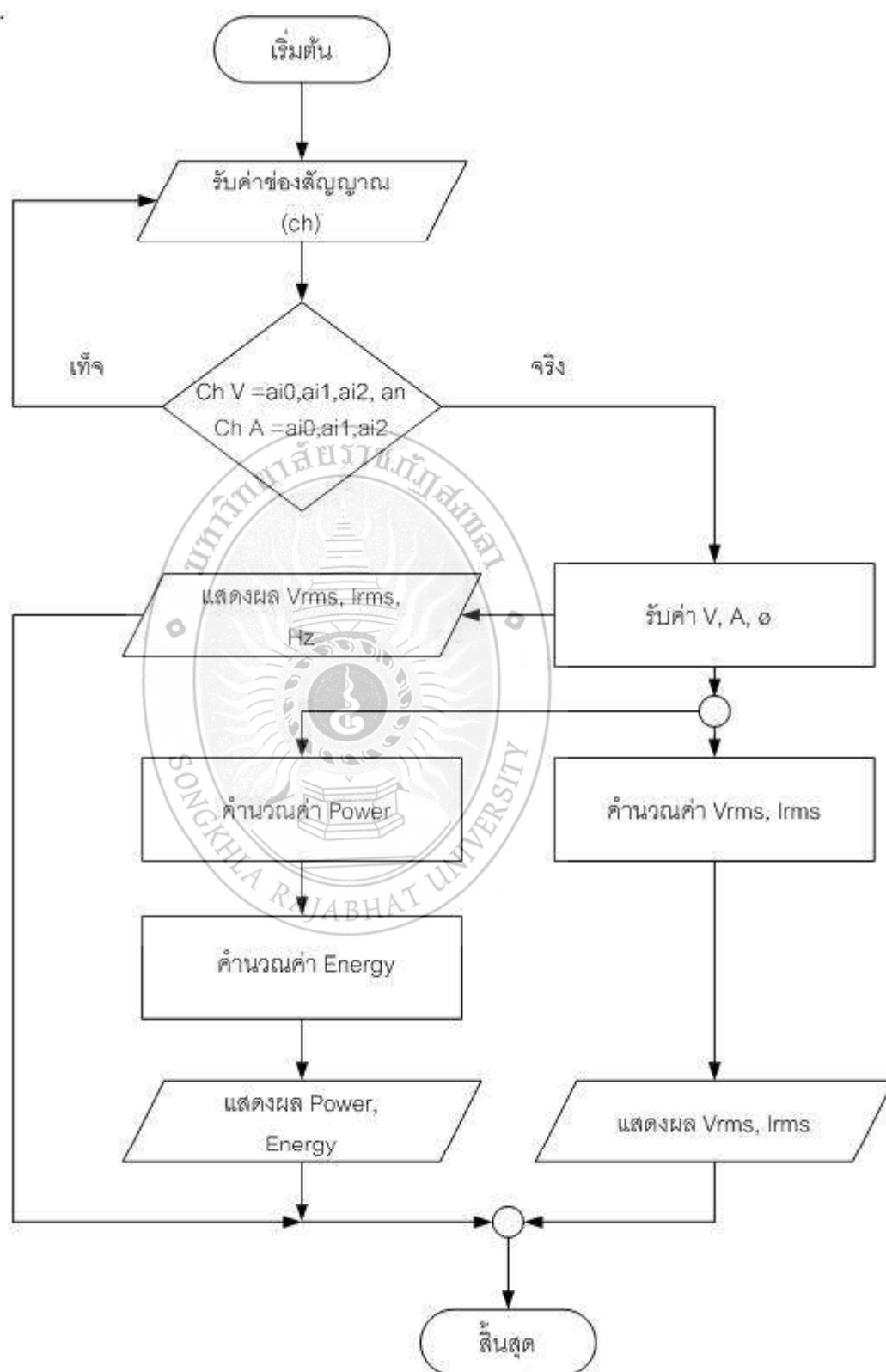


(จ)

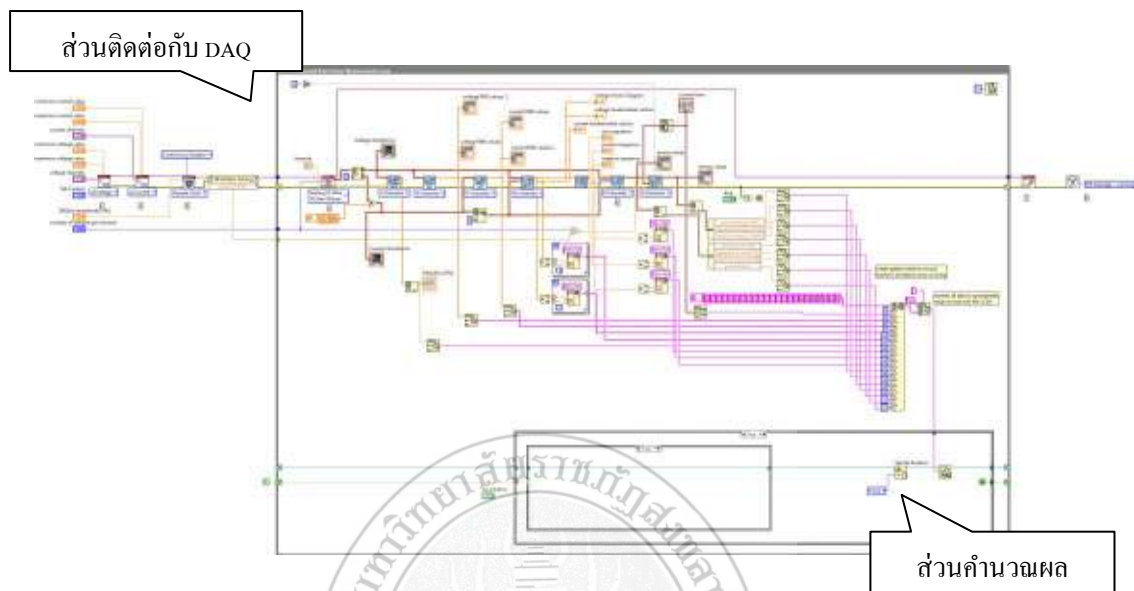
ภาพที่ 3-2 แบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

3.2.2 การออกแบบโปรแกรมแลบVIEW

การออกแบบโปรแกรมแลบVIEW จากหลักการของ Data flow programming (National Instrument, 2012) ซึ่งจะออกแบบโปรแกรมเพื่อติดต่อกับ DAQ และแสดงผลการวัดค่า โค้ด (Code) โปรแกรมส่วน Block diagram ซึ่งจะทำการประมวลผลจากการรับสัญญาณจากการ์ด DAQ นำไปแสดงที่หน้าต่างส่วนติดต่อผู้ใช้งาน สามารถแสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมได้ดังภาพที่ 3-3 และ Block diagram ดังภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-3 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรม



ภาพที่ 3-4 Block diagram ของโปรแกรม

3.3 การออกแบบติดตั้งฮาร์ดแวร์สำหรับการทดลอง

การออกแบบติดตั้งฮาร์ดแวร์สำหรับการทดลอง ประกอบด้วยอุปกรณ์สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรมแลบวิวกับอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้การ์ด DAQ 9184 ซึ่งสามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์โดยผ่านเครือข่าย LAN ใช้การ์ด NI 9244 สำหรับการวัดแรงดันไฟฟ้า และการ์ด NI 9227 สำหรับวัดกระแสไฟฟ้า สำหรับอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้า ประกอบด้วยเซอร์กิตเบรกเกอร์ หม้อแปลงกระแสไฟฟ้า และอุปกรณ์ที่ใช้เป็นโหลด ได้แก่หลอดไฟฟ้า และมอเตอร์ไฟฟ้า ดังภาพที่ 3-5



