



การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์สำหรับแสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพแรงดันไฟฟ้า

แบบรายงานผลโดยตรงของอาคารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

Computer Application for Voltage Quality On-Line Monitoring

and Analysis for Technology Building in

Petchabun Rajabphat University

นฤมล พลเวียงคำ

สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประเภททั่วไป ประจำปีงบประมาณ 2556



การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์สำหรับแสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพแรงดันไฟฟ้า

แบบรายงานผลโดยตรงของอาคารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

Computer Application for Voltage Quality On-Line Monitoring

and Analysis for Technology Building in

Petchabun Rajabphat University

นฤมล พลเวียงคำ

สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประเภททั่วไป ประจำปีงบประมาณ 2556

นางสาวนฤมล พลเวียงคำ. 2556. *การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์สำหรับแสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพแรงดันไฟฟ้าแบบรายงานผลโดยตรงของอาคารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์*. สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์สำหรับแสดงผลและวิเคราะห์คุณภาพแรงดันไฟฟ้าแบบรายงานผลโดยตรงซึ่งได้ออกแบบให้สามารถวัดแรงดันไฟฟ้า 1 เฟส จำนวน 2 ช่อง โดยในการวิเคราะห์และแสดงผลนั้นได้ใช้โปรแกรมแลปวิว เป็นตัวประมวลผลและวิเคราะห์ โดยทำงานร่วมกับชุดจัดเก็บข้อมูล (DAQ) ในงานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นในการตรวจวัดคุณภาพแรงดันไฟฟ้า ซึ่งหัวข้อในการตรวจวัดประกอบไปด้วย ขนาดแรงดันไฟฟ้า รูปสัญญาณแรงดันไฟฟ้า การตรวจวัดระดับฮาร์มอนิกส์ การตรวจวัดการกระเพื่อมของแรงดันและการบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า โดยผลในวิจัยได้ทำการทดสอบการตรวจวัดคุณภาพแรงดันไฟฟ้า ณ อาคารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ การทดสอบในกรณีเกิดไฟฟ้าดับชั่วคราว และการตรวจวัดคุณภาพแรงดันไฟฟ้าของโหลดที่เป็นมอเตอร์ ซึ่งผลที่ได้สามารถตรวจวัดและบันทึกผลสำหรับนำไปวิเคราะห์และปรับปรุงคุณภาพแรงดันไฟฟ้าได้

คำสำคัญ: คุณภาพแรงดันไฟฟ้า, รายงานผลโดยตรง, แรงดันไฟฟ้าฮาร์มอนิกส์, ไฟดับชั่วคราว, แรงดันกระเพื่อม และการบันทึกข้อมูล

Ms. Narumon Ponwiangkum. 2013. *Computer Application for Voltage Quality On-Line Monitoring and Analysis for Technology Building in Petchabun Rajabphat University*. Research in Electrical Technology, Faculty of Agricultural Technology, Phetchabun Rajabhat University.

ABSTRACT

This research presented a computer application for voltage quality on-line monitoring and analysis which, Designed two channels for measure the one phase electric voltage. The analysis and monitoring used a LAB-view program and cooperated with the Data Acquisition (DAQ). In this research focus on Voltage quality Measurement which consists the Voltage level, the Voltage waveform, the Voltage harmonic level, the Voltage sag & swell and the Voltage Data logging. The results in this research included voltage quality measurement at Technology building in Petchabun Rajabphat University, voltage quality measurement during voltage interrupting and voltage quality measurement with AC motor which, The results can carry measurement and recording for analysis and improve the voltage quality.

Keyword: Voltage quality, On-line, Voltage harmonic, Voltage interrupting, Voltage Sag&Swell and Data logging.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีด้วยคำแนะนำและการให้คำปรึกษาจาก รศ.ดร.สุพัฒน์ กิตติรัตน์สัจจา ซึ่งเป็นอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัย และคณาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรมที่ให้คำแนะนำแก่ข้าพเจ้าเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้คำปรึกษาและให้การสนับสนุนในทุกๆเรื่องและทำให้ข้าพเจ้าทำงานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากการงานวิจัยฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ผู้วิจัย

นฤมล พลเวียงคำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ	2
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและมาตรฐานการตรวจวัด	4
2.1 คุณภาพแรงดันไฟฟ้า	4
2.1.1 ปรากฏการณ์ด้านคุณภาพด้านแรงดันไฟฟ้า	7
2.1.2 การแปรเปลี่ยนค่าของแรงดัน	7
2.1.3 แรงดันเปลี่ยนค่ากะทันหัน	8
2.1.4 แรงดันกระเพื่อม	9
2.1.5 แรงดันตกชั่วขณะ	10
2.2 การตรวจวัดข้อมูลคุณภาพไฟฟ้า	12
2.2.1 ข้อมูลที่ต้องตรวจวัด	13
2.2.2 การตรวจวัดข้อมูลปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง	13
2.2.3 การตรวจวัดข้อมูลที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราว	15
2.2.4 ความสามารถเบื้องต้นของเครื่องวัด	15
2.3 ข้อกำหนดของวิธีการวัดข้อมูล	18
2.3.1 การวัดขนาดของแรงดัน	18
2.3.2 การวัดแรงดันกระเพื่อม	18
2.3.3 การวัดแรงดันตกชั่วขณะ	19

2.3.4 การวัดไฟฟ้าดับชั่วขณะและไฟฟ้าดับนาน	19
2.3.5 การวัดแรงดันเกินชั่วขณะ	19
2.3.6 การวัดแรงดันเกินชั่วคราว	20
2.3.7 การวัดแรงดันไม่ได้ดูล	20
2.4 มาตรฐานและข้อกำหนดการวิเคราะห์แรงดันไฟฟ้า	20
2.4.1.มาตรฐาน EN 50160 – 2010	21
บทที่ 3 การออกแบบโปรแกรมวิเคราะห์และผลการทดสอบโปรแกรม	31
3.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงและผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้า	31
3.2 การทดสอบการทำงานและการออกแบบโปรแกรมวิเคราะห์ผล	32
3.2.1 การออกแบบหน้าจอเพื่อแสดงผล	32
3.2.2 การจำลองแรงดันไฟฟ้าไซน์ (Pure Sine)	35
3.2.3 การจำลองแรงดันไฟฟ้าไซน์ที่มีสัญญาณรบกวน (Sine with Noise)	37
3.3 การออกแบบโปรแกรมเพื่อแสดงรูปสัญญาณแรงดันไฟฟ้าไซน์ และขนาดค่าแรงดันไฟฟ้า	38
3.4 การออกแบบโปรแกรมเพื่อแสดงสเปคตรัมของแรงดันไฟฟ้า	38
3.5 การออกแบบโปรแกรมเพื่อตรวจสอบแรงดันไฟฟ้ากระเพื่อมพร้อมหาค่าต่ำสุด และสูงสุดของสัญญาณ	39
3.6 ผลการออกแบบโปรแกรมและทดสอบ	40
บทที่ 4 ผลการศึกษาวิจัยและวิเคราะห์ผล	44
4.1 การตรวจสอบคุณภาพแรงดันไฟฟ้า ณ ห้องพักอาจารย์ คณะเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม	45
4.2 ทดสอบคุณภาพแรงไฟฟ้าในกรณีเกิดไฟฟ้าดับชั่วขณะ	55
4.3 ทดสอบและตรวจสอบคุณภาพแรงดันไฟฟ้ากัน โหลดไฟฟ้าประเภท มอเตอร์ 1 เฟส	56
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	63
บรรณานุกรม	64
ประวัตินักวิจัย	65

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 อัตราการสุมสัญญาณ	17
ตารางที่ 2.2 ความละเอียดของสัญญาณที่วัดได้	17
ตารางที่ 2.3 คุณลักษณะของความถี่ไฟฟ้ากำลัง	23
ตารางที่ 2.4 คุณลักษณะของการแปรเปลี่ยนแรงดันแหล่งจ่าย	23
ตารางที่ 2.5 คุณลักษณะของการเปลี่ยนแรงดันกะทันหัน	24
ตารางที่ 2.6 คุณลักษณะของแรงดันแหล่งจ่ายไม่ได้ดูล	25
ตารางที่ 2.7 คุณลักษณะของแรงดันฮาร์มอนิก	25
ตารางที่ 2.8 ค่าที่กำหนดของแรงดันฮาร์มอนิก แต่ละอันดับ สำหรับแรงดันต่ำ(LV)	26
ตารางที่ 2.9 ค่าที่กำหนดของแรงดันฮาร์มอนิก แต่ละอันดับ สำหรับแรงดันปานกลาง (MV)	26
ตารางที่ 2.10 ค่าที่กำหนดของแรงดันฮาร์มอนิก แต่ละอันดับ สำหรับแรงดันสูง (HV)	27
ตารางที่ 2.11 การจัดประเภทของแรงดันตกชั่วขณะตามขนาดแรงดันที่เหลือกับช่วงเวลา	29
ตารางที่ 2.12 การจัดประเภทแรงดันเกินชั่วขณะ ตามขนาดแรงดันสูงสุดกับช่วงเวลา	30
ตารางที่ 4.1 ผลการบันทึกค่าในช่วงเวลาที่ วินาทีที่ 20 – 120 ที่ทำการบันทึก ค่าแรงดันไฟฟ้า (rms)	48
ตารางที่ 4.2 ผลการบันทึกค่าในช่วงเวลาที่ วินาทีที่ 16 – 116 ที่ทำการบันทึก ค่าแรงดันไฟฟ้า (rms)	51
ตารางที่ 4.3 ผลการบันทึกค่าในช่วงเวลาที่ วินาทีที่ 01 – 101 ที่ทำการบันทึกค่า แรงดันไฟฟ้า (rms) กรณีตรวจวัดแรงดันกับมอเตอร์ 1 เฟสจากช่องสัญญาณ 1	58

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 รูปแบบการทำงานการวิเคราะห์และแสดงผลแรงดันไฟฟ้าแบบโดยตรง	1
รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของคุณภาพไฟฟ้า	4
รูปที่ 2.2 ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า	5
รูปที่ 2.3 แสดงการจำแนกปรากฏการณ์ของคุณภาพแรงดันไฟฟ้า	6
รูปที่ 2.4 แรงดันตกในระบบ 3 เฟสโหลดได้ดูล	8
รูปที่ 2.5 แสดงนิยามของแรงดันเปลี่ยนค่ากะทันหัน	9
รูปที่ 2.6 รูปคลื่นแรงดันกระเพื่อม	9
รูปที่ 2.7 ขนาดของแรงดันกระเพื่อมประเภทต่างๆ	10
รูปที่ 2.8 ข้อมูลที่ใช้ประเมินค่า P_{st}	11
รูปที่ 2.9 ค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในเรื่องแรงดันตกชั่วขณะ	11
รูปที่ 2.10 คุณภาพของการจ่ายไฟฟ้า	12
รูปที่ 2.11 การสุ่มสัญญาณ	16
รูปที่ 2.12 ค่าขีดจำกัดของสัญญาณความถี่ต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบไฟฟ้ากำลังในระบบแรงดันสูง	28
รูปที่ 3.1 การทำงานของชุดตรวจวัดแสดงผลคุณภาพแรงดันไฟฟ้าและวิเคราะห์ผลแบบโดยตรง	31
รูปที่ 3.2 การทดสอบการทำงานและการออกแบบโปรแกรมวิเคราะห์ผล	32
รูปที่ 3.3 หน้าจอหลักการวิเคราะห์คุณภาพแรงดันไฟฟ้าแบบแสดงผลโดยตรง	33
รูปที่ 3.4 หน้าจอการแสดงผลรูปสัญญาณ	33
รูปที่ 3.5 หน้าจอการแสดงผลการวิเคราะห์ฮามอนิกส์	34
รูปที่ 3.6 หน้าจอการแสดงผลสัญญาณรบกวนและสัญญาณรบกวน	34
รูปที่ 3.7 หน้าจอการแสดงผลสัญญาณกระเพื่อม	35
รูปที่ 3.8 วงจรการทดสอบการจำลองสัญญาณไซน์	36
รูปที่ 3.9 สัญญาณไซน์ใช้ในการทดสอบวงจร	36
รูปที่ 3.10 แรงดันไฟฟ้าไซน์ที่มีสัญญาณรบกวน Amplitude 1	37
รูปที่ 3.11 แรงดันไฟฟ้าไซน์ที่มีสัญญาณรบกวน Amplitude 2	37
รูปที่ 3.12 วงจรแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าพิกัดและอาร์เอ็มเอส	38
รูปที่ 3.13 วงจรคำนวณค่าสเปกตรัมของแรงดันไฟฟ้าและสัญญาณฮามอนิกส์	39
รูปที่ 3.14 วงจรคำนวณค่า %THD ของลำดับฮาร์โมนิกส์	39
รูปที่ 3.15 วงจรแสดงการตรวจสอบสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระเพื่อม	39

รูปที่ 3.16 วงจรแสดงการตรวจสอบค่าต่ำสุดและสูงสุดสัญญาณแรงดันไฟฟ้า	40
รูปที่ 3.17 หน้าจอหลักการวิเคราะห์คุณภาพแรงดันไฟฟ้าแบบแสดงผลโดยตรง	41
รูปที่ 3.18 หน้าจอการแสดงผลรูปสัญญาณ	41
รูปที่ 3.19 หน้าจอการแสดงผลการวิเคราะห์ฮาร์มอนิกส์	42
รูปที่ 3.20 หน้าจอการแสดงผลสัญญาณรบกวนและสัญญาณรบกวน	42
รูปที่ 3.21 หน้าจอการแสดงผลสัญญาณกระเพื่อม	43
รูปที่ 3.22 การวัดเพื่อสอบเทียบวัดแรงดันไฟฟ้าอาร์เอ็มเอสกับมัลติมิเตอร์	43
รูปที่ 4.1 การติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบ	44
รูปที่ 4.2 หน้าจอหลักการวิเคราะห์คุณภาพแรงดันไฟฟ้าแบบแสดงผลโดยตรง	45
รูปที่ 4.3 หน้าจอการแสดงผลรูปสัญญาณ	46
รูปที่ 4.4 หน้าจอการแสดงผลการวิเคราะห์ฮาร์มอนิกส์	46
รูปที่ 4.5 หน้าจอการแสดงผลสัญญาณรบกวนและสัญญาณรบกวน	47
รูปที่ 4.6 หน้าจอการแสดงผลสัญญาณกระเพื่อม	47
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงแรงดันจากผลการบันทึกค่าช่องสัญญาณที่ 1	51
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงแรงดันจากผลการบันทึกค่าช่องสัญญาณที่ 2	55
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการเกิดไฟฟ้าดับชั่วขณะ	55
รูปที่ 4.10 หน้าจอหลักการวิเคราะห์คุณภาพแรงดันไฟฟ้ากรณีตรวจวัดแรงดันกับ มอเตอร์ 1 เฟส	56
รูปที่ 4.11 หน้าจอการแสดงผลรูปสัญญาณกรณีตรวจวัดแรงดันกับมอเตอร์ 1 เฟส	56
รูปที่ 4.12 หน้าจอการแสดงผลการวิเคราะห์ฮาร์มอนิกส์กรณีตรวจวัดแรงดันกับมอเตอร์ 1 เฟส	57
รูปที่ 4.13 หน้าจอการแสดงผลสัญญาณรบกวนและสัญญาณรบกวนกรณีตรวจวัดแรงดัน กับมอเตอร์ 1 เฟส	57
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงการเกิดไฟฟ้าดับชั่วขณะกรณีตรวจวัดแรงดันกับมอเตอร์ 1 เฟส	58
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงแรงดันจากผลการบันทึกค่าช่องสัญญาณที่ 1 กรณีตรวจวัด แรงดันกับมอเตอร์ 1 เฟส	62

บทที่ 1

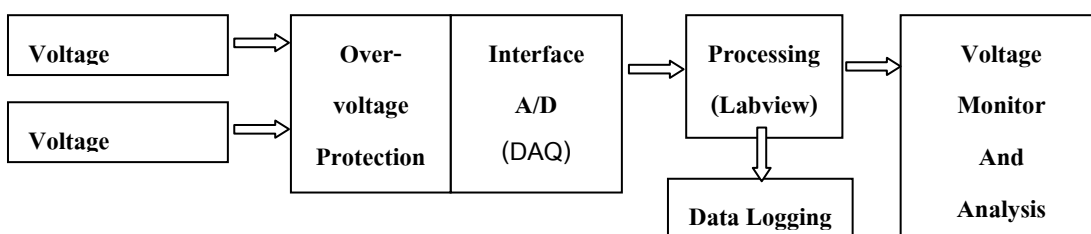
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เป็นที่ยอมรับว่าปัจจุบันมีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์นั้นมีจำนวนมากขึ้นไม่ว่าจะเป็นในภาคอุตสาหกรรม, ภาคการเกษตร หรือแม้กระทั่งในภาคครัวเรือน สิ่งที่ส่งผลกระทบต่อโดยตรงและก่อให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์เหล่านั้น คือผลกระทบจากปัญหาคุณภาพแรงดันไฟฟ้า โดยเฉพาะอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้า หากผลกระทบดังกล่าวเกิดขึ้นและส่งผลในวงกว้างแล้วอาจนำไปสู่ผลกระทบต่อความเชื่อมั่นในการลงทุนซึ่งก็จะส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจได้