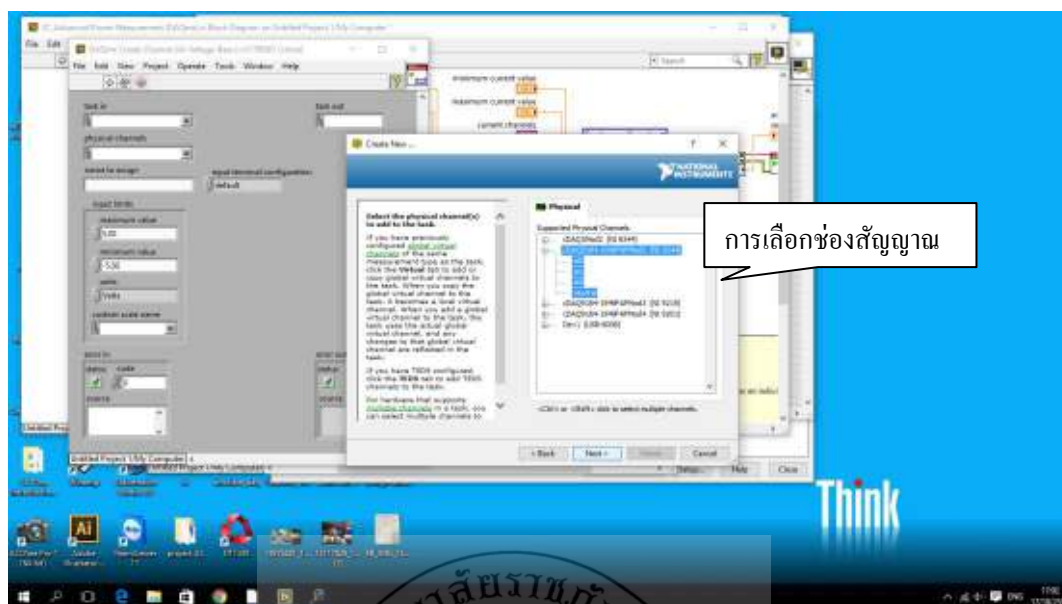
ภาพที่ 3-5 อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

3.4 การทดสอบโปรแกรมและชุดอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น

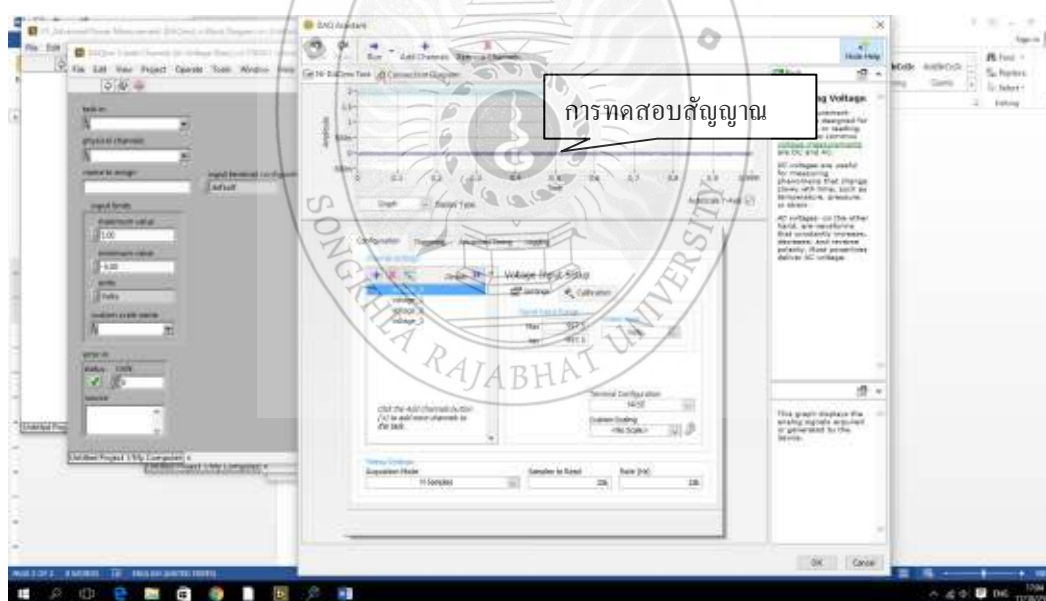
การทดสอบชุดอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) การทดสอบการ์ด DAQ เพื่อการเชื่อมต่อและรับสัญญาณข้อมูล 2) การทดสอบเพื่อเก็บผลการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยโปรแกรม แลบบิว มีรายละเอียด ดังนี้

3.4.1 การทดสอบการ์ด DAQ เพื่อการเชื่อมต่อและรับสัญญาณข้อมูล

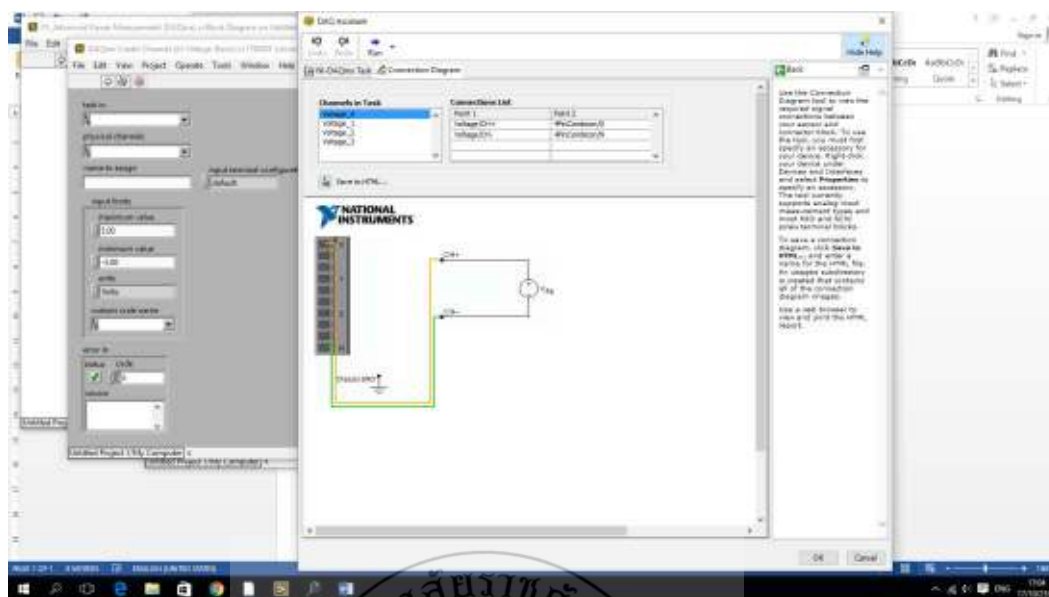
การทดสอบการ DAQ เพื่อการเชื่อมต่อและรับสัญญาณข้อมูล โดยทำการเขียนโปรแกรม แลบบิวเพื่อให้คอมพิวเตอร์ติดต่อกับการ์ด DAQ 9184 และทำการเลือกวิธีการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับ DAQ ด้วยการสื่อสารแบบ LAN ซึ่งมีข้อดีคือสามารถควบคุมและรับส่งสัญญาณ ได้ไกลกว่าการเชื่อมต่อแบบ USB ที่ใช้กับ DAQ แบบทั่วไป รูปแบบฟังก์ชันการเขียนโปรแกรม และการตรวจสอบผลการเชื่อมต่อแสดงดังภาพที่ 3-6 ถึง ภาพที่ 3-10



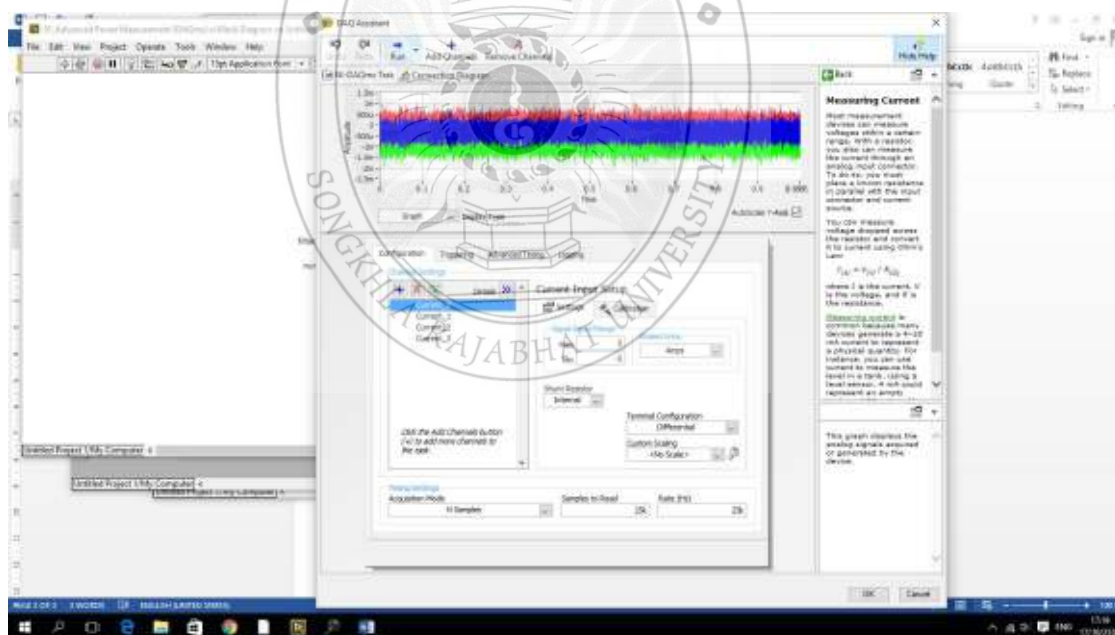
ภาพที่ 3-6 การเลือกช่องสัญญาณอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ NI 9244 สำหรับวัดแรงดันไฟฟ้า