ดังนั้นในการศึกษาและวิเคราะห์คุณภาพแรงดันไฟฟ้านั้นนับได้ว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อนำไปสู่การแก้ไข ปรับปรุงและยกระดับคุณภาพแรงดันไฟฟ้า และจะดียิ่งขึ้นถ้ามีอุปกรณ์ที่สามารถวิเคราะห์และแสดงผล พร้อมบันทึกการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าแบบแสดงผลโดยตรงได้ (On-Line)

โดยในงานวิจัยนี้ได้สังเกตเห็นปัญหาและผลกระทบดังกล่าวจึงได้ทำการศึกษา ออกแบบชุดศึกษาคุณภาพแรงดันไฟฟ้าโดยสามารถวิเคราะห์คุณภาพแรงดันไฟฟ้าพร้อมบันทึกการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าแบบแสดงผลโดยตรงโดยได้แสดงรูปแบบการทำงานไว้ในรูปที่ 1.1 ซึ่งประกอบชุดตรวจจับแรงดันไฟฟ้าด้วยกันจำนวนสองชุดซึ่งใช้ในการตรวจสอบแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจำนวนหนึ่งเฟสโดยจะมีชุดป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกินก่อนป้อนสัญญาณเข้าสู่ชุดเชื่อมต่อสัญญาณและแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (DAQ) ก่อนส่งสัญญาณเข้าสู่คอมพิวเตอร์เพื่อทำการวิเคราะห์ แสลงผลและบันทึกค่า



รูปที่ 1.1 รูปแบบการทำงานการวิเคราะห์และแสดงผลแรงดันไฟฟ้าแบบโดยตรง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะออกแบบชุดตรวจวัด และวิเคราะห์คุณภาพแรงดันไฟฟ้าซึ่งสามารถแสดงผลการวิเคราะห์และบันทึกการเปลี่ยนแปลงคุณภาพไฟฟ้าโดยใช้คอมพิวเตอร์และสามารถแสดงผลได้โดยตรง (On Line) เพื่อนำไปเป็นข้อมูลและศึกษาแก้ไข เพื่อยกระดับคุณภาพแรงดันไฟฟ้า และสร้างเป็นเครื่องต้นแบบสำหรับการศึกษาและพัฒนาในการวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าและการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการประหยัดพลังงานอย่างยั่งยืน

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

1.3.1 ศึกษาและออกแบบชุดเครื่องมือตรวจวัดวัดแรงดันไฟฟ้า จำนวน 1 เฟส พร้อมชุดป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกิน (Voltage Transducer and Over Voltage Protection)

1.3.2 ศึกษาและออกแบบโปรแกรมในแสดงผลการวัด วิเคราะห์แรงดันไฟฟ้า แสดงผลการวิเคราะห์ พร้อมบันทึกผล (Data Logging) โดยใช้โปรแกรมแล็บวิว (Lab View)

1.3.3 ทำการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการตรวจวัด โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานการวัด

1.3.4 ทำการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการบันทึก (Data Logging) กับโปรแกรม Matlab

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาทฤษฎีการวัดและอุปกรณ์การวัดทางไฟฟ้าเพื่อออกแบบชุดตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าและชุดป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกินเพื่อป้องกันอุปกรณ์

1.4.2 ศึกษามาตรฐานการวิเคราะห์แรงดันไฟฟ้า

1.4.3 ศึกษาและออกแบบโปรแกรมในการตรวจวัด จำลองการวิเคราะห์แรงดันไฟฟ้าและบันทึกผลโดยใช้โปรแกรมแล็บวิว

1.4.4 ออกแบบและสร้างชุดตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าและป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกินพร้อมชุดเชื่อมต่อและแปลงสัญญาณ A/D (DAQ)

1.4.5 ทดสอบการทำงานและสุ่มตรวจวัดแรงดันไฟฟ้า ณ อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีไฟฟ้า อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

1.4.6 สรุปผลการตรวจวัด วิเคราะห์ผล และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงคุณภาพแรงดันไฟฟ้า

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ช่วยให้มีความคิด ในการสร้างหรือปรับปรุงเครื่องมือตรวจวัด วิเคราะห์ผล แสดงผล และ บันทึกผลเพื่อนำไปปรับปรุงและยกระดับคุณภาพแรงดันไฟฟ้า และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในรูปแบบอื่นแบบใช้งานได้

1.5.2 ช่วยให้มีความคิด ในการพัฒนาสู่การศึกษาในการวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าและการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการประหยัดพลังงานอย่างยั่งยืน

1.5.3 ใช้เป็นข้อมูลและเครื่องต้นแบบที่จะใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาต่อยอดความรู้ต่อไป

1.5.4 ใช้เป็นเครื่องมือหรือส่วนประกอบในการศึกษา ทดลองและเรียนรู้สำหรับนักศึกษาและผู้สนใจ

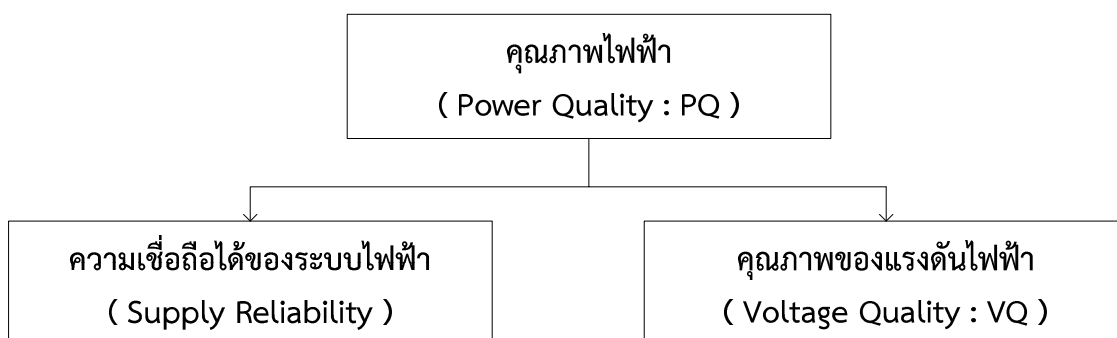
1.5.5 ตีพิมพ์บทความงานวิจัยเพื่อเผยแพร่ความรู้และหลักการวิเคราะห์

บทที่ 2

ทฤษฎีและมาตรฐานการตรวจวัด

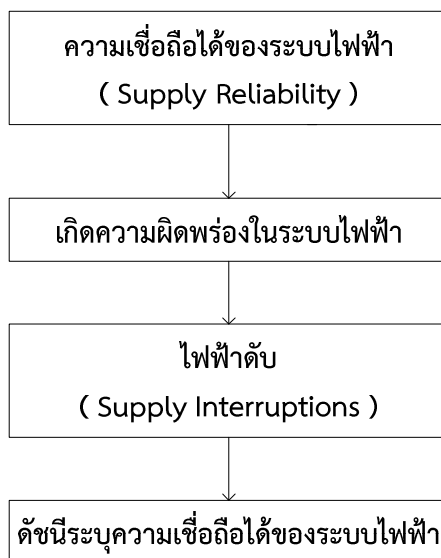
2.1 คุณภาพแรงดันไฟฟ้า

คุณภาพแรงดันไฟฟ้า โดยความหมายที่แท้จริงแล้วจะหมายถึง “คุณภาพแรงดันไฟฟ้า” การไฟฟ้าสามารถที่จะควบคุมหรือรักษาคุณภาพเฉพาะส่วนของแรงดันไฟฟ้าเท่านั้น ไม่สามารถที่จะควบคุมในส่วนของผู้ใช้กระแสไฟฟ้างoesไปใช้งานได้ อย่างไรก็ตาม การที่การไฟฟ้าจะรักษาระดับคุณภาพแรงดันให้อยู่ในเกณฑ์ที่ดีได้นั้น อาจมีความจำเป็นต้องกำหนด หรือบังคับให้ผู้ใช้ไฟฟ้าใช้กระแสไฟฟ้าในลักษณะที่ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพแรงดันไฟฟ้าในลักษณะที่ทำให้คุณภาพไฟฟ้าต่ำลงจนไม่ได้คุณภาพตามที่มาตรฐานกำหนดไว้ เช่น กำหนดให้ผู้ใช้ไฟฟ้ากรองกระแสฮาร์โมนิกทั้งบางส่วน เพื่อรักษาระดับแรงดันฮาร์โมนิก ณ จุดต่อร่วมให้อยู่ในระดับที่กำหนด หรือกำหนดให้ผู้ใช้ไฟฟ้าใช้กระแสที่กระเพื่อมอยู่ระดับกำหนด เพื่อลดผลต่อแรงดันกระเพื่อม เป็นต้น



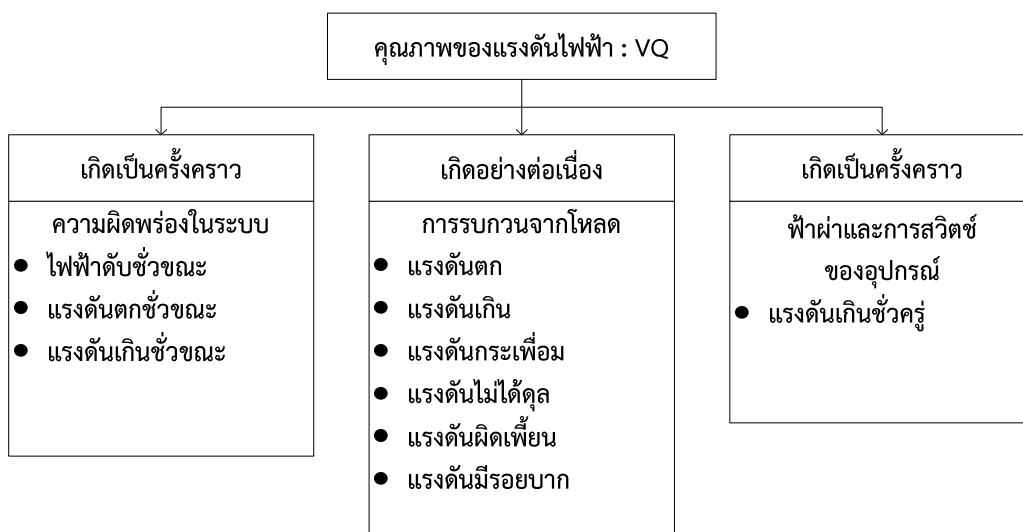
รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของคุณภาพไฟฟ้า

รูปที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ของคุณภาพไฟฟ้า คุณภาพของแรงดันไฟฟ้าและความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า อาจกล่าวได้ว่าในอดีตที่ผ่านมา เรามองคุณภาพไฟฟ้าในเทอมของความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า เช่น ในแต่ละปีต้องมีไฟฟ้าดับไม่เกินกี่ครั้ง แต่ครั้งเฉลี่ยแล้วต้องไม่เกินกี่นาทึ เป็นต้น โดยแสดงระดับคุณภาพในรูปค่าดัชนีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ ความเชื่อถือได้ของระบบ เช่น System Average Interruption Duration Frequency Index :SAIFI หรือ System Average Interruption Duration Index : SAIDI) เป็นต้น แต่ในยุคปัจจุบัน คุณภาพไฟฟ้าได้ขยายความครอบคลุมถึงเรื่องคุณภาพของแรงดันไฟฟ้าด้วย เนื่องจากอุปกรณ์สมัยใหม่ชนิดต่าง ๆ จะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้ามากขึ้น แรงดันที่ขาดหายไปในช่วงเวลาสั้น ๆ เช่น เพียง 1 -2 ไมโครวินาที ก็อาจมีผลทำให้อุปกรณ์ทำงานผิดพลาดได้แล้ว



รูปที่ 2.2 ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า

สาเหตุของไฟฟ้าดับที่ส่งผลต่อค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้านั้น เกิดจากการเกิดความผิดปกติของระบบไฟฟ้าในรูปแบบต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการเกิดความผิดปกติลงดิน ความผิดปกติระหว่างสาย ฯ การคิดช่วงเวลาไฟฟ้าดับเพื่อนำไปคำนวณหาดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้านั้น มาตรฐาน IEC (International Electrotechnical Commission) และมาตรฐาน IEEE (Institute of electrical and Electronic Engineers) ของสหรัฐอเมริกากำหนดให้คิดความผิดปกติที่เกิดขึ้นเกิน 1 นาที แต่มาตรฐาน EN (European Standard) ของกลุ่มประชาคมยุโรปกำหนดให้คิดความผิดปกติที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่สั้นกว่านี้ จะไม่นำไปใช้ในเรื่องความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า แต่จะไปรวมอยู่ในกลุ่มของคุณภาพของแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 2.3 แสดงการจำแนกปรากฏการณ์ของคุณภาพแรงดันไฟฟ้า

ซึ่งแยกออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ กลุ่มที่เกิดเป็นครั้งคราว และกลุ่มที่เกิดอย่างต่อเนื่อง ปรากฏการณ์ที่เกิดเป็นครั้งคราวยังแยกได้เป็น 2 กลุ่มย่อย คือ กลุ่มที่เกิดจากผลของการเกิดความผิดปกติของระบบไฟฟ้ามีอยู่ 3 ปรากฏการณ์ คือ

1. ไฟฟ้าดับชั่วคราว (Short Time Interruption) ไม่เกิน 1 นาที หรือ 3 นาที
2. แรงดันตกชั่วขณะ (Voltage Dip หรือ Voltage Sag)
3. แรงดันเกินชั่วขณะ (Voltage Swell)

และกลุ่มที่เกิดจากปรากฏการณ์ฟ้าผ่าหรือการสวิตช์ของอุปกรณ์ของระบบไฟฟ้า เช่น การสับเข้าชุดตัวเก็บประจุกำลัง ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น คือ แรงดันเกินชั่วครู่

ปรากฏการณ์ที่เกิดอย่างต่อเนื่องส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการรบกวนของโหลด มีปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นดังนี้

- ก. แรงดันตก (Undervoltage)
- ข. แรงดันเกิน (Overvoltage)
- ค. แรงดันกระเพื่อม (Voltage Fluctuation)
- ง. แรงดันไม่สมดุล (Voltage Unbalance)
- จ. แรงดันผิดเพี้ยน (Voltage Distortion) แบ่งย่อยเป็น แรงดันฮาร์โมนิก (Harmonic Voltage) และแรงดันอินเตอร์ฮาร์โมนิก (Interharmonic Voltage)
- ฉ. แรงดันมีรอยบาก (Notching Voltage)

การแพร่กระจายของการรบกวนจากอุปกรณ์ที่สร้างการรบกวน เช่น ชุดขับเคลื่อนปรับความเร็วรอบของมอเตอร์สร้างกระแสฮาร์โมนิก หรือการวาบไฟตามผิวของลูกฉนวน ทำให้เกิดแรงดันตกชั่วขณะ เป็นต้น ไปสู่อุปกรณ์ที่ได้รับผลกระทบนั้น สามารถไปได้ 2 ทาง คือ แพร่ไปทางอากาศ ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และแพร่ไปตามสายตัวนำของระบบไฟฟ้า

2.1.1 ปรากฏการณ์ด้านคุณภาพด้านแรงดันไฟฟ้า

คุณภาพของแรงดันไฟฟ้าจะเกี่ยวข้องกับเรื่องหลัก 3 เรื่อง คือ

1. ความถี่ของแรงดัน
2. ขนาดของแรงดัน
3. รูปลักษณ์ของแรงดัน

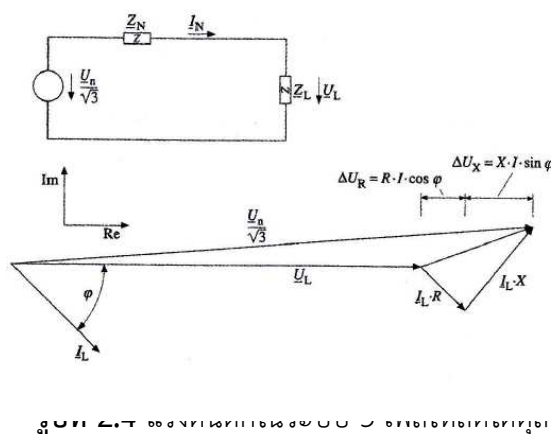
แรงดันจะมีค่าไม่เท่ากับค่าที่ระบุหรือค่าพึงประสงค์ของมัน ค่าที่เบี่ยงเบนไปเล็กน้อยจากค่าที่ระบุหรือค่าพึงประสงค์นั้น เรียกว่า “การแปรเปลี่ยนค่าของแรงดัน” (Voltage Variation) ซึ่ง

เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา การตรวจวัดการแปรค่าจึงต้องทำอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาที่กำหนด เช่น 24 ชั่วโมง 1 สัปดาห์ 1 เดือน หรือ 1 ปี เป็นต้น

ในบางครั้งแรงดันอาจมีการเปลี่ยนแปลงค่าที่มีขนาดเบี่ยงเบนไปจากค่าที่ระบุ หรือค่าพึงประสงค์มากการเบี่ยงเบนอย่างมากอย่างกะทันหันนี้ เรียกว่า “เหตุการณ์”(Event) เช่น แรงดันลดค่าลงเป็นศูนย์ เนื่องจากการปลดปล่อยวงจรของอุปกรณ์ป้องกันระบบหรือการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของรูปคลื่นอย่างกะทันหันในช่วงเวลาสั้น ๆ จากการสับชุดตัวเก็บประจุเข้าสู่ระบบไฟฟ้า เป็นต้น