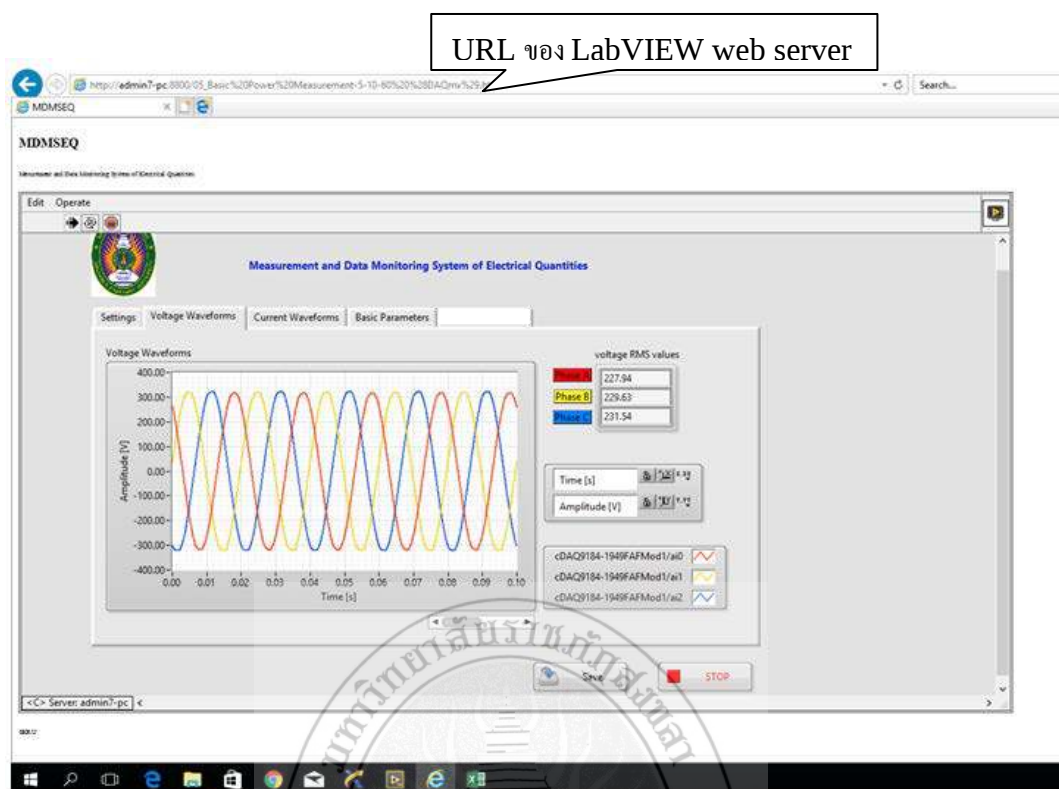
ภาพที่ 3-7 การทดสอบสัญญาณของการ์ด NI 9244



ภาพที่ 3-8 การตรวจสอบการต่อสายไฟฟ้าของการ์ด NI 9244



ภาพที่ 3-9 การทดสอบสัญญาณของการ์ด NI 9227



ภาพที่ 3-10 การเชื่อมต่อกับ LabVIEW web server

3.4.2 การทดสอบการต่อใช้งานเพื่อเก็บข้อมูลจริง

การทดสอบการทำงานของโปรแกรมวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้พัฒนาขึ้น ได้ทำการทดสอบและเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวัดด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องมือไฟฟ้าจริงที่ได้มาตรฐาน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้ายี่ห้อ FLUKE รุ่น 434 ซึ่งได้รับมาตรฐาน Conformité Européenne (CE) ภาพการวัดค่าแสดงดังภาพที่ 3-11



ภาพที่ 3-11 การทดสอบการทำงานและเปรียบเทียบผลระหว่างโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องวัดมาตรฐาน

3.5 การประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมโดยผู้เชี่ยวชาญ

ในการวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วย ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (GUI) ของระบบ และส่วนการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้า โดยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น จากแบบสอบถามที่ได้สร้างขึ้น ตามขั้นตอนดังนี้

1) วิเคราะห์ลักษณะของข้อมูลที่ต้องการเป็นขั้นแรกของการสร้างแบบสอบถาม คือทำการวิเคราะห์ลักษณะของข้อมูลที่ต้องการในการวิจัย โดยวิเคราะห์จากจุดประสงค์ของการวิจัย กำหนดโครงสร้างของเนื้อหา เป็นข้อมูลแบบสอบถามความคิดเห็น

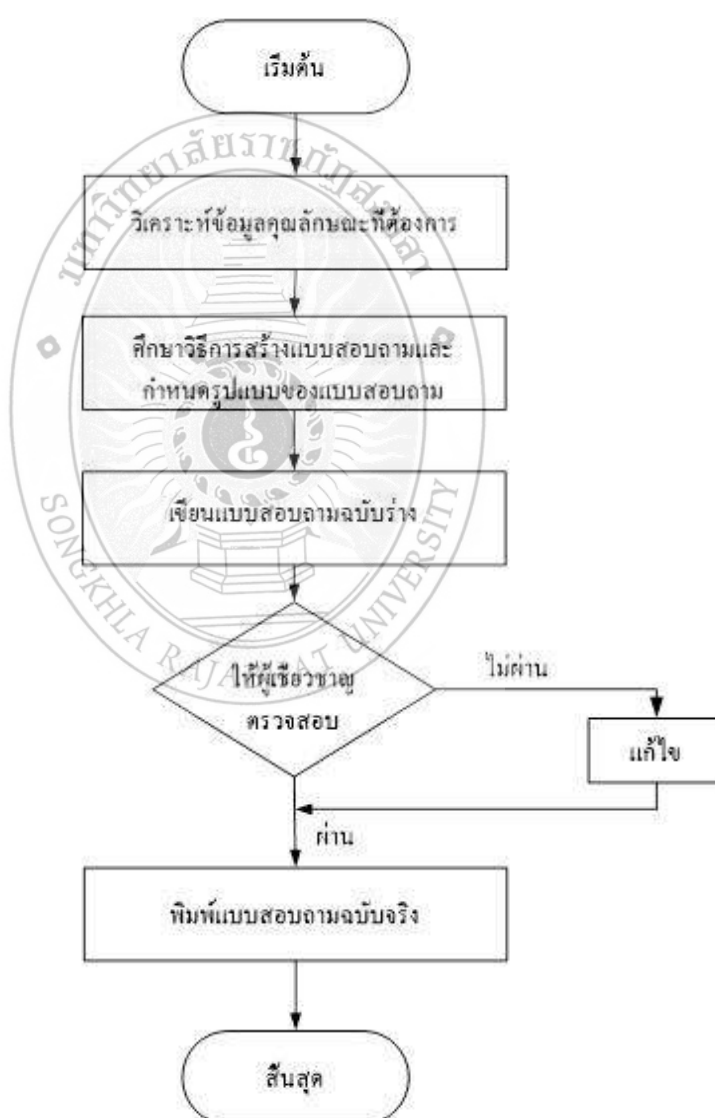
2) กำหนดรูปแบบของคำถาม ศึกษาวิธีการสร้างแบบสอบถามจากเอกสารหรืองานวิจัยอื่นๆ ที่มีลักษณะคล้ายๆ กันแล้วกำหนดรูปแบบของแบบสอบถาม

3) เขียนแบบสอบถามฉบับร่างตามโครงสร้างของเนื้อหาของแบบสอบถาม และตามหลักในการสร้างและรูปแบบที่กำหนดไว้

4) ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณา นำแบบสอบถามไปให้ผู้เชี่ยวชาญในด้านเทคโนโลยีไฟฟ้า พิจารณาความถูกต้องของคำถามแต่ละหัวข้อ แล้วนำเอาคำแนะนำเหล่านั้นมาพิจารณาแก้ไขให้เหมาะสม

5) พิมพ์แบบสอบถามฉบับจริง ทำการพิมพ์แบบสอบถามที่จะใช้จริงหลังจากปรับปรุงแล้ว ในการพิมพ์จะต้องคำนึงถึงความชัดเจนในการอธิบายจุดประสงค์และวิธีการตอบความถูกต้องใน เนื้อหาสาระและจัดรูปแบบให้สวยงาม

ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถาม แสดงดังภาพที่ 3-12



ภาพที่ 3-12 ผังขั้นตอนการสร้างแบบสอบถาม

หลังจากได้แบบสอบถามฉบับจริงแล้ว ผู้วิจัยจัดส่งโปรแกรม คู่มือ และรายละเอียดอุปกรณ์ให้กับผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินความเหมาะสมในการออกแบบโปรแกรม โดยการใช้การประเมินความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) กำหนดน้ำหนักคะแนน (Weight) ออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้ (ชานินทร์ ศิลป์จารุ, 2555)

ระดับคะแนน 5 หมายถึง เห็นด้วยในระดับ ดีมาก

ระดับคะแนน 4 หมายถึง เห็นด้วยในระดับ ดี

ระดับคะแนน 3 หมายถึง เห็นด้วยในระดับ พอใช้

ระดับคะแนน 2 หมายถึง เห็นด้วยในระดับ น้อย

ระดับคะแนน 1 หมายถึง เห็นด้วยในระดับ ควรปรับปรุง

3.6 การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยโปรแกรมแลบวิวที่พัฒนาขึ้น โดยได้จัดโครงการเผยแพร่ความรู้จากผลงานวิจัยที่ได้ดำเนินงานแล้วเสร็จ ในโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการการใช้งานระบบวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยโปรแกรมแลบวิว เพื่อนำชุดอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมาใช้ทดลองประกอบการอบรม ณ อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 1 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม เมื่อวันที่ 18 พฤศจิกายน 2560 มีผู้เข้าร่วมอบรมเป็นบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม หน่วยงานของรัฐ บุคลากรของมหาวิทยาลัย และผู้สนใจทั่วไปที่มีพื้นฐานด้านไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ และการจัดการพลังงานไฟฟ้า จำนวน 24 คน โดยในหลักสูตรการอบรมมีการแนะนำการใช้งาน ทดลองการใช้งานชุดอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น หลังจากได้อบรมตามโครงการแล้วจึงได้ให้ผู้เข้าอบรมประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานชุดอุปกรณ์ คน ๆ ละ 1 ฉบับ โดยให้ผู้เข้าอบรมแต่ละคนประเมินผลตามแบบสอบถามเป็นข้อๆ ให้ระดับคะแนนเป็น 5 ระดับ (ชานินทร์ ศิลป์จารุ, 2555) ภาพการจัดอบรมภาคทฤษฎี แสดงดังภาพที่ 3-13 และภาคปฏิบัติ ดังภาพที่ 3-14 ตามลำดับ



ภาพที่ 3-13 การอบรมภาคทฤษฎี



ภาพที่ 3-14 การอบรมภาคปฏิบัติ

3.7 การวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์ผลดำเนินการเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ความถูกต้องของโปรแกรม 2) การประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมโดยผู้เชี่ยวชาญ 3) การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน มีรายละเอียดดังนี้ ดังนี้

3.7.1 การวิเคราะห์ความถูกต้องของโปรแกรม

การวิเคราะห์ความถูกต้องของโปรแกรมโดยการวัดค่าการใช้งานของระบบวัดและติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยโปรแกรมแลบวิวที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน เปรียบเทียบค่าปริมาณไฟฟ้าโดยค่าผิดพลาด ไม่เกินร้อยละ 5

3.7.2 การประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมโดยผู้เชี่ยวชาญ

การประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมโดยผู้เชี่ยวชาญ ใช้การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยผู้ดำเนินงานได้เรียนเชิญผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน มาเป็นผู้ประเมินระบบที่ได้พัฒนาขึ้น ตามแบบสอบถามเป็นรายข้อ ๆ สำหรับผู้เชี่ยวชาญที่อยู่ในพื้นที่จังหวัดสงขลา ผู้ดำเนินงานได้เชิญผู้เชี่ยวชาญมาดูเครื่องมือที่มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา พร้อมอธิบายหลักการใช้งานและสาธิตการทำงานให้ดู ส่วนผู้เชี่ยวชาญที่อยู่ ณ จังหวัดอื่น ใช้การส่งเอกสารและคู่มือการใช้ระบบที่พัฒนาขึ้น พร้อมแบบประเมินให้ทางไปรษณีย์

ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอค่าสถิติต่างๆ โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) ตามสมการที่ (3-1) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ตามสมการที่ (3-2)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad (3-1)$$

$$S.D = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}} \quad (3-2)$$

เมื่อ

$\bar{X}$	คือ ค่าเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญ
S.D.	คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
$\sum X$	คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
$\sum X^2$	คือ ผลรวมของคะแนนแต่ละหัวข้อยกกำลังสอง
$(\sum X)^2$	คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง
N	คือ จำนวนของผู้ประเมิน

จุดประเมินที่มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ถือว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกันในการประเมินที่ระบุไว้ในการหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

(Standard Deviation) การสรุปผลข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอค่าสถิติต่าง ๆ โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) โดยการแปลค่าการประเมินชุดสถิติจากแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญตามแนวทางของเบสท์ (Best) (ไชยยศ, 2526:138) มีดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00	หมายถึงผลการประเมินอยู่ในระดับ ดีมาก
ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50	หมายถึงผลการประเมินอยู่ในระดับ ดี
ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50	หมายถึงผลการประเมินอยู่ในระดับ พอใช้
ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50	หมายถึงผลการประเมินอยู่ในระดับ น้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50	หมายถึงผลการประเมินอยู่ในระดับ ควรปรับปรุง

3.7.3 การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เข้าอบรมในโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการการใช้งานระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน นำมาวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอค่าสถิติต่าง ๆ โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) ตามสมการที่ (3-1) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ตามสมการที่ (3-2)

จุดประเมินที่มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ถือว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกันในจุดประเมินที่ระบุไว้ในการหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) การสรุปผลข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอค่าสถิติต่าง ๆ โดยใช้ค่าเฉลี่ย โดยการแปลค่าการประเมินจากแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญตามแนวทางของเบสท์ (Best) (ไชยยศ เรื่องสุวรรณ, 2526, 138) มีดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00	หมายถึงผลการประเมินอยู่ในระดับ มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50	หมายถึงผลการประเมินอยู่ในระดับ มาก
ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50	หมายถึงผลการประเมินอยู่ในระดับ ปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50	หมายถึงผลการประเมินอยู่ในระดับ น้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50	หมายถึงผลการประเมินอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

บทที่ 4

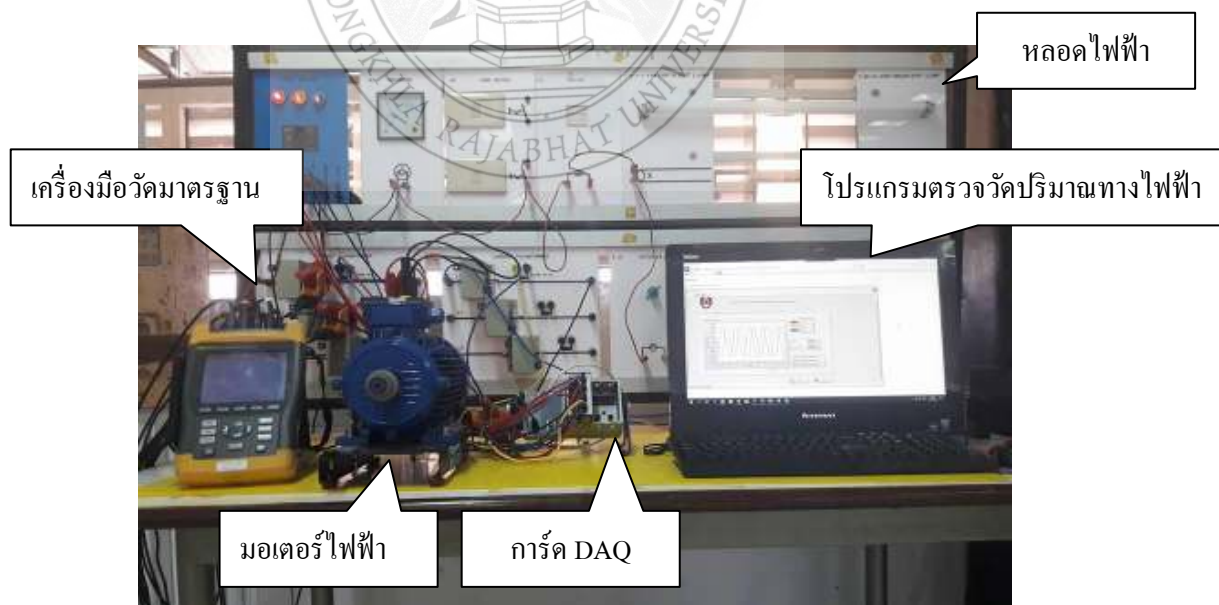
ผลการวิจัย

ผลการวิจัยเรื่องการพัฒนากระบวนการตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการอนุรักษ์พลังงานด้วยโปรแกรมแลบวิว ผู้วิจัยเสนอผลการดำเนินงานเป็น 3 ส่วน ดังนี้