2.1.2 การแปรเปลี่ยนค่าของแรงดัน

การแปรเปลี่ยนค่าของแรงดัน สามารถใช้อธิบายความถึงค่าพารามิเตอร์อื่น เช่น กระแส กำลังงาน ตัวประกอบกำลัง ฯลฯ ได้ด้วย ในภาวะการทำงานตามปกติ จะมีค่าเบี่ยงเบน ไปจากค่าที่ระบุ หรือค่าพึงประสงค์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น บางขณะอาจมีค่าสูงกว่า และบางขณะอาจมีค่าต่ำกว่าค่าที่ระบุ หรือค่าพึงประสงค์



การแปรเปลี่ยนค่าของแรงดันจะเกิดจากแรงดันตกอิมพีแดนซ์ของระบบ แรงดันตกในระบบ 3 เฟส โหลดได้ดุล (รูปที่ 2.4)

2.1.3 แรงดันเปลี่ยนค่ากะทันหัน

แรงดันเปลี่ยนค่ากะทันหันเป็นการเปลี่ยนค่าอย่างรวดเร็วของแรงดันอาร์เอ็มเอสเฉลี่ยระหว่างภาวะอยู่ตัวหรือภาวะเสถียร 2 ระดับ คือภาวะอยู่ตัวก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลง และภาวะอยู่ตัวหลังเกิดการเปลี่ยนแปลงสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการสับเข้า หรือปลดออกของโหลดขนาดใหญ่

เช่น การเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาดใหญ่ หากแรงดันเปลี่ยนค่ากะทันหันมีขนาดมากกว่าขีดเริ่มเปลี่ยนของแรงดันตกชั่วขณะ หรือแรงดันเกินชั่วขณะให้ถือเป็นเหตุการณ์ของแรงดันตกชั่วขณะ หรือแรงดันเกินชั่วขณะแทน

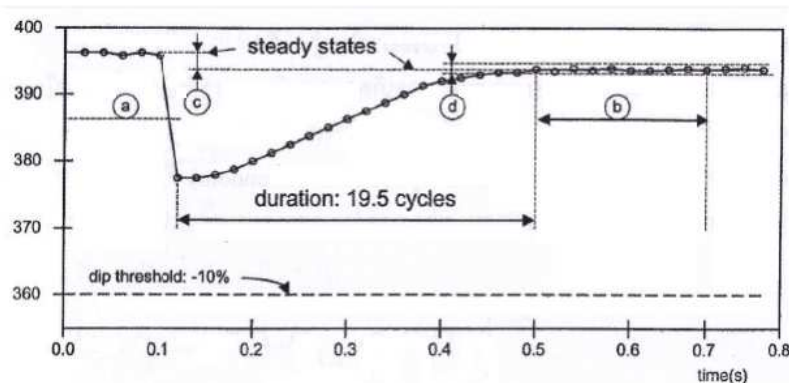
ในการวัดแรงดันเปลี่ยนค่ากะทันหัน ต้องกำหนดระดับค่าขีดเริ่มเปลี่ยนของคุณลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

อัตราการเปลี่ยนแปลงขั้นต่ำ (A)

ช่วงเวลาเสถียรขั้นต่ำ (R)

ระดับแรงดันแตกต่างขั้นต่ำของระดับเสถียร 2 ระดับ (C)

แถบเสถียรภาพ (D)

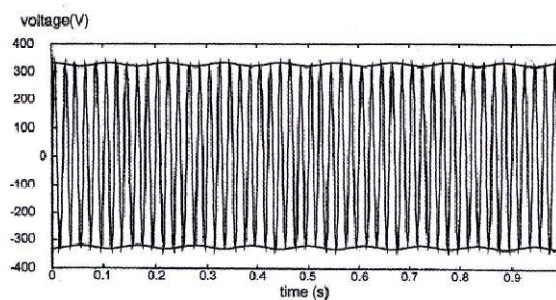


รูปที่ 2.5 แสดงนิยามของแรงดันเปลี่ยนค่ากะทันหัน

โดยมีแรงดันที่ระบุ 400 V ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนของแรงดันตกชั่วขณะคือ 90% หรือ 360 V (หากแรงดันลดค่าลงเหลือต่ำกว่า 360 V จะถือว่าเป็นเหตุการณ์แรงดันตกชั่วขณะขึ้น)

2.1.4 แรงดันกระเพื่อม

แรงดันกระเพื่อมเกิดจากขนาดของแรงดันมีค่าแปรเปลี่ยนอยู่ตลอดเวลา ดังตัวอย่างรูปคลื่นของแรงดันในรูป



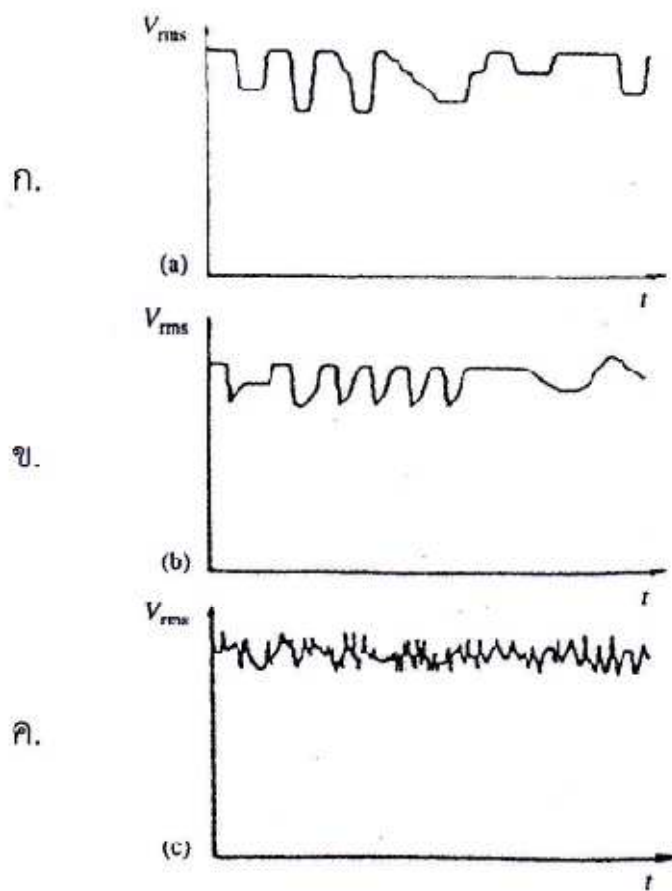
รูปที่ 2.6 รูปคลื่นแรงดันกระพือม

แรงดันกระพือมแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

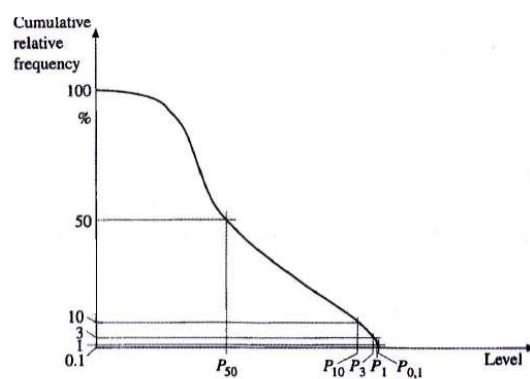
1.แรงดันกระพือมเป็นขั้น (Step) ซึ่งอาจเกิดอย่างสม่ำเสมอหรือไม่สม่ำเสมอในเทอมของเวลาก็ได้ เช่น เกิดจากการทำงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า เครื่องรีดเหล็ก เป็นต้น

2.แรงดันกระพือมเป็นวัฏจักร หรือแบบสุ่ม(Cyclic or Random) เป็นแรงดันกระพือมที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงค่าอิมพีแดนซ์ของโหลดในขณะทำงาน เช่น การทำงานของเตาหลอมเหล็กแบบอาร์ก

แรงดันกระพือมส่วนใหญ่จะส่งผลทำให้เกิดแสงกระพือม (Light Flicker) หากแสงจากหลอดกระพือมที่ความถี่ในช่วงเวลา 1 Hz ถึง 10 Hz ตามมนุษย์จะไวต่อแสงกระพือมในช่วงนี้มาก ซึ่งก่อให้เกิดความรำคาญได้ การวัดระดับแรงดันกระพือมที่ส่งผลต่อแสงกระพือมทำได้โดยวัดออกมาในเทอม P_{st} (Short Term Severity Level) และ P_{lt} (Long Term Severity Level) โดย P_{st} คัดจากทุก ๆ 10 นาที และ P_{lt} จะคิดทุก ๆ 2 ชั่วโมง ตามรูปที่ 2.8



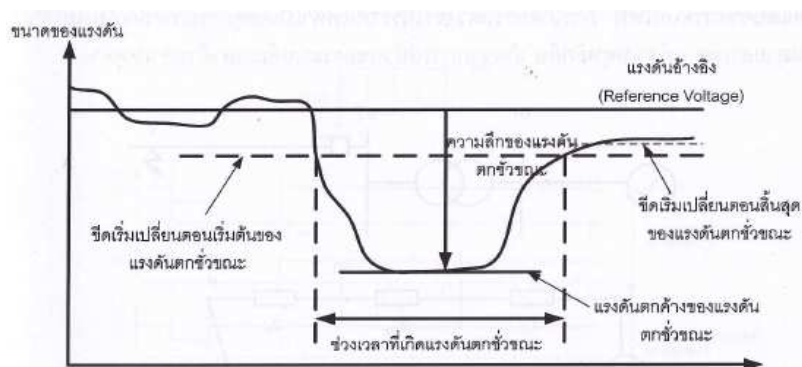
รูปที่ 2.7 ขนาดของแรงดันกระเพื่อมประเภทต่างๆ



รูปที่ 2.8 ข้อมูลที่ใช้ประเมินค่า P_{st}

2.1.5 แรงดันตกชั่วขณะ

แรงดันตกชั่วขณะ เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจากความผิดปกติหรือการลัดวงจรในระบบไฟฟ้าทำให้แรงดันลดขนาดลงอย่างทันทีทันใด ทำให้มีค่าต่ำกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่กำหนดไว้ แล้วตามด้วยการคืนตัวของแรงดันในช่วงเวลาสั้น ๆ



รูปที่ 2.9 ค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในเรื่องแรงดันตกชั่วขณะ

ซึ่งมีความหมายดังต่อไปนี้

แรงดันอ้างอิง เป็นแรงดันที่ระบุเพื่อใช้อ้างอิงในการกำหนดค่าขีดเริ่มต่าง ๆ ความลึกของแรงดันตกชั่วขณะ หรือค่าอื่น ๆ โดยคิดเทียบเป็น % หรือ pu

ขีดเริ่มเปลี่ยนตอนเริ่มต้นของแรงดันตกชั่วขณะ เป็นค่าแรงดันที่กำหนดขึ้น โดยเทียบกับแรงดันอ้างอิงเพื่อเป็นตัวกำหนดจุดเริ่มเกิดของแรงดันตกชั่วขณะ โดยปกติแล้วมักกำหนดให้มีค่าอยู่ระหว่าง 85% ถึง 95% หรือ 0.85 – 0.95 pu ของแรงดันอ้างอิง

ขีดเริ่มเปลี่ยนตอนสิ้นสุดของแรงดันตกชั่วขณะ เป็นค่าแรงดันที่กำหนดขึ้น โดยเทียบกับแรงดันอ้างอิงเพื่อเป็นตัวกำหนดจุดสิ้นสุดของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะโดยปกติอาจกำหนดเป็นค่าเดียวกันกับขีดเริ่มเปลี่ยนตอนเริ่มต้น หรืออาจกำหนดให้มีค่าสูงกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยนตอนเริ่มต้นประมาณ 1%

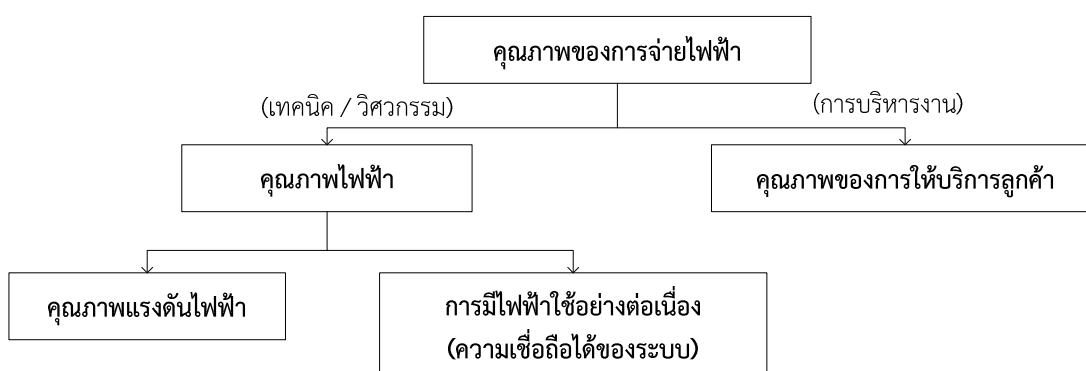
แรงดันตกค้างของแรงดันตกชั่วขณะ เป็นค่าแรงดันต่ำสุดที่บันทึกได้ในขณะที่เกิดแรงดันตกชั่วขณะอาจแสดงเป็นโวลต์ หรือร้อยละเทียบกับแรงดันอ้างอิง หรือ pu เทียบกับแรงดันอ้างอิงก็ได้

ความลึกของแรงดันตกชั่วขณะ คือผลต่างของแรงดันอ้างอิงกับแรงดันตกค้าง

ช่วงเวลาที่เกิดแรงดันตกชั่วขณะ เป็นระยะเวลาระหว่างจังหวะที่แรงดันลดต่ำกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยนตอนเริ่มต้น และจังหวะที่แรงดันคืนตัวมีค่าสูงกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยนตอนสิ้นสุด

2.2 การตรวจวัดข้อมูลคุณภาพไฟฟ้า

เนื่องจากผู้ใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมมีการนำเอาอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าสมัยใหม่มาประยุกต์ใช้งานมากมาย ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้มีความไวต่อการรบกวนจากระบบไฟฟ้า จึงเป็นเรื่องที่ผู้ใช้ไฟฟ้ากลุ่มนี้ต้องการทราบคุณภาพไฟฟ้าที่ซื้อมาใช้ นอกจากนี้ ระเบียบปฏิบัติต่าง ๆ ในการให้บริการทางด้านไฟฟ้าเริ่มมีแนวโน้มที่จะมีการนำเรื่องคุณภาพไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้มากขึ้น ดังแสดงในรูป 2.10



รูปที่ 2.10 คุณภาพของการจ่ายไฟฟ้า

2.2.1 ข้อมูลที่ต้องตรวจวัด

ปรากฏการณ์ทางด้านคุณภาพไฟฟ้าสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราวสำหรับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจะประกอบไปด้วย

1. การแปรเปลี่ยนช่วงเวลายาว (ได้แก่ ไฟฟ้าดับนาน แรงดันตกและแรงดันเกิน)
2. แรงดันไม่ได้ดูล
3. แรงดันผิดเพี้ยน
4. แรงดันกระเพื่อม
5. การแปรเปลี่ยนของความถี่ไฟฟ้ากำลัง

สำหรับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราว จะประกอบไปด้วย

1. แรงดันชั่วคราว (ทั้งอิมพัลส์และแบบกว้าง)
2. การแปรเปลี่ยนช่วงเวลาสั้น (ได้แก่ ไฟฟ้าดับชั่วขณะ แรงดันตกชั่วขณะ และแรงดันเกิน)

ชั่วคราว)

2.2.2 การตรวจวัดข้อมูลปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

1.การแปรเปลี่ยนช่วงระยะยาว

ก.การแปรเปลี่ยนแรงดันแหล่งจ่าย (ตรวจสอบเรื่อง Voltage Regulation) การตรวจวัดในส่วนนี้ส่วนใหญ่จะมีการวัดข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อแสดงสภาพการทำงานของระบบไฟฟ้าด้วย ข้อมูลที่วัดเพิ่มเติม ได้แก่

ข.การแปรเปลี่ยนของกระแส

ค.การแปรเปลี่ยนของกำลังงานจริง(kW)

ง.การแปรเปลี่ยนของกำลังงานรีแอกทีฟ (kVar)

จ.การแปรเปลี่ยนของกำลังงานปรากฏ (kVA)

ฉ.การแปรเปลี่ยนของตัวประกอบกำลัง

การตรวจวัดข้อมูลในส่วนนี้เพื่อใช้วิเคราะห์หา

-ข้อมูลไฟดับนาน (ตั้งแต่ 1 นาที หรือ 3 นาทีขึ้นไป)

-แรงดันตก

-แรงดันเกิน

-ต้องใช้เวลาตรวจวัดอย่างต่ำ 1 สัปดาห์

-1สัปดาห์จะมีข้อมูลทั้งหมด 1,008 ค่า ($7 \times 24 \times 6$)

-ข้อมูลจำนวน 95% (958 ครั้ง) ต้องมีค่าอยู่ในช่วง $\pm 10\%$ ของค่าที่ระบุ หรือค่าที่แจ้ง

2.แรงดันไม่ได้ดุล

- วัดค่าในเทอมของอัตราส่วนประกอบลำดับลบต่อส่วนประกอบลำดับบวก

- เป็นการตรวจสอบสภาพการทำงานของระบบไฟฟ้าสามเฟสว่าแรงดันมีความสมดุลมาก

น้อยเพียงใด

-ต้องใช้เวลาตรวจวัดอย่างต่ำ 1 สัปดาห์

-การหาค่าแรงดันส่วนประกอบลำดับลบอาร์เอ็มเอสเฉลี่ย และลำดับบวกอาร์เอ็มเอสเฉลี่ยแต่ละครั้งต้องใช้เวลา 10 นาที

-ข้อมูลจำนวน 95% (958 ครั้ง) ต้องมีค่าอยู่ในช่วง 2% ของส่วนประกอบลำดับบวก

3.แรงดันฮาร์มอนิกและกระแสฮาร์มอนิก

-การวัดค่า THD ต้องวัดผลรวมได้ถึงฮาร์มอนิกอันดับที่ 40 หรืออันดับที่ 50

- การวัดค่าแรงดันฮาร์มอนิกหรือกระแสฮาร์มอนิกต้องแยกวัดแต่ละอันดับให้ถึง ฮาร์มอนิกอันดับที่ 25 หรืออันดับที่ 40 หรืออันดับที่ 50

- ต้องสามารถตรวจจับและบันทึกรูปคลื่นได้ในจังหวะที่ต้องการ
- ต้องใช้เวลาตรวจวัดอย่างต่ำ 1 สัปดาห์
- ข้อมูลจำนวน 95% (958 ครั้ง) ต้องมีค่าไม่เกินค่าขีดจำกัดที่กำหนดทั้งค่า THD และฮาร์

มอนิกแต่ละอันดับ

4. แรงดันกระเพื่อม

- เครื่องวัดต้องมีความสามารถตามที่ระบุในมาตรฐาน IEC 61000-4-15 หรือ IEC 61000-

4-30

-วัดข้อมูลในเทอมของ P_{st} และ P_{lt}

- ต้องใช้เวลาตรวจวัดอย่างต่ำ 1 สัปดาห์

-ต้องหาค่า P_{st} ทุก ๆ คาบเวลา 10 นาที

-ต้องหาค่า P_{lt} ทุก ๆ คาบเวลา 2 ชั่วโมง (ใช้เทคนิคการเลื่อนช่องหน้าต่างกว้าง 2

ชั่วโมง)

-ข้อมูล P_{st} จำนวน 95% (958 ครั้ง) ต้องมีค่าไม่เกินที่กำหนด

-ข้อมูล P_{lt} จำนวน 95% (958 ครั้ง) ต้องมีค่าไม่เกินที่กำหนด

5. การแปรเปลี่ยนของความถี่

-การหาค่าความถี่เฉลี่ยแต่ละครั้งต้องใช้เวลา 10 วินาที

-ต้องใช้เวลาตรวจวัดอย่างต่ำ 1 สัปดาห์

-1 สัปดาห์จะมีข้อมูลทั้งหมด 60,480 ค่า ($7 \times 24 \times 60 \times 6$)

-ข้อมูลจำนวน 99.5% (60,178 ครั้ง) ต้องมีค่าไม่เกินค่าที่กำหนด เช่น $\pm 1\%$ ของ 50 Hz

หรือ 0.5 Hz

2.2.3 การตรวจวัดข้อมูลที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราว

-เครื่องวัดควรสามารถบันทึกรูปคลื่นของเหตุการณ์ได้ เพื่อนำไปวิเคราะห์หาคุณลักษณะของปรากฏการณ์นั้น ๆ ที่สามารถโยงไปถึงสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์ได้

-หากเครื่องวัดไม่บันทึกรูปคลื่นให้ เครื่องวัดต้องมีความสามารถในการวิเคราะห์

คุณลักษณะของเหตุการณ์ได้

1. แรงดันเกินชั่วคราวต้องมีข้อมูลที่ใช้ระบุคุณลักษณะอย่างน้อยดังต่อไปนี้

-ขนาดของยอดคลื่น

-อัตราการเพิ่มขนาดช่วงหน้าคลื่นหรือเวลาช่วงหน้าคลื่น

-ระยะเวลาหรือช่วงเวลาทางคลื่น

-ความถี่เด่น

2.แรงดันเกินชั่วขณะ ต้องมีข้อมูลที่ใช้ระบุคุณลักษณะอย่างน้อยดังต่อไปนี้

-ขนาดของแรงดันที่เกินสูงสุด

-ระยะเวลาที่เกิด

3.แรงดันตกชั่วขณะ ต้องมีข้อมูลที่ใช้ระบุคุณลักษณะอย่างน้อยดังต่อไปนี้

-ขนาดของแรงดันที่เหลือน้อยที่สุด

-ระยะเวลาที่เกิด

4.ไฟฟ้าดับชั่วขณะ ต้องมีข้อมูลระยะเวลาที่เกิดเหตุการณ์

2.2.4 ความสามารถเบื้องต้นของเครื่องวัด

ความสามารถเบื้องต้นของเครื่องวัดจะถูกกำหนดด้วย

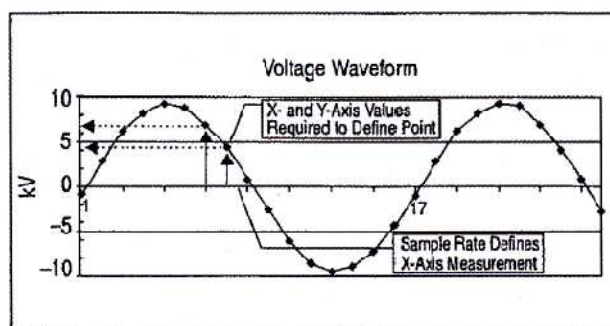
1.อัตราการสุ่มสัญญาณ (Sampling rate)

2.จำนวนบิตของ A/D คอนเวอร์เตอร์ที่ใช้ในการแปลงข้อมูล

3.จำนวนบิตของโปรเซสเซอร์ที่ใช้ประมวลผลข้อมูล

ก) อัตราการสุ่มสัญญาณ เนื่องจากแรงดันหรือกระแสไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

ความถี่ 50 Hz จะมีรูปคลื่นซ้ำเดิมทุก ๆ 20 มิลลิวินาที การวัดสัญญาณเพื่อการวิเคราะห์โดยทั่วไปจะวัดเพียง 1 ไซเคิล ก็เพียงพอแล้ว แต่การวิเคราะห์เรื่องอินเตอร์ฮาร์โมนิกส์ที่ต้องการความละเอียดถึง 5 Hz จะต้องวัดครั้งละ 10 ไซเคิล



รูปที่ 2.11 การสุ่มสัญญาณ

การสุ่มสัญญาณโดยทั่วไปอาจจะกำหนดอัตราการสุ่มสัญญาณเทียบกับรูปคลื่น 1 ไชเคิล เช่น รูปที่ 2.11 จะมีการสุ่มสัญญาณ 16 ครั้งต่อไชเคิล โดยปกติแล้วอัตราการสุ่มจะเป็นตัวเลข 2^n ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.1

เครื่องวัดที่มีอัตราการสุ่มสัญญาณต่ำ เช่น 16 ครั้งต่อไชเคิลตามรูป 2.11 จะวัดข้อมูลได้หยابหากรูปคลื่นมีความผิดเพี้ยน จะทำให้เกิดความผิดพลาดสูง แต่ใช้หน่วยความจำในการเก็บข้อมูลน้อย (1 วินาทีวัด 800 ครั้ง) เครื่องวัดที่มีความแม่นยำสูงส่วนใหญ่จะใช้อัตราการสุ่มสัญญาณที่ระดับ 256 ครั้งต่อไชเคิล หรือ 12,800 ตัวอย่างใน 1 วินาที ต้องใช้หน่วยความจำเก็บข้อมูลเพิ่มขึ้น 16 เท่าในการวัดสัญญาณครั้งละ 10 ไชเคิลเพื่อวิเคราะห์อินเทอร์ฮามอนิกส์ ต้องใช้อัตราการสุ่มสัญญาณ $2^{11} = 2,048$ ครั้ง ต่อ 10 ไชเคิลหรือ 102,400 ตัวอย่างต่อวินาที

ตารางที่ 2.1 อัตราการสุ่มสัญญาณ

n	จำนวนข้อมูลต่อไชเคิล	จำนวนข้อมูลต่อวินาที (samp/s)	ความไวของการสุ่มสัญญาณ (มิลลิวินาทีต่อครั้ง)
4	16	800	1.25
5	32	1,600	0.625
6	64	3,200	0.3125
7	128	6,400	0.15625
8	256	12,800	0.078125
9	512	25,600	0.0390625
10	1,024	51,200	0.01953125
11	2,048	102,400	0.009765625

อัตราการสุ่มสัญญาณที่ระดับ 256 ครั้งต่อไชเคิล หรือมีความไวในการสุ่มสัญญาณระดับ 0.078 มิลลิวินาทีต่อครั้ง หรือ 78.125 ไมโครวินาทีต่อครั้งยังไม่ไวพอที่จะสุ่มสัญญาณเกินชั่วครู่ได้ เนื่องจากช่วงเวลาหน้าคลื่นอาจจะสั้นกว่า 1 ไมโครวินาที จึงต้องใช้ความไวในการสุ่มที่เร็วกว่านี้มาก

ข) จำนวนบิตของ A/D คอนเวอร์เตอร์ คือ ความละเอียดในการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นความละเอียดของขนาดสัญญาณที่วัดได้

ตารางที่ 2.2 แสดงความละเอียดของขนาดสัญญาณที่วัดได้เมื่อใช้ A/D คอนเวอร์เตอร์ ขนาดบิตต่าง ๆ ที่แรงดันเต็มสเกล 250 โวลต์ (อาร์เอ็มเอส)

ตารางที่ 2.2 ความละเอียดของสัญญาณที่วัดได้

A/D คอนเวอร์เตอร์ (บิต)	Divisions	ความละเอียดของขนาดสัญญาณ (Vpp/d)
8	256	2.762
10	1,024	0.6905
12	4,096	0.1726
16	65,536	0.0108

ค) จำนวนบิตของโปรเซสเซอร์ เมื่อสุ่มสัญญาณได้แล้ว สัญญาณดังกล่าวจะต้องถูกประมวลผลเพื่อคำนวณเป็นปริมาณทางไฟฟ้าค่าต่าง ๆ โปรเซสเซอร์ที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลจะต้องมีจำนวนบิตของ A/D คอนเวอร์เตอร์ เครื่องวัดทั่ว ๆ ไปอาจใช้ 16 บิต แต่เครื่องมือวัดที่มีความแม่นยำสูงส่วนใหญ่จะใช้โปรเซสเซอร์ขนาด 32 บิต

2.3 ข้อกำหนดของวิธีการวัดข้อมูล

2.3.1 การวัดขนาดของแรงดัน

- วัดค่าอาร์เอ็มเอส ทุกช่วงเวลา 10 นาที
- ความคลาดเคลื่อนในตัวเครื่องวัด

$$\varepsilon < 0.5\% \text{ สำหรับประเภท 1 และ 2}$$

$$\varepsilon < 1.0\% \text{ สำหรับประเภท 3}$$

- THD ของแรงดันที่วัดอยู่ในช่วง 0-20%
- วัดข้อมูลต่อเนื่องเป็นเวลา 1 สัปดาห์
- จำแนกตัวอย่างที่แรงดันเบี่ยงเบนไม่เกิน $\pm 15\%$ ได้ N ตัวอย่าง
- จากข้อมูล N ตัวอย่าง จำแนกตัวอย่างที่แรงดันเบี่ยงเบนเกิน $\pm 10\%$ ได้ N_1 ตัวอย่าง
- คุณภาพด้านขนาดของแรงดันจะเป็นไปตามมาตรฐาน เมื่อ

$$\frac{N_1}{N} \times 100 \leq 5\%$$

2.3.2 การวัดแรงดันกระเพื่อม

-วัดค่า P_{st} และค่า P_{lt} โดยเครื่องวัดต้องมีคุณสมบัติเป็นไปตามที่กำหนดใน IEC 61000-4-15

-THD ของแรงดันที่วัดอยู่ในช่วง 0-20%

-วัดข้อมูล P_{st} ทุกช่วงเวลา 10 นาที

-วัดข้อมูลต่อเนื่องเป็นเวลา 1 สัปดาห์

-คัดตัวอย่างข้อมูล P_{st} ที่อยู่ในช่วงแรงดันเบี่ยงเบนเกิน $\pm 15\%$ หรือแรงดันตกชั่วขณะมี

ความ

ลึกมากกว่า 15% ถึง

-คำนวณค่า P_{lt} จากค่า P_{st} 12 ค่าต่อเนื่องกันได้ N ตัวอย่าง

-จากข้อมูล N ตัวอย่างจำแนกตัวอย่างที่มีค่าเกินกำหนด ได้ N_1 ตัวอย่าง

-คุณภาพด้านแรงดันกระเพื่อมจะเป็นไปตามมาตรฐานเมื่อ

$$\frac{N_1}{N} \times 100 \leq 5\%$$

2.3.3 การวัดแรงดันตกชั่วขณะ

-เครื่องวัดต้องสามารถวัดค่าอาร์เอ็มเอสของแรงดันได้ทุก ๆ ครึ่งไซเคิล

-ความคลาดเคลื่อนในตัวเครื่องวัดในการวัดความลึกของแรงดันตกชั่วขณะ

$er < 0.5\%$ สำหรับประเภท 1

$er < 2.0\%$ สำหรับประเภท 2

$er < X\%$ สำหรับประเภท 3 ผู้ผลิตแจ้งข้อมูล

-การวัดแรงดันตกชั่วขณะต้องวัดทั้งช่วงเวลาที่เกิด (duration) และความลึกของแรงดันที่

ตก

เทียบกับแรงดันที่ระบุ (depth)

-ช่วงเวลาที่เกิด คือช่วงเวลาที่แรงดันมีค่าอาร์เอ็มเอสต่ำกว่า 90% ของค่าที่ระบุหรือค่าที่

แจ้ง

-ความลึกของแรงดันตก (วัดเป็น %) คือ ผลต่างของแรงดันที่ระบุ หรือแรงดันที่แจ้งกับแรงดันอาร์เอ็มเอสค่าต่ำสุดในระหว่างที่เกิดแรงดันตกชั่วขณะ

2.3.4 การวัดไฟฟ้าดับชั่วขณะและไฟฟ้าดับนาน

-เครื่องวัดต้องสามารถวัดค่าอาร์เอ็มเอสของแรงดันได้ทุก ๆ ครึ่งไซเคิล

-การวัดข้อมูลไฟฟ้าดับให้วัดช่วงเวลาที่เกิดไฟฟ้าดับ

-ไฟฟ้าดับให้หมายถึงเหตุการณ์ที่แรงดันมีค่าอาร์เอ็มเอสต่ำกว่า 1% ของค่าที่ระบุ

-การวัดประเภทที่ 1 ให้ใช้เวลาตรวจวัดนาน 1 ปี สำหรับประเภทอื่น ๆ ให้ระบุช่วงเวลา

ตรวจวัดเป็นกรณี

2.3.5 การวัดแรงดันเกินชั่วขณะ

- เครื่องวัดต้องสามารถวัดค่าอาร์เอ็มเอสของแรงดันได้ทุก ๆ ครั้งไซเคิล

- ความคลาดเคลื่อนในตัวเครื่องวัด

$$er < 0.5\% \text{ สำหรับประเภท 1}$$

$$er < 2.0\% \text{ สำหรับประเภท 2}$$

- การวัดแรงดันเกินต้องวัดทั้งช่วงเวลาที่เกิดและขนาดแรงดันที่เกิน

- ช่วงเวลาที่เกิดคือช่วงเวลาที่แรงดันมีค่าอาร์เอ็มเอสสูงกว่า 110% ของค่าที่ระบุหรือค่าที่แจ้ง

- ขนาดของแรงดันเกิน (วัดเป็น %) คืออัตราส่วนของขนาดแรงดันสูงสุดต่อค่าแรงดันที่

ระบุ

หรือค่าที่แจ้ง

2.3.6 การวัดแรงดันเกินชั่วคราว

- ให้เป็นไปตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับเรื่องการวัดแรงดันเกินชั่วคราว

2.3.7 การวัดแรงดันไม่ได้ดูล

- เครื่องวัดต้องมีความสามารถในการวัดแรงดันไม่ได้ดูลในเทอมอัตราส่วนแรงดันลำดับลบ

ต่อ

แรงดันลำดับบวก

- การวัดข้อมูลให้วัดทุกช่วงเวลา 10 นาที

- ความคลาดเคลื่อนในตัวเครื่องวัด

$$er < 0.2\% \text{ สำหรับประเภท 1}$$

$$er < 1\% \text{ สำหรับประเภท 2}$$

$$er < X\% \text{ สำหรับประเภท 3 ผู้ผลิตแจ้งข้อมูล}$$

- ความแม่นยำของการวัดที่ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ

- วัดข้อมูลต่อเนื่องเป็นเวลา 1 สัปดาห์

- จำแนกตัวอย่างที่แรงดันเบี่ยงเบนไม่เกิน $\pm 15\%$ ได้ N ตัวอย่าง

- จากข้อมูล N ตัวอย่าง จำแนกตัวอย่างที่มีค่าเกินกำหนด 2% ได้ N_1 ตัวอย่าง

- คุณภาพด้านขนาดของแรงดันจะเป็นไปตามมาตรฐาน เมื่อ

$$\frac{N_1}{N} \times 100 \leq 5\%$$

2.4 มาตรฐานและข้อกำหนดการวิเคราะห์แรงดันไฟฟ้า

มาตรฐานคุณภาพไฟฟ้าเป็นสิ่งจำเป็นในธุรกิจไฟฟ้า ผู้ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพไฟฟ้ามากมายหลายฝ่าย ประกอบด้วย