- 4.1 ผลการพัฒนากระบวนการตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า
- 4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า
- 4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมี 2 ส่วนดังนี้
 - 4.3.1 ผลการวิเคราะห์คะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ
 - 4.3.2 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

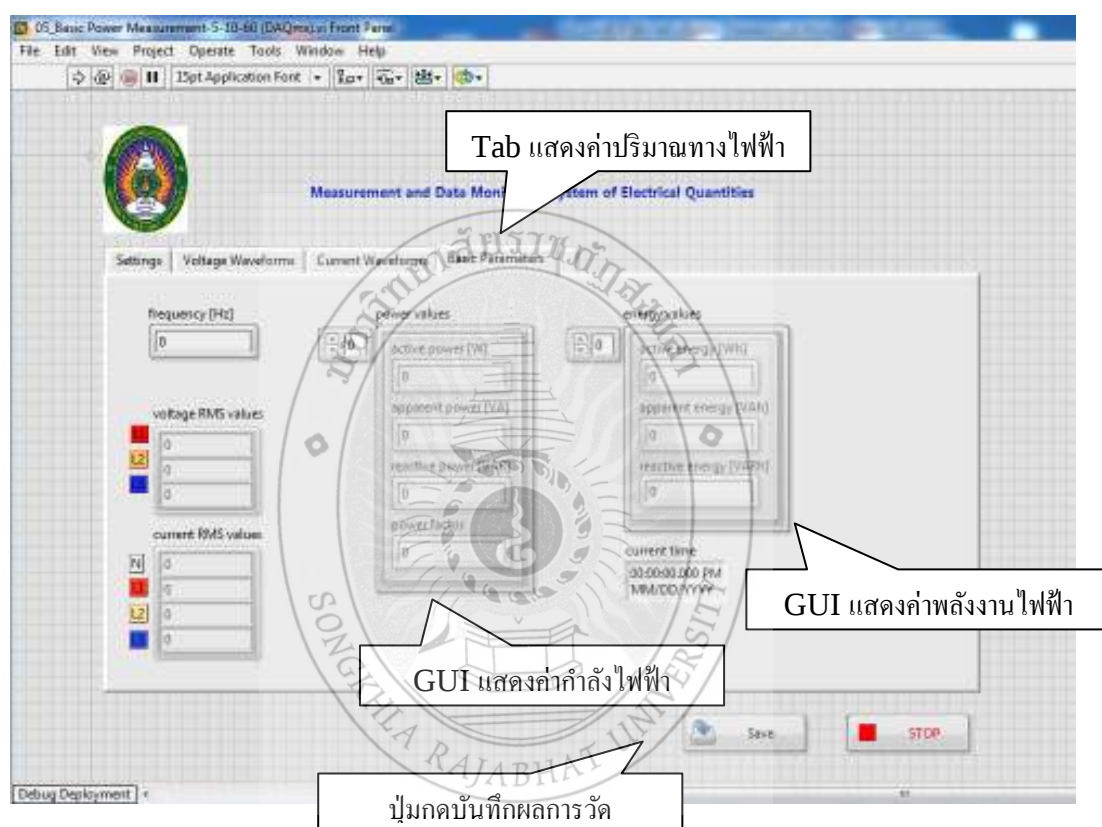
4.1 ผลการพัฒนากระบวนการตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า

การดำเนินงานครั้งนี้เป็นการพัฒนากระบวนการตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการอนุรักษ์พลังงานด้วยโปรแกรมแลบวิว โดยได้ทำการสร้างเครื่องมือเพื่อการทดสอบการทำงานของระบบ ประกอบด้วยอุปกรณ์ของระบบ แสดงดังภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 ระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า

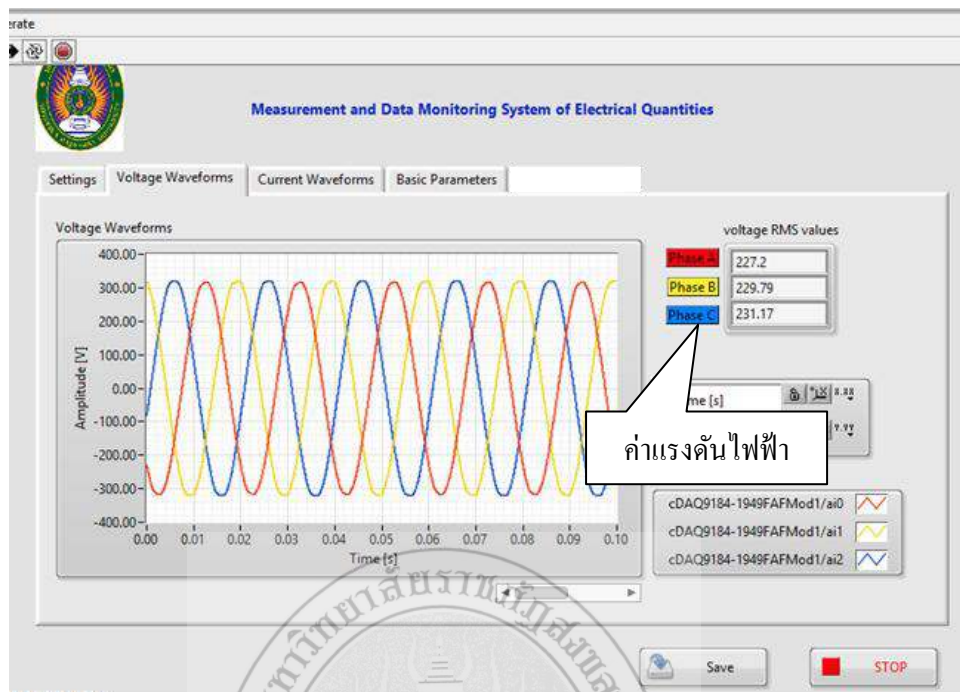
จากภาพที่ 4-1 ระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักของระบบได้แก่ ชุดอุปกรณ์การ์ด Data Acquisition (DAQ) ของโปรแกรมแลบวิว ที่ใช้การ์ด DAQ 9184 สื่อสารกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต LAN โดยมีการ์ดวัดสัญญาณแรงดัน (NI 9244) และการ์ดวัดกระแสไฟฟ้า (NI 9227) สำหรับวัดค่าปริมาณไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้า เพื่อแสดงผลค่าการวัดที่คอมพิวเตอร์ สามารถแสดงผลดังภาพที่ 4-2



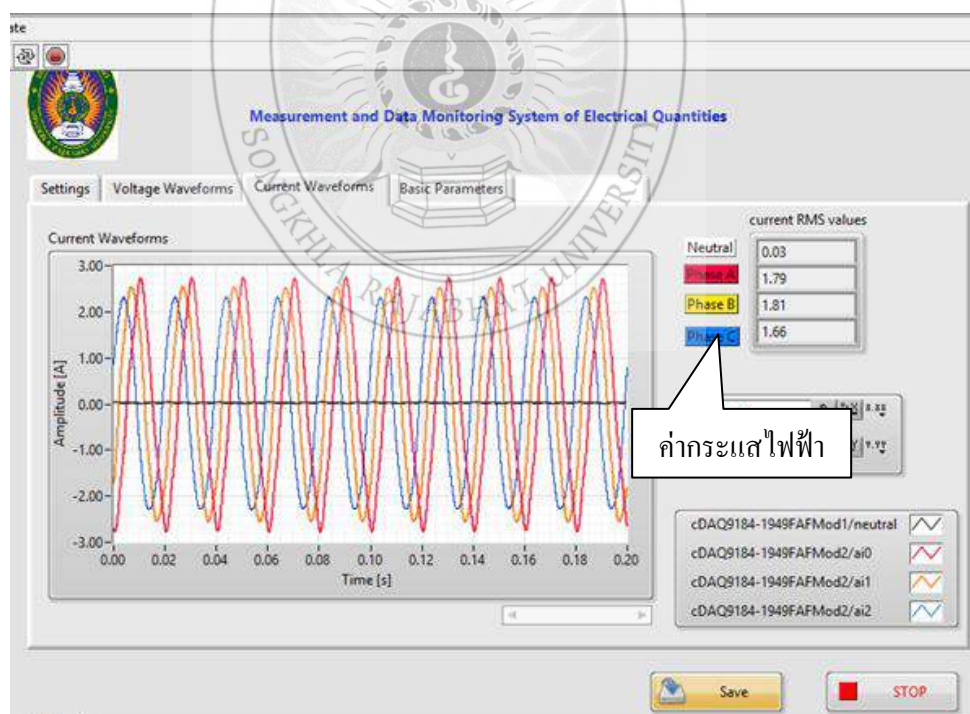
ภาพที่ 4-2 ระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบตรวจวัดและติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้า