1. การไฟฟ้า หรือผู้ขายไฟฟ้า
2. ผู้ใช้ไฟฟ้า หรือผู้ซื้อไฟฟ้า
3. ผู้ผลิตอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า
4. ผู้ผลิตอุปกรณ์ที่ใช้ป้องกัน หรือบรรเทาปัญหาคุณภาพไฟฟ้า
5. ผู้ทดสอบอุปกรณ์ไฟฟ้า
6. ผู้กำกับดูแลธุรกิจการซื้อขายไฟฟ้า
7. หน่วยงานกำหนดมาตรฐาน

มาตรฐานด้านคุณภาพไฟฟ้า ผู้ที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เหล่านี้ อาจตกลงร่วมกันไม่ได้ว่าจะใช้เกณฑ์อะไร ค่าเท่าไร ในการควบคุมคุณภาพไฟฟ้าให้อยู่ระบบที่ทุกฝ่ายพอใจ ทั้งด้านเทคนิคและความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐกิจ ผู้ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพไฟฟ้าต่าง ๆ เหล่านี้ ได้ตระหนักถึงความสำคัญของมาตรฐานด้านคุณภาพไฟฟ้า จึงได้สร้างมาตรฐานด้านคุณภาพไฟฟ้าออกมามากมายในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา นี้ พวกเขาระบุว่ามีความต้องการคุณภาพไฟฟ้าสูงขึ้น มีการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ไวต่อการรบกวน มีการใช้อุปกรณ์แบบไม่เชิงเส้นที่สร้างกระแสฮาร์โมนิกมากขึ้น ระบบไฟฟ้ามีโครงข่ายขนาดใหญ่ขึ้นและซับซ้อนมากขึ้น มีการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาประยุกต์ใช้ในระบบไฟฟ้า กำลังมากขึ้น สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนแต่ผลักดันให้ต้องมีมาตรฐานด้านคุณภาพไฟฟ้า เพื่อใช้เป็นแม่บททางด้านคุณภาพไฟฟ้า

ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงมาตรฐานด้านคุณภาพไฟฟ้าบางฉบับ เนื่องจากการปรับปรุงมาตรฐานด้านคุณภาพไฟฟ้าให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา ดังนั้น ในการเลือกใช้งาน ผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตรงทุกฝ่ายต้องตัดสินใจเองว่าจะใช้มาตรฐานใด ด้วยเหตุผลใด

2.4.1. มาตรฐาน EN 50160 – 2010

มาตรฐาน EN 50160– 2010 : Voltage Characteristics of Electricity Supplied by Public Electricity Networks เป็นมาตรฐานคุณภาพไฟฟ้าของประชาคมยุโรป จัดทำโดย CENELEC (European Committee Electrotechnical Standardization) ซึ่งมีสมาชิกทั้งหมด 31 ประเทศ (ปี 2010 ตามรายชื่อที่ปรากฏในมาตรฐาน) มีเนื้อหา ดังนี้

1. ขอบข่าย และวัตถุประสงค์
2. เอกสารอ้างอิงที่เกี่ยวข้อง
3. พจน์ และนิยาม

4.คุณลักษณะแหล่งจ่ายแรงดันต่ำ ($U_N \leq 1kV$)

5.คุณลักษณะแหล่งจ่ายแรงดันปานกลาง ($1kV \leq U_C \leq 36kV$)

6.คุณลักษณะแหล่งจ่ายแรงดันสูง ($U_C > 1kV$)

มาตรฐานฉบับนี้จะแบ่งปรากฏการณ์ด้านคุณภาพไฟฟ้าออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มปรากฏการณ์ต่อเนื่อง (Continuous Phenomena) และกลุ่มเหตุการณ์แรงดัน (Voltage Event)

กลุ่มปรากฏการณ์ต่อเนื่องประกอบด้วย ปรากฏการณ์ดังต่อไปนี้

- 1.ความถี่ไฟฟ้ากำลัง (Power Frequency)
2. การแปรเปลี่ยนแรงดันแหล่งจ่าย (Supply Voltage Variations)
- 3.การเปลี่ยนแรงดันกะทันหัน (Rapid Voltage Changes)
 - การเปลี่ยนแรงดันกะทันหันเดี่ยว (Single Rapid Voltage Changes)
 - ความรุนแรงแสงกระพริบ (Flicker Severity)
- 4.แรงดันแหล่งจ่ายไม่ได้ดุล (Supply Voltage Unbalance)
- 5.แรงดันฮาร์มอนิกส์ (Harmonic Voltage)
- 6.แรงดันอินเตอร์ฮาร์มอนิกส์ (Interharmonic Voltage)
- 7.แรงดันการส่งสัญญาณบนสายเมน (Main Signalling Voltages)

กลุ่มเหตุการณ์แรงดัน ประกอบด้วย ปรากฏการณ์ดังต่อไปนี้

- 1.ไฟฟ้าดับ (Interruptions of The Supply Voltage)
- 2.แรงดันตกชั่วขณะ / แรงดันเกินชั่วขณะ (Supply Voltage Dips/Swells)
- 3.แรงดันเกินชั่วครู่ (Transient Overvoltage)

เกณฑ์ด้านคุณภาพไฟฟ้าจะประยุกต์ใช้กับ

- ระบบที่ทำงานในภาวะปกติเท่านั้น
- ระบบแรงดันต่ำ (LV) ที่มีแรงดันที่ระบุ (U_N) ไม่เกิน 1000 V
- ระบบแรงดันปานกลาง (MV) ที่มีแรงดันที่แจ้งไว้ (U_C) เกิน 36kV

มาตรฐานฉบับนี้ กำหนดกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ดังนี้

- 1.ความถี่ไฟฟ้ากำลัง
 - ความถี่ที่ระบุ คือ 50 Hz
 - วัดค่าเฉลี่ยทุก 10 วินาที ในภาวะการทำงานปกติ
 - ระบบโครงข่ายขนาดใหญ่ต้องที่ค่าตามเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 คุณลักษณะของความถี่ไฟฟ้ากำลัง

ระดับแรงดัน	เกณฑ์ที่กำหนดความถี่ไฟฟ้ากำลัง
LV	-50 Hz $\pm 1\%$ (นั่นคือ 49.5-50.5 Hz) ในช่วงเวลา 99.5% ของ 1 ปี -50 Hz +4% / -6% (นั่นคือ 47-52 Hz) ในช่วงเวลา 100% ของ 1 ปี
MV	เหมือนของ LV
HV	เหมือนของ LV

2. การแปรเปลี่ยนแรงดันแหล่งจ่าย

แรงดันที่ระบุ (U_N) ของระบบแรงดันต่ำ คือ 230 V

- ระหว่างเฟสกับนิวทรัลในระบบ 1 เฟส และ 3 เฟส 4 สาย
- ระหว่างเฟสกับเฟสในระบบ 3 เฟส 3 สาย
- ส่วนระบบแรงดันปานกลาง และระบบแรงสูง ให้ผู้ที่เกี่ยวข้องแจ้งว่าใช้ค่าเท่าใดเป็นค่าอ้างอิง
- วัดค่าอาร์เอ็มเอสเฉลี่ยทุก 10 นาที ในภาวะการทำงานปกติ
- คุณลักษณะของการแปรเปลี่ยนแรงดันแหล่งจ่ายกำหนดในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 คุณลักษณะของการแปรเปลี่ยนแรงดันแหล่งจ่าย

ระดับแรงดัน	เกณฑ์ที่กำหนดของการแปรเปลี่ยนแรงดันแหล่งจ่าย
LV	1. ในภาวะทำงานปกติการแปรเปลี่ยนแรงดันแหล่งจ่ายต้องไม่เกิน $\pm 10\%$ ของแรงดันที่ระบุ (U_N) 2. หากได้รับการร้องเรียนจากผู้ไฟฟ้า การไฟฟ้าจะดำเนินการวัดแรงดันค่าอาร์เอ็มเอสเฉลี่ยทุก 10 นาทีในแต่ละสัปดาห์ในภาวะการทำงานปกติ โดย 95% ของข้อมูลที่วัดได้ในช่วงเวลาแต่ละสัปดาห์ต้องอยู่ในช่วง $U_N \pm 10\%$ และ 100% ของข้อมูลที่วัดได้ในช่วงเวลาแต่ละสัปดาห์ต้องอยู่ในช่วง $U_N \pm 10\%$ / -15% หากไม่เป็นไปตามเกณฑ์นี้ การไฟฟ้าต้องปรับปรุงระบบไฟฟ้าเพื่อลดผลกระทบกับผู้ใช้ไฟฟ้า
MV	1. ในภาวะทำงานปกติการแปรเปลี่ยนแรงดันแหล่งจ่ายต้องไม่เกิน $\pm 10\%$ ของแรงดันที่ระบุ (U_C) 2. หากได้รับการร้องเรียนจากผู้ไฟฟ้า การไฟฟ้าจะดำเนินการวัดแรงดันค่าอาร์เอ็มเอสเฉลี่ยทุก 10 นาทีเป็นเวลาอย่างน้อย 1 สัปดาห์ (นั่นคือมีข้อมูลรวม 1,008

	ข้อมูล) โดย 99% ของข้อมูลที่วัดได้ต้องมีค่าต่ำกว่า $U_C + 10\%$ และ 99% ของข้อมูลที่วัดได้ต้องมีค่าสูงกว่า $U_C - 10\%$ และ 100% ของข้อมูลที่วัดได้ต้องมีค่าอยู่ในช่วง $U_C \pm 15\%$ หากไม่เป็นไปตามเกณฑ์นี้ การไฟฟ้าต้องปรับปรุงระบบไฟฟ้าเพื่อลดผลกระทบกับผู้ใช้ไฟฟ้า
HV	เป็นไปตามสัญญาการซื้อขายไฟฟ้า ระหว่างการไฟฟ้ากับผู้ซื้อไฟฟ้าแต่ละราย มาตรฐานไม่ได้กำหนดเกณฑ์ไว้

3.การเปลี่ยนแรงดันกะทันหัน

- การเปลี่ยนแรงดันกะทันหันเดียว ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนโหลดของผู้ใช้ไฟฟ้า การสวิตซ์ในระบบไฟฟ้า หรือจากความผิดพลาด
- ความรุนแรงแสงกะพริบ เกิดจากแรงดันกระเพื่อม
- เกณฑ์ขีดจำกัดการเปลี่ยนแรงดันกะทันหันกำหนดในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 คุณลักษณะของการเปลี่ยนแรงดันกะทันหัน

ระดับแรงดัน	เกณฑ์ที่กำหนดของการเปลี่ยนแรงดันกะทันหัน
LV	1.การเปลี่ยนแรงดันกะทันหันเดียว ให้เป็นไปตามเกณฑ์ของ IEC 61000-2-2 2.ความรุนแรงแสงกะพริบ ในภาวะการทำงานปกติในช่วงเวลาแต่ละสัปดาห์ ค่า P_{it} ต้องไม่เกิน 1 ใน 95% ของเวลาทั้งหมด
MV	1.การเปลี่ยนแรงดันกะทันหันเดียว ให้เป็นไปตามเกณฑ์ของ IEC 61000-2-12 2.ความรุนแรงแสงกะพริบ ในภาวะการทำงานปกติในช่วงเวลาแต่ละสัปดาห์ ค่า P_{it} ต้องไม่เกิน 1 ใน 95% ของเวลาทั้งหมด
HV	1.ไม่ได้กำหนดเกณฑ์ของการเปลี่ยนแรงดันกะทันหันเดียว 2.ความรุนแรงแสงกะพริบ ในภาวะการทำงานปกติในช่วงเวลาแต่ละสัปดาห์ ค่า P_{it} ต้องไม่เกิน 1 ใน 95% ของเวลาทั้งหมด

4.แรงดันแหล่งจ่ายไม่ได้ดูล

- พิจารณาในภาวะทำงานปกติ
- พิจารณาแต่ละคาบเป็นเวลานาน คาบละ 1 สัปดาห์
- เกณฑ์ขีดจำกัดของแรงดันไม่ได้ดูล กำหนดในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 คุณลักษณะของแรงดันแหล่งจ่ายไม่ได้ดูล

ระดับแรงดัน	เกณฑ์ที่กำหนดของแรงดันแหล่งจ่ายไม่ได้ดูล
LV	-95% ของข้อมูลค่าอาร์เอ็มเอสเฉลี่ยทุก 10 นาที ของอัตราส่วนส่วนประกอบลำดับ

	ลบต่อส่วนประกอบลำดับบวกของแรงดันแหล่งจ่าย ต้องมีค่าอยู่ในช่วง 0% ถึง 2%
MV	เหมือนของ LV
HV	เหมือนของ LV

5.แรงดันฮาร์โมนิก

- พิจารณาในภาวะทำงานปกติ
- พิจารณาแต่ละคาบเป็นเวลานาน คาบละ 1 สัปดาห์
- เกณฑ์ขีดจำกัดของแรงดันฮาร์โมนิก กำหนดในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 คุณลักษณะของแรงดันฮาร์โมนิก

ระดับแรงดัน	เกณฑ์ที่กำหนดของแรงดันฮาร์โมนิก
LV	-95% ของข้อมูลค่าอาร์เอ็มเอสเฉลี่ยทุก 10 นาที ของแรงดันฮาร์โมนิก แต่ละอันดับต้องมีค่าไม่เกินค่าที่กำหนดในตารางที่ 3.6 - THD ของแรงดันแหล่งจ่าย (คิดถึงอันดับที่ 40) ต้องมีค่าไม่เกิน 8%
MV	-95% ของข้อมูลค่าอาร์เอ็มเอสเฉลี่ยทุก 10 นาที ของแรงดันฮาร์โมนิก แต่ละอันดับต้องมีค่าไม่เกินค่าที่กำหนดในตารางที่ 3.7 - THD ของแรงดันแหล่งจ่าย (คิดถึงอันดับที่ 40) ต้องมีค่าไม่เกิน 8%
HV	-95% ของข้อมูลค่าอาร์เอ็มเอสเฉลี่ยทุก 10 นาที ของแรงดันฮาร์โมนิก แต่ละอันดับต้องมีค่าไม่เกินค่าชี้บอก(Indicative)ที่แสดงในตารางที่ 3.8 - ยังไม่ได้กำหนดเกณฑ์ขีดจำกัดของแรงดันฮาร์โมนิกแต่ละอันดับ - ยังไม่ได้กำหนดเกณฑ์ขีดจำกัดของค่า THD

ตารางที่ 2.8 ค่าที่กำหนดของแรงดันฮาร์โมนิก แต่ละอันดับ สำหรับแรงดันต่ำ(LV)

ฮาร์โมนิกอันดับคี่				ฮาร์โมนิกอันดับคู่	
ไม่เป็นจำนวนเท่าของ 3		เป็นจำนวนเท่าของ 3			
อันดับ	ขนาด (%)	อันดับ	ขนาด (%)	อันดับ	ขนาด (%)
5	6.0	3	5.0	2	2.0
7	5.0	9	1.5	4	1.0
11	3.5	15	0.5	6 ถึง 24	0.5
13	3.0	21	0.5		
17	2.0				

19	1.5				
23	1.5				
25	1.5				
หมายเหตุ : ไม่กำหนดค่าฮาร์โมนิกอันดับสูงกว่า 25 เนื่องจากมีขนาดเล็ก และส่วนใหญ่ทำนายไม่ได้เนื่องจากผลของเรโซแนนซ์					

ตารางที่ 2.9 ค่าที่กำหนดของแรงดันฮาร์โมนิก แต่ละอันดับ สำหรับแรงดันปานกลาง (MV)

ฮาร์มอนิกอันดับคี่				ฮาร์มอนิกอันดับคู่	
ไม่เป็นจำนวนเท่าของ 3		เป็นจำนวนเท่าของ 3			
อันดับ	ขนาด (%)	อันดับ	ขนาด (%)	อันดับ	ขนาด (%)
5	6.0	3	5.0*	2	2.0
7	5.0	9	1.5	4	1.0
11	3.5	15	0.5	6 ถึง 24	0.5
13	3.0	21	0.5		
17	2.0				
19	1.5				
23	1.5				
25	1.5				
หมายเหตุ : ไม่กำหนดค่าฮาร์มอนิกอันดับสูงกว่า 25 เนื่องจากมีขนาดเล็ก และส่วนใหญ่ทำนายไม่ได้เนื่องจากผลของเรโซแนนซ์					
*ขึ้นกับการออกแบบโครงข่าย ค่าของฮาร์มอนิกอันดับที่ 3 มีขนาดเล็กกว่าอย่างมีนัยสำคัญ					

ตารางที่ 2.10 ค่าที่กำหนดของแรงดันฮาร์โมนิก แต่ละอันดับ สำหรับแรงดันสูง (HV)