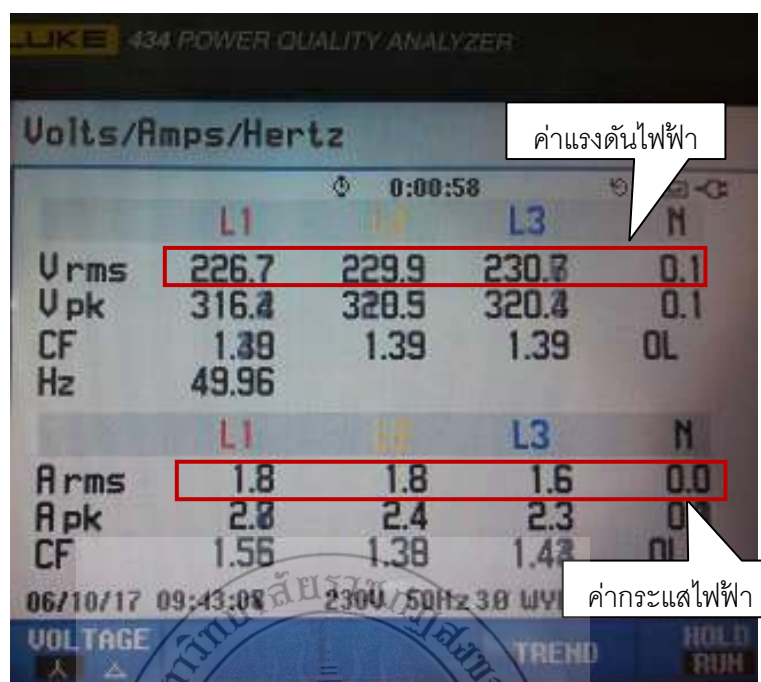
ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยการเปรียบเทียบผลการวัดจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน (FLUKE รุ่น 434) แสดงผลการวัด ดังภาพที่ 4-3



(ก)



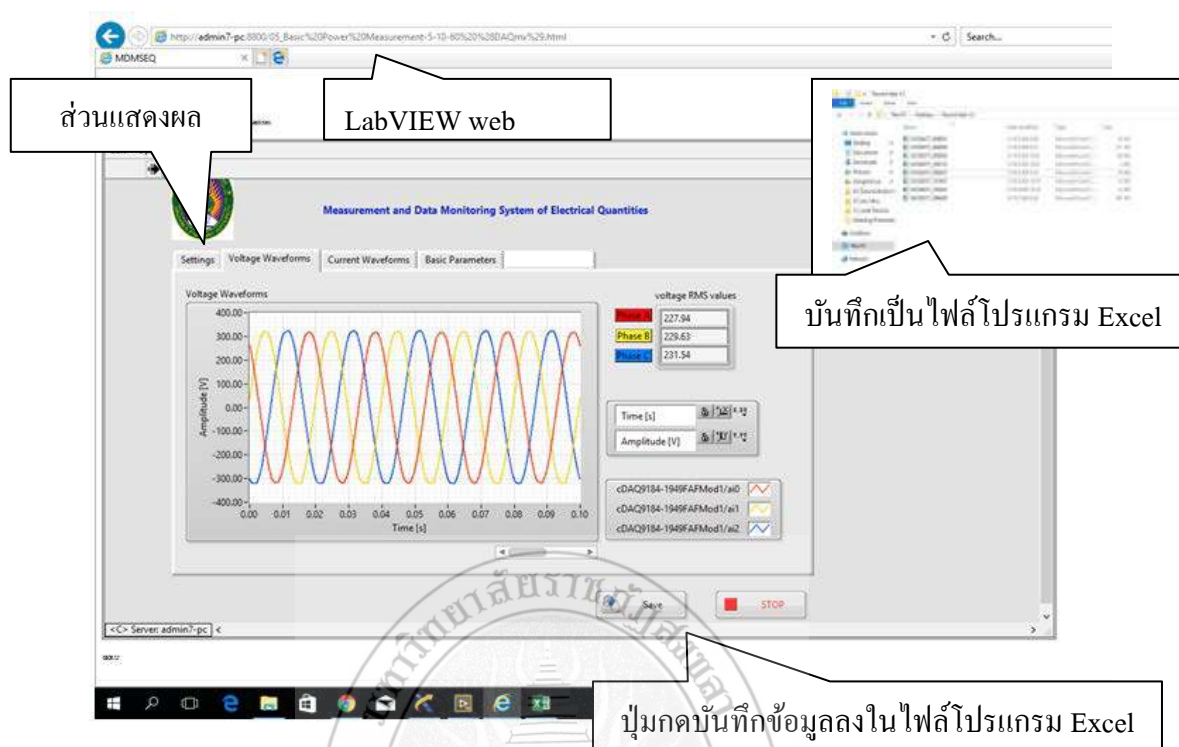
(ข)



(ค)

ภาพที่ 4-3 ตัวอย่างการเปรียบเทียบค่าปริมาณไฟฟ้าของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน (ก) ค่าแรงดันไฟฟ้าจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น (ข) ค่ากระแสไฟฟ้าจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น (ค) ค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากเครื่องมือวัดมาตรฐาน

ผลการวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้า สามารถแสดงข้อมูลการวัดได้ทั้งในรูปแบบกราฟและตัวเลข และสามารถติดตามข้อมูลทั้งจากคอมพิวเตอร์หลักรวมทั้งการตรวจสอบและติดตามข้อมูลผ่านคอมพิวเตอร์เครื่องอื่น ๆ ผ่านระบบเครือข่ายได้ นอกจากนั้นยังสามารถจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบไฟล์เอกเซลล์เพื่อส่งพิมพ์ได้ ดังภาพที่ 4-4



ภาพที่ 4-4 การแสดงข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย

โดยเมื่อเปรียบเทียบผลการวัดและทดสอบจากการวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้าจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องมือวัดปริมาณทางไฟฟ้าแบบมาตรฐาน ณ เวลาเดียวกัน แสดงดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 เปรียบเทียบผลการวัดจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน

รายการที่ทำการวัด	ผลการวัดจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น	ผลการวัดจากเครื่องมือวัดมาตรฐาน	ค่าความผิดพลาด (ร้อยละ)
แรงดันไฟฟ้า			
L1 (Volt)	227.20	226.7	+0.02
L2(Volt)	229.79	229.9	-0.05
L3(Volt)	231.17	230.7	+0.20
กระแสไฟฟ้า			
I1 (A)	1.79	1.8	-0.55
I2 (A)	1.81	1.8	+0.55
I3 (A)	1.66	1.6	+3.75
ความถี่ไฟฟ้า (Hz)	49.98	49.96	+0.04

จากตารางที่ 4-1 เมื่อเปรียบเทียบผลการวัดและทดสอบจากการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องมือวัดปริมาณทางไฟฟ้าแบบมาตรฐาน โดยทำการวัดปริมาณทางไฟฟ้าพื้นฐาน ได้แก่ ค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า และค่าความถี่ไฟฟ้า จากการเปรียบเทียบผลการวัดพบว่า ค่าที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น มีความแม่นยำ โดยค่าความผิดพลาดของแรงดันอยู่ในช่วง -0.05 ถึง +0.20 และค่าความผิดพลาดของกระแสอยู่ในช่วง -0.55 ถึง +3.75 สามารถนำไปใช้ในการวัดปริมาณทางไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป (ผดุง คีจิก, 2559)

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.3.1 ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

การดำเนินการทดลองใช้ระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้ดำเนินงานได้เชิญผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน มาประเมิน เพื่อประเมินความเหมาะสมของระบบตรวจวัดและติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สร้างขึ้นโดยได้ทำการนัดผู้เชี่ยวชาญที่อยู่ในพื้นที่จังหวัดสงขลาไปที่ห้องปฏิบัติการเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลาในวันที่ 1 มีนาคม 2560 พร้อมทั้งแนะนำการใช้งาน และสาธิตวิธีการใช้งาน โดยให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนประเมินผลตามแบบสอบถามเป็นข้อๆ ให้ระดับคะแนนเป็น 5 ระดับ สำหรับผู้เชี่ยวชาญที่อยู่นอกพื้นที่จังหวัดสงขลา ผู้ดำเนินงานได้จัดส่งแบบสอบถาม และผลการออกแบบชุดตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าให้ทางไปรษณีย์ เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของการออกแบบระบบตรวจวัดและติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้า (รายชื่อผู้เชี่ยวชาญแสดงในภาคผนวก ก) ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการพัฒนาระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ในแต่ละด้าน มีผลการประเมินแสดงดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อความเหมาะสมของระบบตรวจวัดและติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้า