ฮาร์โมนิกอันดับคี่				ฮาร์โมนิกอันดับคู่	
ไม่เป็นจำนวนเท่าของ 3		เป็นจำนวนเท่าของ 3			
อันดับ	ขนาด (%)	อันดับ	ขนาด (%)	อันดับ	ขนาด (%)
5	5.0	3	3.0*	2	1.9
7	4.0	9	1.3	4	1.0
11	3.0	15	0.5	6 ถึง 24	0.5

13	2.5	21	0.5		
17	**				
19	**				
23	**				
25	**				

หมายเหตุ : ไม่กำหนดค่าฮาร์มอนิกอันดับสูงกว่า 25 เนื่องจากมีขนาดเล็ก และส่วนใหญ่ทำนายไม่ได้ เนื่องจากผลของเรโซแนนซ์

*ขึ้นกับการออกแบบโครงข่าย ค่าของฮาร์มอนิกอันดับที่ 3 มีขนาดเล็กกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

**อยู่ระหว่างการพิจารณา

6. แรงดันอินเตอร์ฮาร์มอนิก

ในระดับแรงดันต่ำและแรงดันปานกลาง

-ยังไม่ได้กำหนดขีดจำกัดแรงดันอินเตอร์ฮาร์มอนิก เนื่องจากข้อมูลยังไม่เพียงพอ

-ในบางกรณี ถึงแม้แรงดันอินเตอร์ฮาร์มอนิกจะมีระดับต่ำ ก็สามารถทำให้เกิด

ปรากฏการณ์แสงกระพริบ หรือเกิดการรบกวนระบบควบคุมแบบรีปเปิลได้ในระดับแรงดันสูง

-ไม่กำหนดขีดจำกัดแรงดันอินเตอร์ฮาร์มอนิก เนื่องจากมีความถี่เรโซแนนซ์ต่ำ (ช่วง 200-500 Hz)

7. แรงดันการส่งสัญญาณบนสายเมน

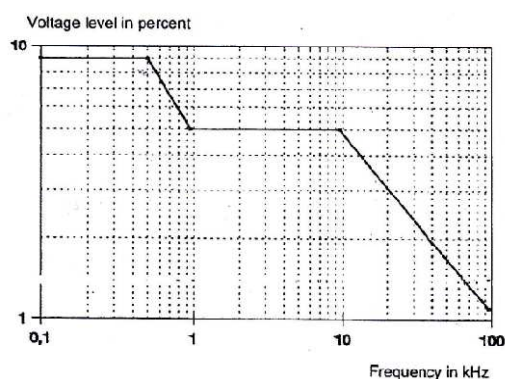
ในกรณีที่มีการส่งสัญญาณบนสายเมนในระบบแรงดันต่ำ และ แรงดันปานกลาง

-จำนวนข้อมูลที่วัดได้มากกว่า 99% ในแต่ละวันที่วัดได้จากสัญญาณค่าเฉลี่ยในทุก ๆ 3

วินาทีต้องมีค่าไม่เกินที่กำหนดดังรูปที่ 2.12

-ไม่กำหนดขีดจำกัดแรงดันการส่งสัญญาณบนสายเมน เนื่องจากมีความถี่เรโซแนนซ์ต่ำ

รูปที่ 2.12 ค่าขีดจำกัด



จึงในระบบแรงดันสูง

8. แรงดันตกชั่วขณะ / แรงดันเกินชั่วขณะ

- เป็นปรากฏการณ์ที่ทำนายไม่ได้ และเกิดขึ้นแบบสุ่ม ความถี่ของการเกิดเหตุการณ์ในแต่ละปีมีค่าแปรปรวนมากขึ้นอยู่กับชนิดของระบบจ่ายไฟฟ้า และจุดสังเกตการณ์ นอกจากนี้การกระจายตัวตลอดช่วงปียังไม่สม่ำเสมออย่างมาก

8.1 การประเมินแรงดันตกชั่วขณะ และแรงดันเกินชั่วขณะ

- ในระบบแรงดันต่ำ 3 เฟส 4 สาย ให้วัดระหว่างเฟสกับนิวทรัล
- ในระบบแรงดันต่ำ 3 เฟส 3 สาย ให้วัดระหว่างเฟสกับนิวทรัล
- ในระบบแรงดันต่ำ 1 เฟส ให้วัดระหว่างสายเฟสกับสายเฟส หรือระหว่างสายเฟสกับนิวทรัล (ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของโครงข่ายของผู้ใช้)
- ในระบบแรงดันปานกลาง และระบบแรงดันสูง ให้วัดระหว่างสายเฟสกับสายเฟส
- แรงดันขีดเริ่มเปลี่ยนช่วงเริ่มต้นของแรงดันตกชั่วขณะคือ 90% ของค่าแรงดันที่ระบุหรือค่าแรงดันที่แจ้งไว้
- แรงดันขีดเริ่มเปลี่ยนช่วงเริ่มต้นของแรงดันเกินชั่วขณะคือ 110% ของค่าแรงดันที่ระบุหรือค่าแรงดันที่แจ้งไว้
- ในระบบ 3 เฟส ให้ทำการรวบรวมข้อมูลหลายเฟส (Polyphase aggregation) เพื่อระบุคุณลักษณะเหตุการณ์สมมูลที่เป็นช่วงเวลาค่าเดียว และขนาดแรงดันที่เหลือค่าเดียว
- ให้ทำการรวมข้อมูลเชิงเวลา (Time aggregation) เพื่อระบุคุณลักษณะเหตุการณ์สมมูลในกรณีที่เกิดเหตุการณ์หลายครั้งต่อเนื่องกัน

8.2 การจัดประเภทแรงดันตกชั่วขณะ

ข้อมูลแรงดันตกชั่วขณะที่ตรวจวัดได้ สามารถนำมาจัดประเภทเป็นข้อมูลเชิงสถิติได้ดังตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 การจัดประเภทของแรงดันตกชั่วขณะตามขนาดแรงดันที่เหลือกับช่วงเวลา

ขนาดแรงดันที่เหลือ ; u (%)	ช่วงเวลา ; t (ms)				
	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1000$	$1000 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
$90 > u \geq 80$	CELL A1	CELL A2	CELL A3	CELL A4	CELL A5
$80 > u \geq 70$	CELL B1	CELL B2	CELL B3	CELL B4	CELL B5
$70 > u \geq 40$	CELL C1	CELL C2	CELL C3	CELL C4	CELL C5
$40 > u \geq 5$	CELL D1	CELL D2	CELL D3	CELL D4	CELL D5
$5 > u$	CELL X1	CELL X2	CELL X3	CELL X4	CELL X5

8.3 การจัดประเภทแรงดันเกินชั่วขณะ

ข้อมูลแรงดันเกินชั่วขณะที่ตรวจวัดได้ สามารถนำมาจัดประเภทเป็นข้อมูลเชิงสถิติได้ดัง

ตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 การจัดประเภทแรงดันเกินชั่วขณะ ตามขนาดแรงดันสูงสุดกับช่วงเวลา

ขนาดแรงดันเกินสูงสุด ; u (%)	ช่วงเวลา ; t (ms)		
	$10 \leq t \leq 500$	$500 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
$u \geq 120$	CELL S1	CELL S2	CELL S3
$120 > u \geq 110$	CELL T1	CELL T2	CELL T3

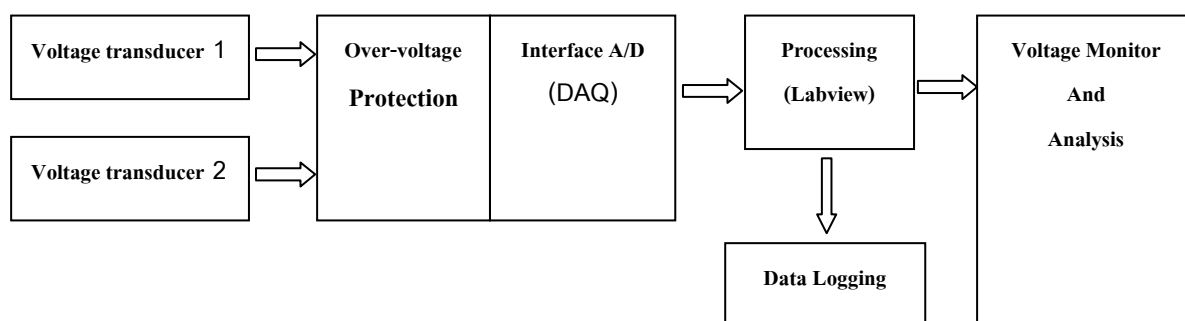
บทที่ 3

การออกแบบโปรแกรมวิเคราะห์และผลการทดสอบโปรแกรม

ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับว่ามีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์เพิ่มขึ้นกันอย่างมากมายไม่ว่าในครัวเรือนหรือในระดับโรงงานอุตสาหกรรม ปัญหาอย่างหนึ่งที่อาจส่งผลและความเสียหายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้คือ ปัญหาทางด้านคุณภาพแรงดันไฟฟ้า และนอกจากจะส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์แล้วที่สำคัญไปกว่านั้นคือ ความเชื่อมั่นของนักลงทุนซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจเป็นวงกว้างได้ ดังนั้น การศึกษาการเปลี่ยนแปลงและผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้าในสถานะต่างๆเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งเพื่อนำผลการศึกษามาวิเคราะห์ แก้ไข เพื่อนำไปปรับปรุงคุณภาพแรงดันไฟฟ้าให้มีความเสถียรภาพยิ่งขึ้น

3.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงและผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้า

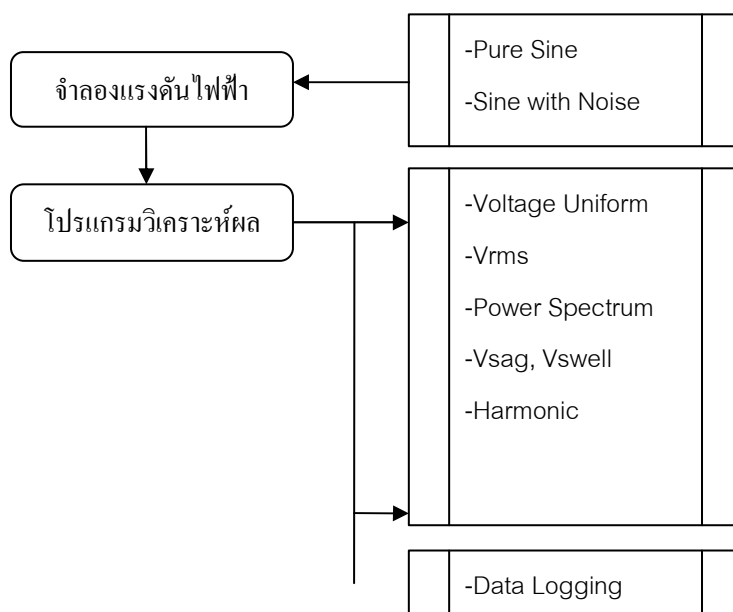
ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงและผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้านั้น จะใช้อุปกรณ์ตรวจวัดและส่งสัญญาณแรงดันไฟฟ้า (Voltage Transducers) จำนวน 2 ชุด ในการตรวจวัดเพื่อสุ่มตรวจสอบคุณภาพแรงดันไฟฟ้าและจะส่งสัญญาณไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อทำการตรวจวัด แสดงผลและวิเคราะห์ผลโดยตรง (On-line) โดยใช้โปรแกรมแลบวิว (Lab View Program) ซึ่งการติดต่อระหว่างอุปกรณ์ตรวจวัดและคอมพิวเตอร์ (Interface Device) ได้ใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อ (DAQ: Data Acquisition) ซึ่งมีอัตราการสุ่ม (Sampling) ที่ค่อนข้างสูง โดยการทำงานของชุดตรวจวัด แสดงผลคุณภาพแรงดันไฟฟ้าและวิเคราะห์ผลแบบโดยตรงนั้นสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.1 และเพื่อป้องกันความเสียหายได้ออกแบบชุดป้องกันแรงดันไฟฟ้าสูงให้กับอุปกรณ์เชื่อมต่อ (DAQ: Data Acquisition)



รูปที่ 3.1 การทำงานของชุดตรวจวัด แสดงผลคุณภาพแรงดันไฟฟ้าและวิเคราะห์ผลแบบโดยตรง

3.2 การทดสอบการทำงานและการออกแบบโปรแกรมวิเคราะห์ผล

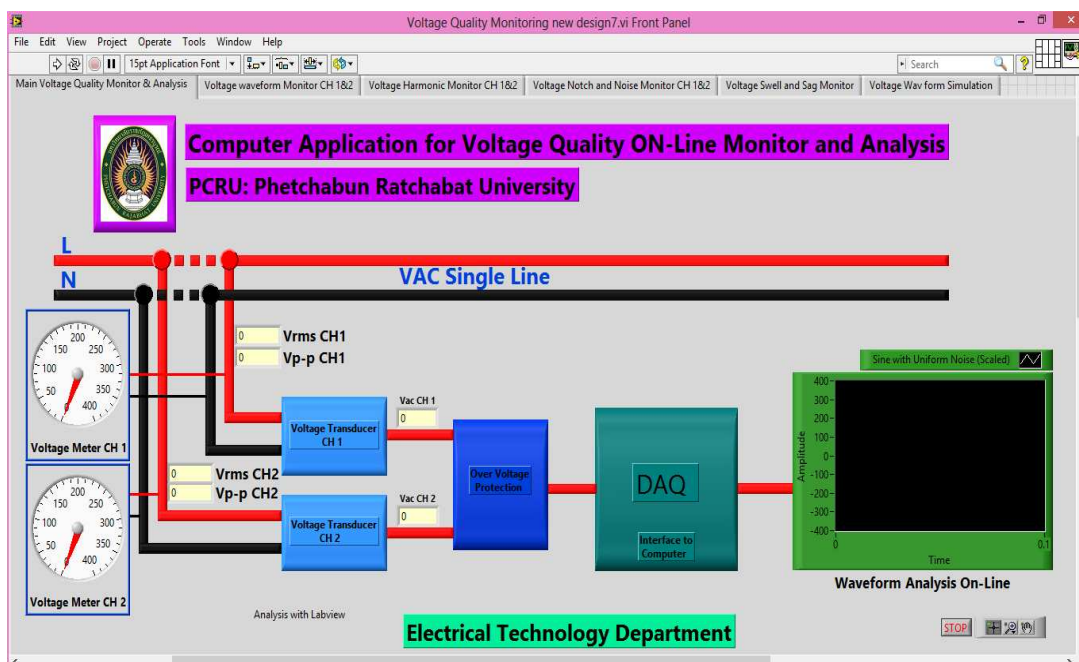
การออกแบบวงจรและทดสอบการทำงานของวงจรสำหรับการวิเคราะห์ผลของรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าได้ทำการออกแบบเพื่อให้แสดงผลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมแลปวิวในการออกแบบซึ่งขบวนการในการทำงานและวิเคราะห์ผลนั้นสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.2



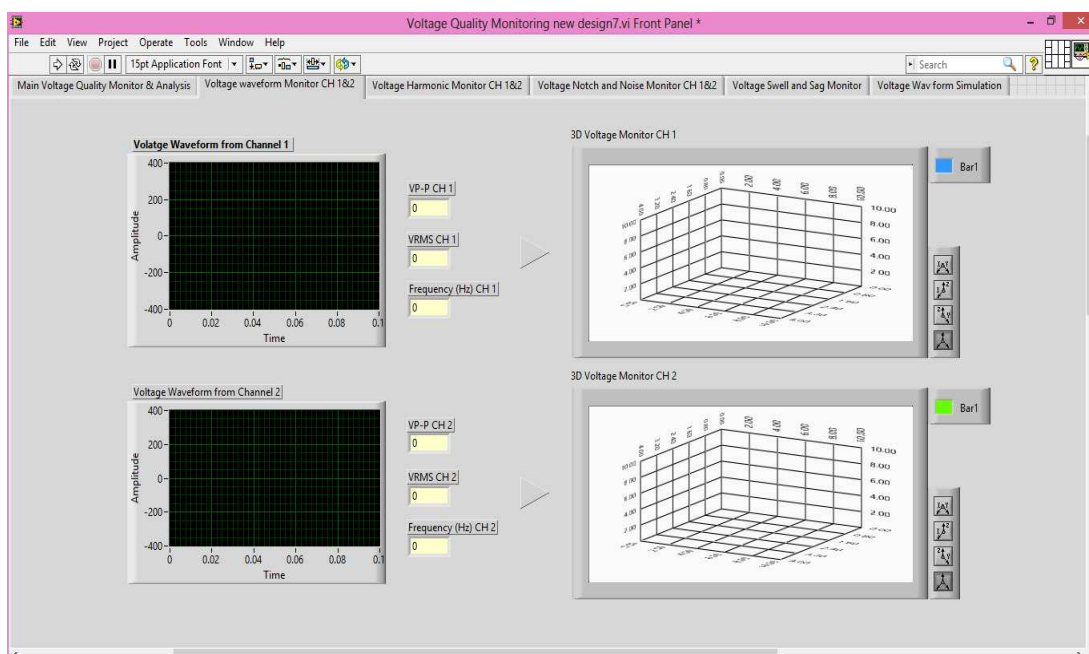
รูปที่ 3.2 การทดสอบการทำงานและการออกแบบโปรแกรมวิเคราะห์ผล

3.2.1 การออกแบบหน้าจอเพื่อแสดงผล

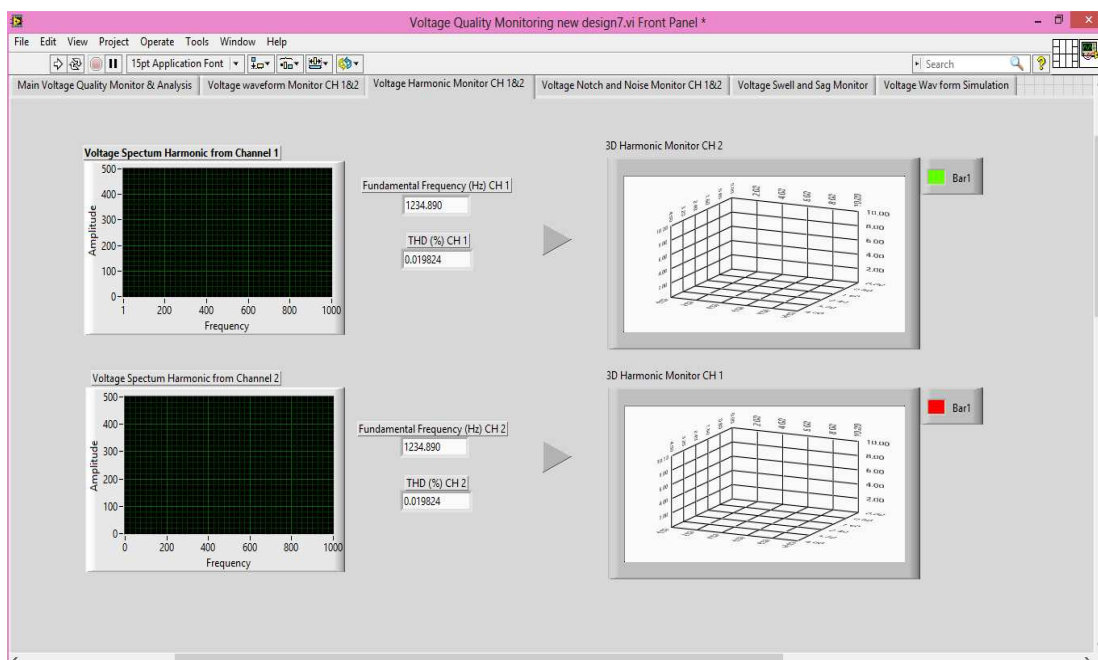
การออกแบบหน้าจอแสดงผลได้กำหนดให้มีการแสดงผลโดยแบ่งออกเป็น 5 จอแสดงผล ซึ่งประกอบหน้าจอลึกและหน้าจอแสดงผลและวิเคราะห์ย่อยๆออกเป็นได้ดังแสดงในรูปที่ 4.3 - 4.7



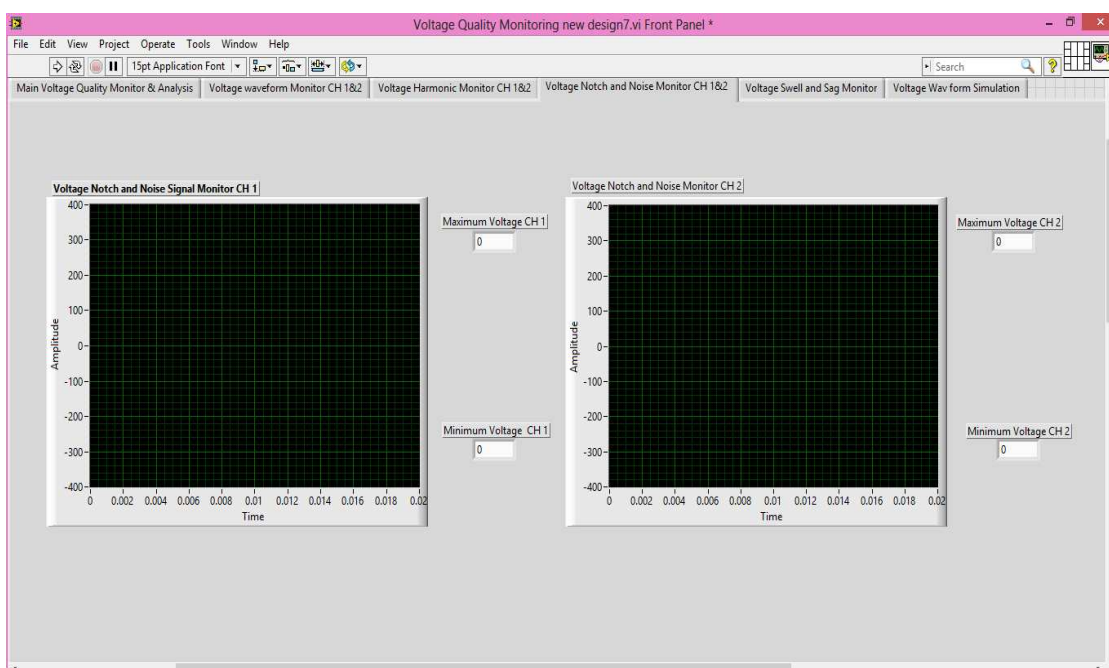
รูปที่ 3.3 หน้าจอหลักการวิเคราะห์คุณภาพแรงดันไฟฟ้าแบบแสดงผลโดยตรง



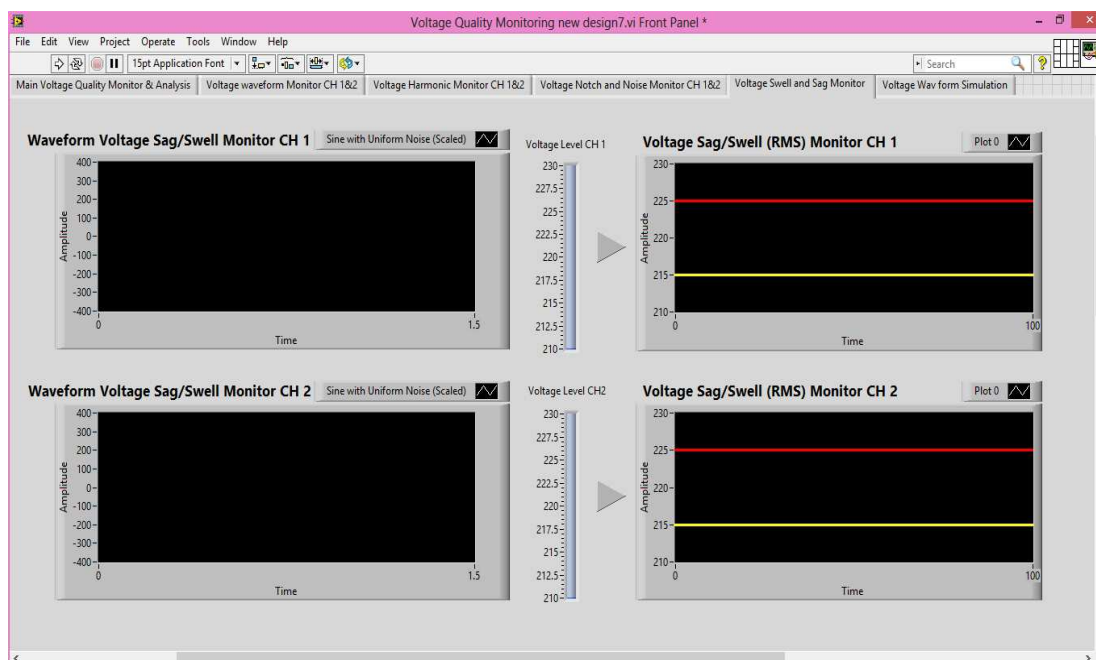
รูปที่ 3.4 หน้าจอการแสดงผลรูปสัญญาณ



รูปที่ 3.5 หน้าจอการแสดงผลการวิเคราะห์ฮาร์โมนิกส์



รูปที่ 3.6 หน้าจอการแสดงผลสัญญาณรบกวนและสัญญาณรบกวน



รูปที่ 3.7 หน้าจอการแสดงผลสัญญาณกระเพื่อม

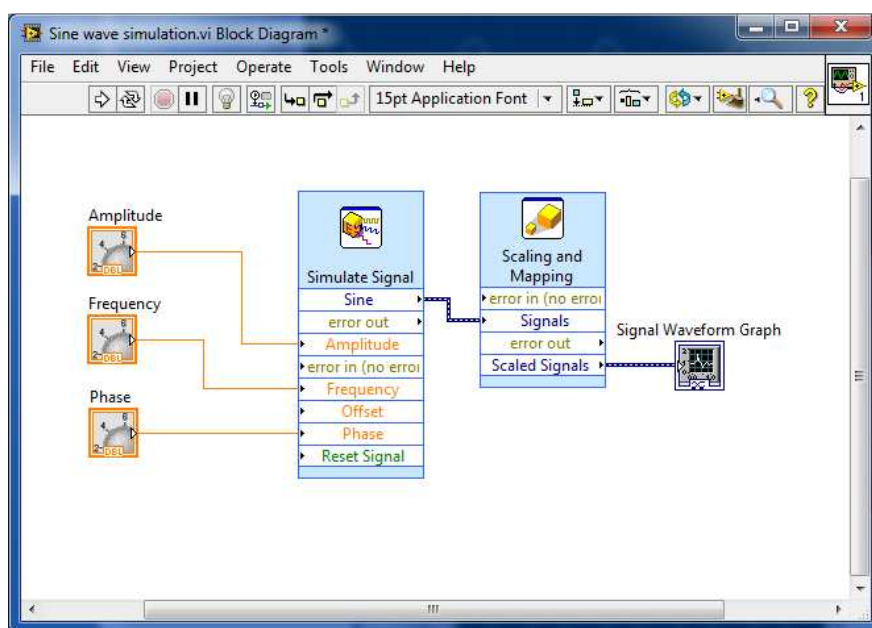
จากรูปที่ 3.3 แสดงหน้าจอหลักในการแสดงผลโดยจะแสดงข้อมูลสัญญาณต่างของสัญญาณขาเข้าทั้งสองสัญญาณซึ่งประกอบไปด้วยแรงดันอาร์เอ็มเอสและแรงดันพีคทูพีค ทั้งก่อนชุดตรวจจับแรงดันไฟฟ้าโดยจะแสดงผลทั้งแบบตัวเลขและแบบมาตรวัดแบบเข็มเพื่อให้แสดงให้เหมือนจริงโดยทางด้านเอาต์พุตได้แสดงรูปสัญญาณที่วัดได้โดยจะแสดงผลให้มีมุมต่างกัน 180 องศา, จากรูปที่ 3.4 จะแสดงผลรูปสัญญาณที่วัดได้จากทั้งสองอินพุต โดยได้แสดงขนาดแรงดันทั้งขนาดพีคทูพีคและอาร์เอ็มเอส และขนาดความถี่ของสัญญาณที่วัดได้และรูปสัญญาณในลักษณะสามมิติ, จากรูปที่ 3.5 แสดงผลการวัดฮาร์โมนิกส์ของแรงดันไฟฟ้า รวมถึงลำดับของฮาร์โมนิกส์และค่าเปอร์เซ็นต์ของ %THD, รูปที่ 3.6 หน้าจอการแสดงผลในการตรวจวัดสัญญาณรบกวนและสัญญาณรบกวนโดยได้แสดงผลค่าสูงสุดและต่ำสุดของขนาดพีคทูพีคและสุดท้ายรูปที่ 3.7 แสดงผลสัญญาณเพื่อตรวจวัดสัญญาณกระเพื่อมและแสดงผลกราฟการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันไฟฟ้าอาร์เอ็มเอสโดยผลการแสดงทั้งหมดนั้นจะแสดงผลแบบรายงานโดยตรง (On-line) หรือแบบเรียลไทม์ (Real Time)

3.2.2 การจำลองแรงดันไฟฟ้าไซน์ (Pure Sine)

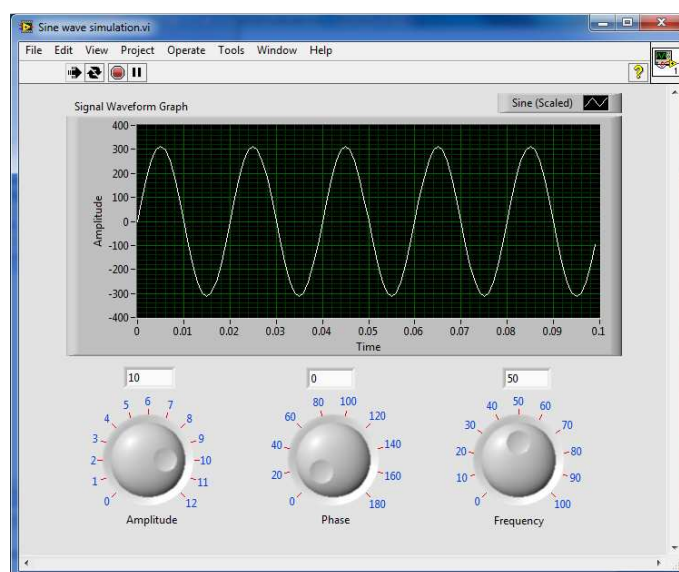
เพื่อเป็นการออกแบบวงจรและทดสอบการทำงานของวงจรสำหรับการวิเคราะห์ผลของรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าด้วยการจำลองสัญญาณขาเข้าโดยกำหนดให้เป็นสัญญาณไซน์ และสัญญาณไซน์ที่มีสัญญาณรบกวนเข้ามา ซึ่งการจำลองสัญญาณแรงดันไฟฟ้าไซน์นั้นได้ใช้บล็อกการจำลองสัญญาณ

โดยกำหนดให้เป็นสัญญาณไซน์ ความถี่ 50Hz และแรงดันพีค-พีค (311.17Vp-p) ซึ่งต้องการแปลงค่าและแสดงค่าแรงดันไฟฟ้า V_{rms} อยู่ที่ 220Vrms ดังสมการที่ 3.1 โดยโปรแกรมในการจำลองและผลทางด้านขาออกได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.8 และ 3.9 โดยปรับสเกลเป็น 31.11 เท่าของสัญญาณด้านเข้าซึ่งสัญญาณด้านเข้าออกแบบให้อยู่ที่ 10VAC

$$V_{rms} = 0.707V_m \quad (4.1)$$



รูปที่ 3.8 วงจรการทดสอบการจำลองสัญญาณไซน์

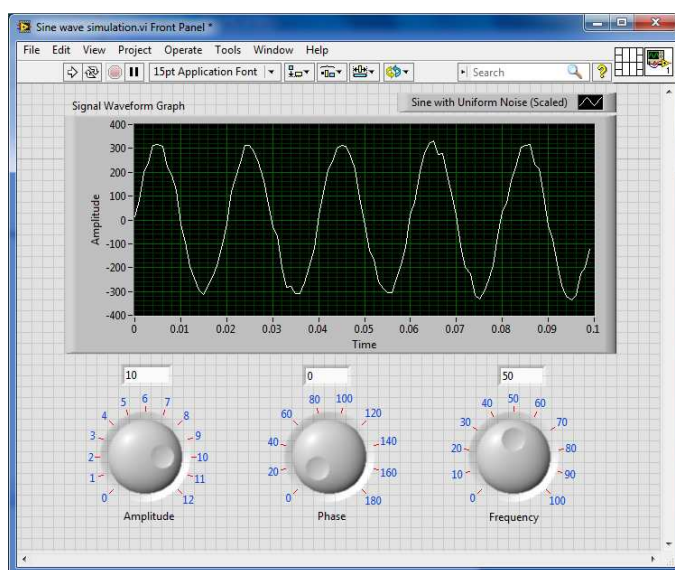


รูปที่ 3.9 สัญญาณไซน์ใช้ในการทดสอบวงจร

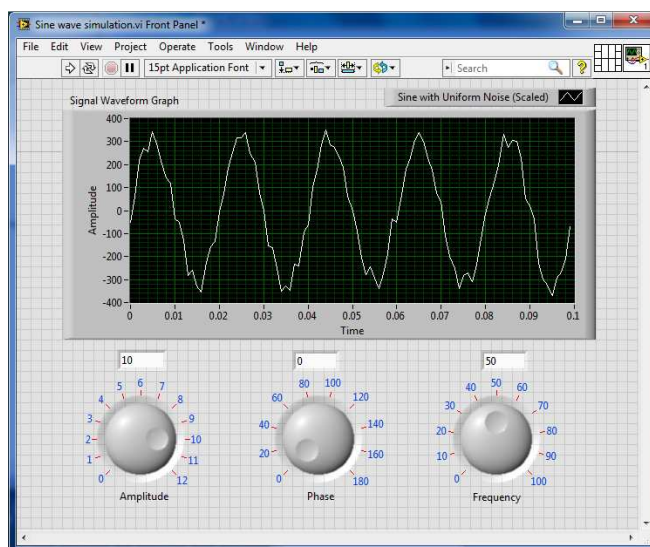
จากรูปสัญญาณไซน์ด้านนอกพบว่ามีความถี่ที่กำหนดไว้คือ แรงดัน 311Vp-p ความถี่ 50Hz (5cycle/0.1sec)

3.2.3 การจำลองแรงดันไฟฟ้าไซน์ที่มีสัญญาณรบกวน (Sine with Noise)