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	แปลผลความหมาย
1. ความเหมาะสมด้านการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน			
1.1 ความเหมาะสมของการจัดวางส่วนแสดงผล	4.60	0.55	มากที่สุด
1.2 ความเหมาะสมของสีหน้าจอและพื้นหลัง	5.00	0.00	มากที่สุด
1.3 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	4.20	0.45	มาก

ตารางที่ 4-2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อความเหมาะสมของระบบตรวจวัดและติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้า (ต่อ)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	แปลผลความหมาย
1.4 ความเหมาะสมของกราฟแสดงผล	4.80	0.45	มากที่สุด
1.5 มีรายละเอียดและการแสดงผลเพียงพอกับการใช้งาน	5.00	0.00	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.72	0.29	มากที่สุด
2.ความเหมาะสมด้านการใช้งาน			
2.1 ความสะดวกในการตั้งค่าใช้งาน	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 ความสะดวกในการจัดเก็บข้อมูลการวัด	5.00	0.00	มากที่สุด
2.3 ความสะดวกในการตรวจสอบผลการวัด	5.00	0.00	มากที่สุด
2.4 ความเหมาะสมในการต่อสายใช้งาน	4.00	0.71	มาก
2.5 ความถูกต้องของค่าการวัด	4.40	0.55	มาก
เฉลี่ยรวม	4.64	0.34	มากที่สุด
3.ความเหมาะสมด้าน คู่มือการใช้งาน			
3.1 การเรียงลำดับและขั้นตอนการใช้งาน	4.60	0.55	มากที่สุด
3.2 ภาพประกอบเหมาะสม เข้าใจง่าย	5.00	0.00	มากที่สุด
3.3 ความถูกต้องของเนื้อหา	4.60	0.55	มากที่สุด
3.4 ความเหมาะสมกับระดับผู้ใช้งาน	5.00	0.00	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.80	0.27	มากที่สุด
เฉลี่ยรวมทั้งหมด	4.72	0.30	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-2 ผลการประเมินความเหมาะสมของระบบตรวจวัดและติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยผู้เชี่ยวชาญ มีดังนี้ ความเหมาะสมด้านความเหมาะสมด้านการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน มีผลการประเมินเฉลี่ยเท่ากับ 4.72 ระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับ มากที่สุด ความเหมาะสมด้านการใช้งาน มีผลการประเมินเฉลี่ยเท่ากับ 4.64 ระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับ มากที่สุด และความเหมาะสมด้านคู่มือการใช้งาน มีผลการประเมินเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 ระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับ มากที่สุด โดยค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดทั้ง 3 ด้านมีผลเฉลี่ยเท่ากับ 4.72 ระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับ มากที่สุด

4.3.2 ผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งาน

การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ผู้ดำเนินงานได้จัดโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการใช้ชุดตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ที่เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรมแลบวิว ณ ห้องปฏิบัติการไฟฟ้า 1/5 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม เมื่อวันที่ 18 พฤศจิกายน 2560 โดยผู้เข้าร่วมเป็นบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับงานด้านไฟฟ้า ทั้งภาครัฐและเอกชน จำนวน 24 คน ซึ่งได้นำชุดตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า เป็นเครื่องมือสำหรับการทดลองใช้งานเพื่อให้ผู้เข้าอบรมเข้าใจและใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้นได้อย่างถูกต้อง เมื่อจัดอบรมเสร็จแล้วให้ผู้เข้าอบรมทำการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานชุดตรวจวัดและติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สร้างขึ้นโดยใช้แบบสอบถามซึ่งผ่านการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ ให้ผู้เข้าอบรมแต่ละคนประเมินผลตามแบบสอบถามเป็นข้อ ๆ ให้ระดับคะแนนเป็น 5 ระดับ เพื่อประเมินความพึงพอใจในการใช้งานชุดตรวจวัดและติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้า ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน แสดงดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบตรวจวัดและติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้า

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	แปลผลความหมาย
1. ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (GUI)			
1.1 การจัดวางองค์ประกอบส่วนแสดงผลมีความเหมาะสม	4.79	0.41	มากที่สุด
1.2 สีหน้าจอและพื้นหลังมีความเหมาะสม	4.83	0.38	มากที่สุด
1.3 ขนาดตัวอักษรมีความเหมาะสม	4.08	0.41	มาก
1.4 กราฟแสดงผลมีความเหมาะสม	4.92	0.28	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.66	0.37	มากที่สุด
2.ความเหมาะสมด้านการใช้งาน			
2.1 ความสะดวกในการตั้งค่าใช้งาน	4.96	0.20	มากที่สุด
2.2 ความสะดวกในการจัดเก็บข้อมูลการวัด	4.92	0.28	มากที่สุด
2.3 ความสะดวกในการตรวจสอบดูผลการวัด	4.88	0.34	มากที่สุด
2.4 ความเหมาะสมในการต่อสายใช้งาน	3.88	0.34	มาก
เฉลี่ยรวม	4.66	0.29	มากที่สุด
3. ด้านคู่มือการใช้งาน			
3.1 การเรียงลำดับเนื้อหาและขั้นตอนการใช้งาน	4.46	0.51	มาก

ตารางที่ 4-3 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบตรวจวัดและติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้า (ต่อ)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	แปลผลความหมาย
3.2 เนื้อหาครบถ้วน	4.13	0.45	มาก
3.3 ภาพประกอบเหมาะสม เข้าใจง่าย	4.17	0.48	มาก
3.4 มีความเหมาะสมกับระดับผู้ใช้งาน	4.21	0.41	มาก
เฉลี่ยรวม	4.24	0.46	มาก
เฉลี่ยรวมทั้งหมด	4.52	0.38	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า มีดังนี้ ด้านการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน มีผลการประเมินเฉลี่ยเท่ากับ 4.66 ระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับ มากที่สุด ความเหมาะสมด้านการใช้งาน มีผลการประเมินเฉลี่ยเท่ากับ 4.66 ระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับ มากที่สุด และด้านคู่มือการใช้งาน มีผลการประเมินเฉลี่ยเท่ากับ 4.24 ระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับ มาก โดยค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดทั้ง 3 ด้านมีผลเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 ระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับ มากที่สุด

นอกจากนั้น ผู้ใช้งานได้แสดงความคิดเห็นที่แสดงถึงความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้พัฒนาขึ้น โดยได้เขียนในแบบสอบถามแบบปลายเปิดว่า

“โปรแกรมใช้งานมาก บันทึกผลและจัดเก็บข้อมูลเป็นไฟล์ สะดวกมาก”

(ผู้ใช้งาน 1)

“ใช้งานได้เหมือน ๆ กับเครื่องมือจริง และสะดวกมากที่สามารถดูผ่านอินเทอร์เน็ตได้”

(ผู้ใช้งาน 2)

“พัฒนาโปรแกรมได้ง่าย ใช้เวลาน้อย เหมาะในการต่อยอด”

(ผู้ใช้งาน 3)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

การดำเนินโครงการวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการอนุรักษ์พลังงานด้วยโปรแกรมแลบวิว ผู้วิจัยได้ดำเนินงานและออกแบบและพัฒนาโปรแกรมที่ให้ความสะดวกและเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า วิธีการดำเนินงาน ผู้วิจัยและคณะได้ศึกษาข้อมูลในการออกแบบโปรแกรมแบบกราฟฟิก ที่สามารถพัฒนาโปรแกรมได้รวดเร็ว สร้าง GUI ได้สวยงาม รวมทั้งได้ศึกษาวิธีการตรวจวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้า จากนั้นได้ออกแบบและพัฒนาโปรแกรม แล้วทดสอบการทำงานของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น และทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้โปรแกรมมีความถูกต้อง แม่นยำและมีประสิทธิภาพมากที่สุด จากนั้นนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมพร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม แล้วจึงนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมเผยแพร่ความรู้ พร้อมทั้งประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 สรุปผลการพัฒนาระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการอนุรักษ์พลังงานด้วยโปรแกรมแลบวิว

ระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการอนุรักษ์พลังงานที่พัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรมแลบวิว สามารถใช้วัดค่าปริมาณไฟฟ้าได้ โดยสามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้าได้ สามารถแสดงผลได้ในรูปแบบกราฟ และตัวเลขได้ ผู้ใช้งานสามารถติดตามตรวจสอบผลการใช้พลังงานไฟฟ้าได้แบบ Real time รวมทั้งการดูผลย้อนหลังในรูปแบบ วัน เดือน ปี และสามารถติดตามการทำงานได้จากคอมพิวเตอร์หลักโดยตรง หรือผ่านการติดตามตรวจสอบ (Monitoring) ผ่านระบบเครือข่ายได้

5.1.2 สรุปผลการทดสอบระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการอนุรักษ์พลังงานด้วยโปรแกรมแลบวิว

สรุปผลการทดสอบระบบตรวจวัดและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน เมื่อเปรียบเทียบผลการวัดและทดสอบจากการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องมือวัดปริมาณทางไฟฟ้าแบบมาตรฐาน โดยทำการวัดปริมาณทางไฟฟ้า ได้แก่ ค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า และค่าความถี่ไฟฟ้า จากการเปรียบเทียบผลการวัด

พบว่า ค่าที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น มีความแม่นยำ โดยค่าความผิดพลาดของแรงดันอยู่ในช่วง -0.05 ถึง +0.20 และค่าความผิดพลาดของกระแสอยู่ในช่วง -0.55 ถึง +3.75 และสามารถแสดงผลการวัดได้ทั้งจากเครื่องคอมพิวเตอร์หลัก หรือการติดตามตามผลการวัดผ่านระบบเครือข่ายได้อย่างถูกต้อง สามารถนำไปใช้ในการวัดปริมาณทางไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไปได้

5.1.3 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบตรวจวัดและติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้า แบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน ด้านการใช้งาน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ มากที่สุด และด้านคู่มือการใช้งาน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ มาก โดยค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด ทั้ง 3 ด้านมีผลเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 ระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับ มากที่สุด

5.2 อภิปรายผล

จากการพัฒนาโปรแกรมตรวจวัดปริมาณทางไฟฟ้าและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า พบว่า โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจสอบและวัดค่าปริมาณไฟฟ้าได้ดี มีความถูกต้องแม่นยำสูง และมีจุดเด่นที่ความสะดวกในการตรวจสอบข้อมูลการวัด เนื่องจากสามารถตรวจสอบผลได้ทั้งจากเครื่องคอมพิวเตอร์หลักหรือการตรวจสอบข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายได้พร้อมกัน นอกจากนี้ยังพบว่าการพัฒนาโปรแกรมจากโปรแกรมเลบวิว สามารถทำได้สะดวก รวดเร็ว มี GUI ที่สวยงาม สอดคล้องกับการวิจัยของ A. K. Singh *et al.* (2015) ที่ได้ใช้โปรแกรมเลบวิวในการออกแบบ GUI ของชุดการทดลองเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งสัมพันธ์กับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีความต่อโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นที่อยู่ในระดับมากที่สุด ตลอดจนผู้ใช้งานที่มีความคิดเห็นว่ารระบบตรวจวัดปริมาณทางไฟฟ้าและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าสามารถใช้งานได้ง่าย สะดวกอีกด้วย ดังนั้นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถนำไปใช้กับการตรวจวัดปริมาณทางไฟฟ้าและติดตามข้อมูลปริมาณไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้มีข้อเสนอแนะดังนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งนี้

5.3.1.1 ควรระมัดระวังจุดต่อสำหรับการต่อสายด้านระบบกำลัง เนื่องจากอาจเกิดการลัดวงจรได้

5.3.1.2 ผู้ใช้งาน ควรบำรุงรักษาเครื่องมืออย่างสม่ำเสมอเพื่อจะสามารถยืดอายุการใช้งานของเครื่องมือได้

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรเพิ่มฟังก์ชันการทำงานสำหรับการวัดให้ครอบคลุมค่าอื่น ๆ ที่จำเป็นต่อไป



บรรณานุกรม

- กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2551). **แผนอนุรักษ์พลังงานและ
แนวทาง หลักเกณฑ์ เงื่อนไข และแนวทางความสำคัญของการจ่ายเงินกองทุนเพื่อส่งเสริมการ
อนุรักษ์พลังงาน.**
- กันตณ มะหาหมัด. (2552ก). การประยุกต์ใช้โปรแกรม LabVIEW สำหรับงานวัดและควบคุม
ด้านวิศวกรรม. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา, 2 (2). 21-33.
- กันตณ มะหาหมัด. (2552ข). การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดสาธิตการวัดและควบคุมระดับ
ของเหลว. การประชุมทางวิชาการการศึกษาศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 2, 211-217.
- กันตณ มะหาหมัด. (2553). การประยุกต์ใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติเพื่อการประหยัดพลังงานใน
ห้องเรียน. การประชุมวิชาการการศึกษาศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 3, 25-26 สิงหาคม
2553. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- กันตณ มะหาหมัด และศรัณย์ ชูคดี. (2554). การพัฒนาชุดทดลองการอินเทอร์เฟซโปรแกรมแลบ
วิวด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์. กองทุนสนับสนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2560). ระบบการจัดการพลังงาน **ENERGY
MANAGEMENT SYSTEM**. สืบค้นเมื่อวันที่ 11 มีนาคม 2560. จาก [http://bhrd.dede.go.th
/displaycenter/industry.php?sub=24](http://bhrd.dede.go.th/displaycenter/industry.php?sub=24).
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2558). “LED The Global Efficient Lighting
Forum 2014”. อนุรักษ์พลังงาน. สืบค้นเมื่อวันที่ 11 มีนาคม 2559. จาก [http://www4.dede.go.th
/dede/images/stories/rakenergy12/rak_no99.pdf](http://www4.dede.go.th/dede/images/stories/rakenergy12/rak_no99.pdf).
- เจริญ เพชรมุณี. (2547). **เรียนลัด LabVIEW™**. กรุงเทพฯ ฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- ดุสิต ธนพิทย. (2553). “ระบบอาคารอัตโนมัติ,” วิศวกรรมสาร, ปีที่ 63, ฉบับที่ 1, น. 71-74.
- ธานีินทร์ ศิลป์จารุ. (2555). การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS และ AMOS. นนทบุรี :
เอส อาร์ ปริ้นติ้ง แมสโปรดักส์ จำกัด.
- นฤพร สุขมาก, และธวัชชัย เดชสุนันต์. (2551). โปรแกรมเครื่องวัดไฟกระพริบตาม
มาตรฐาน IEC 61000-4-15. การประชุมทางวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 31, 61-64.
- สำนักนโยบายและแผนพลังงาน. (2554). การใช้ไฟฟ้าและการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย.
กระทรวงพลังงาน.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- สำนักนโยบายและแผนพลังงาน. (2558). การรายงานข้อมูลไฟฟ้าของหน่วยงานภายใต้การบริหาร. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 มีนาคม 2559. จาก http://www.e-report.energy.go.th/rpt/rpt_inputelec.php?minisid=18&rtype=2&byr=2558&trimas=1.
- สมหวัง อริสริยวงศ์, และสราวุฒิ สิริเกษมสุข. (2549). การประยุกต์ใช้ LabVIEW ในการวัดแรงกด. **Mechanical Technology Magazine**, 6 (60-61), 56-59, 52-56.
- อุกฤษฏ์ วังมกค, เดี่ยว กุลพิทักษ์, และอนรรฆ ชันชะชนะ. (2550). การควบคุมตำแหน่งโลหะจํารูปชนิดแผ่นโดยใช้กล้องจับ. การประชุมทางวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 30, 1153-1155.
- A. K. Singh, S. Chatterji, and S. L. Shimi. (2015). **Remote Lab in Instrumentation and Control Engineering Using LabVIEW**. International Journal of Electronics and Electrical Engineering Vol. 3, No. 4, August 2015. pp. 297-304.
- Mahamad, K., Tansriwong, S., Sittichai, M., Bunyapalanant, E., and Koseeyaporn, P. (2013). **Development of Student-Centered SCOGPA Learning Model for Electrical Engineering and Tecnological Learning**. The 1st International Conference on Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand. 28-29 November 2013. pp. 96-100.
- National Instrument. (2012). **Getting Start with LabVIEW**. National Instruments Corporate Headquarters.
- Spanik, P., Hargas, L., Hrianka, M., Kozehuba, I. (2006). **Application of Virtual Instrumentation LabVIEW for Power Electronic System Analysis**. EPE-PEMC 2006, Portoro2, Slovenia. pp.1699-1702.