จากบล็อกการจำลองสัญญาณไซน์สามารถกำหนดให้มีสัญญาณรบกวนที่ Amplitude ต่างๆได้ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.10 -3.11 ดังนั้นสัญญาณที่ได้ในหัวข้อที่ 3.2.2 และ 3.2.3 นั้นจะนำมาใช้เป็นสัญญาณทดลองโปรแกรมในการวิเคราะห์ผลแรงดันไฟฟ้า



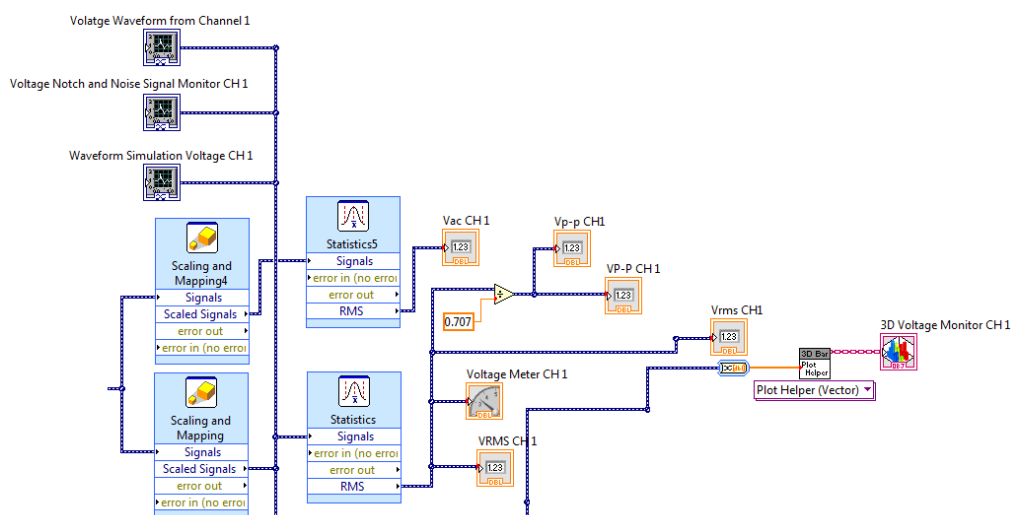
รูปที่ 3.10 แรงดันไฟฟ้าไซน์ที่มีสัญญาณรบกวน Amplitude 1



รูปที่ 3.11 แรงดันไฟฟ้าไซน์ที่มีสัญญาณรบกวน Amplitude 2

3.3 การออกแบบโปรแกรมเพื่อแสดงรูปสัญญาณแรงดันไฟฟ้าไซน์ และขนาดค่าแรงดันไฟฟ้า

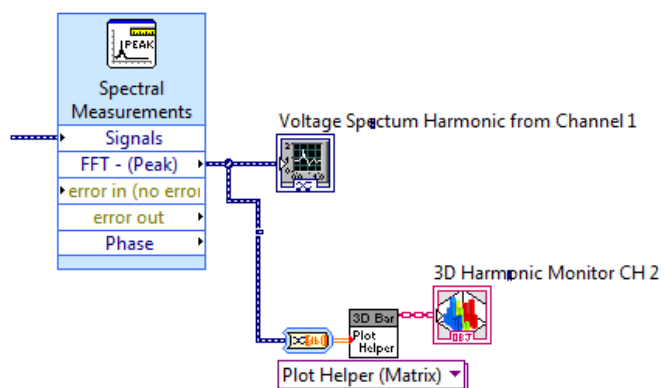
จากรูปที่ 3.12 เป็นวงจรในการออกแบบสำหรับการคำนวณการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าจากสัญญาณที่วัดได้จริงโดยทำการปรับสเกลตามผลการคำนวณค่าสัดส่วน (Ratio) ของชุดตรวจจับแรงดันไฟฟ้าโดยได้ออกแบบให้สามารถแสดงค่าทั้งในขนาดของ พีคทูพีคและอาร์เอ็มเอสพร้อมทั้งแสดงรูสัญญาณของอินพุตที่ป้อนเข้ามา โดยในรูปได้แสดงเฉพาะช่องสัญญาณที่ 1 ซึ่งสัญญาณที่ได้สามารถนำไปแสดงเพื่อตรวจสอบสัญญาณรบกวนและสัญญาณรบกวนได้



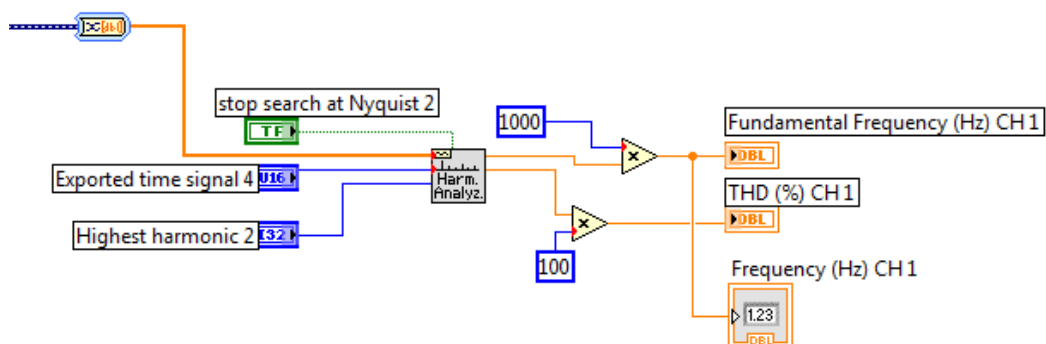
รูปที่ 3.12 วงจรแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าพีคทูพีคและอาร์เอ็มเอส

3.4 การออกแบบโปรแกรมเพื่อแสดงสเปกตรัมของแรงดันไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.13 และ 3.14 เป็นการเขียนโปรแกรมเพื่อทำการวิเคราะห์ฮามอนิกส์ของสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามาทั้งสองช่องโดยรูปได้แสดงเพียงวงจรเพียงสัญญาณหนึ่งช่องเท่านั้นซึ่งสัญญาณทางด้านขาออกได้แสดงผลในรูปสัญญาณสเปกตรัมของลำดับฮามอนิกส์ที่เกิดขึ้น และค่า %THD และค่าความถี่มูลฐาน (Fundamental)



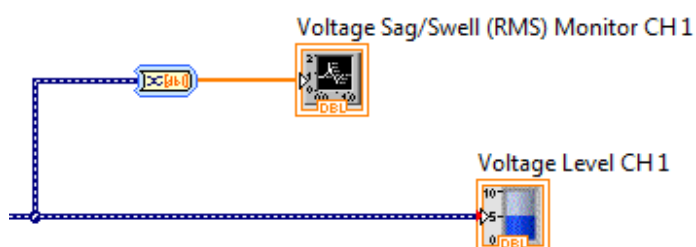
รูปที่ 3.13 วงจรคำนวณค่าสเปกตรัมของแรงดันไฟฟ้าและสัญญาณฮาร์โมนิกส์



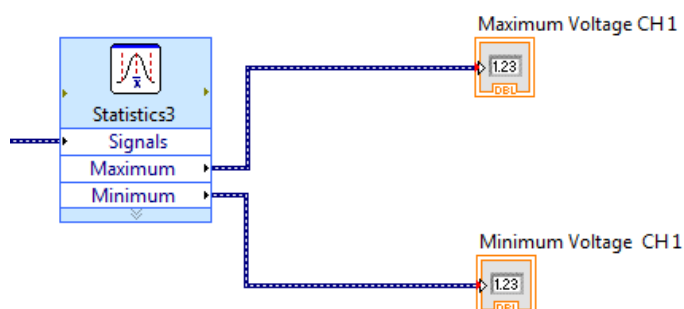
รูปที่ 3.14 วงจรคำนวณค่า %THD ของลำดับฮาร์โมนิกส์

3.5 การออกแบบโปรแกรมเพื่อตรวจสอบแรงดันไฟฟ้ากระเพื่อมพร้อมหาค่าต่ำสุดและสูงสุดของสัญญาณ

จากรูปที่ 3.15 และ 3.16 แสดงวงจรตรวจสอบแรงดันไฟฟ้ากระเพื่อมพร้อมหาค่าต่ำสุดและสูงสุดของสัญญาณ



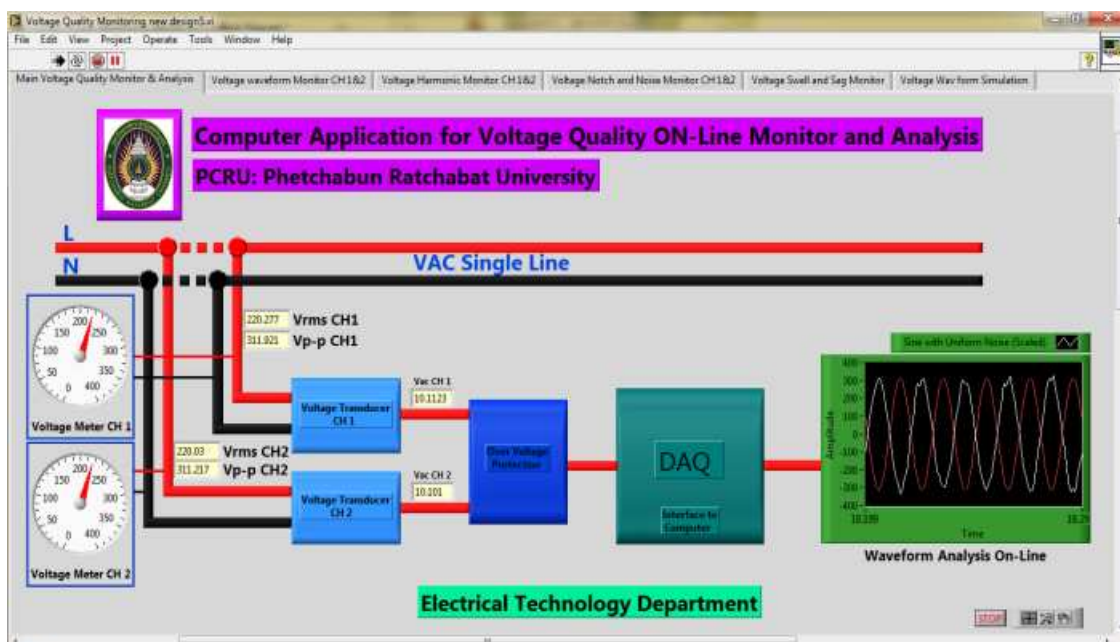
รูปที่ 3.15 วงจรแสดงการตรวจสอบสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระเพื่อม



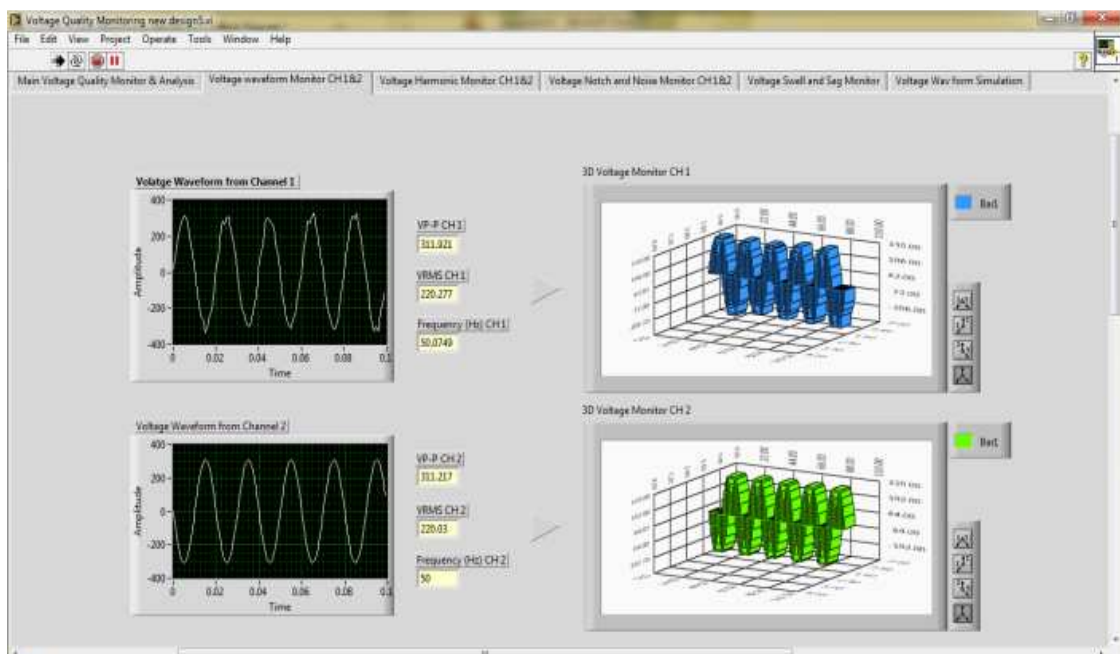
รูปที่ 3.16 วงจรแสดงการตรวจสอบค่าต่ำสุดและสูงสุดสัญญาณแรงดันไฟฟ้า

3.6 ผลการออกแบบโปรแกรมและทดสอบ

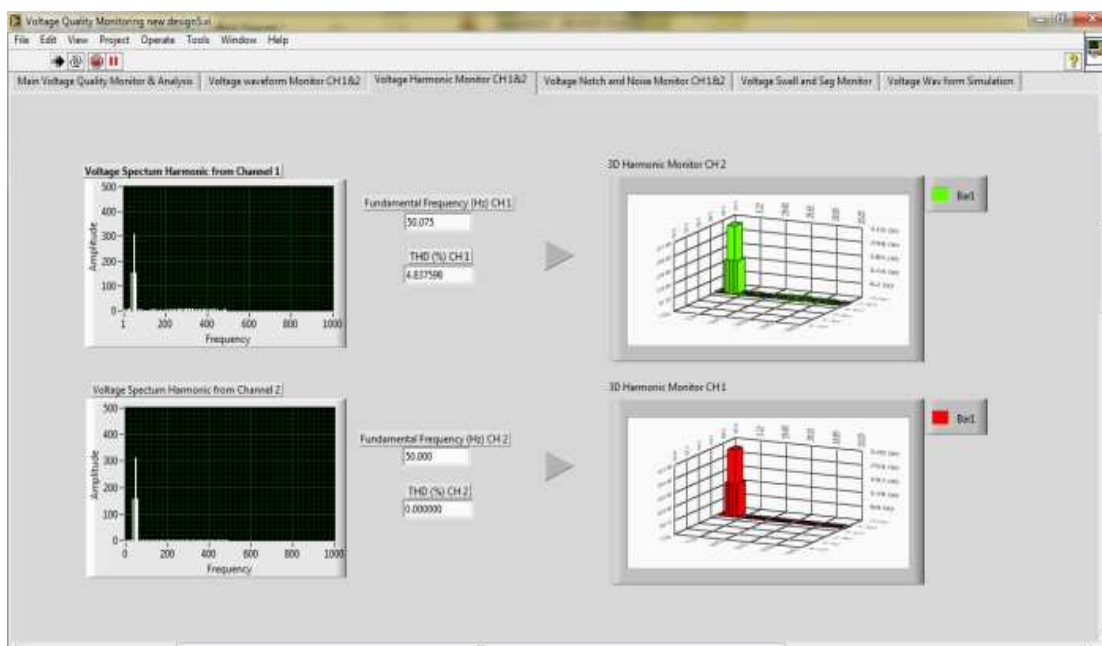
จากการออกแบบวงจรในการตรวจสอบคุณภาพแรงดันไฟฟ้าซึ่งได้ออกแบบจำนวนช่องในการรับสัญญาณแรงดันไฟฟ้าให้สามารถรับสัญญาณขาเข้าได้สองช่องสัญญาณโดยกำหนดให้สัญญาณอินพุตช่องที่หนึ่งมีสัญญาณรบกวนเข้ามาแต่ช่องสัญญาณช่องที่สองเป็นสัญญาณที่ไม่มีสัญญาณรบกวนโดยกำหนดให้สัญญาณที่ป้อนเข้ามาทดสอบทั้งคู่มีค่าแรงดันไฟฟ้า 220AC ที่ความถี่ 50Hz แต่มีมุมต่างเฟสกัน 180 องศา โดยผลในการทดสอบโปรแกรมสามารถแสดงให้เห็นได้แสดงดังรูปที่ 3.17 - 3.21 ซึ่งพบว่าสามารถแสดงค่าการตรวจสอบขนาดของแรงดันไฟฟ้าได้ถูกต้องดังแสดงในรูปที่ 3.17 และ 3.18 โดยที่ %THD ของสัญญาณฮามอนิกส์อยู่ที่ 4.83% ดังแสดงในรูปที่ 3.19 โดยสัญญาณรูปที่ 1 มีสัญญาณรบกวนปนมาซึ่งทำให้สัญญาณผิดเพี้ยนไปเมื่อเทียบกับสัญญาณช่องที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 3.20 และชี้ให้เห็นของสัญญาณที่มีการกระเพื่อมเมื่อสัญญาณแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงดังแสดงในรูปที่ 3.21 โดยเปรียบเทียบให้เห็นชัดเจนกับสัญญาณที่ไม่มีสัญญาณรบกวน ส่วน การตรวจสอบความถูกต้องของค่าการวัดขนาดของแรงดันไฟฟ้านั้นได้ทำการสอบเทียบกับมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลโดยแสดงค่าการวัดแรงดันไฟฟ้าอาร์เอ็มเอส ดังรูปที่ 3.22 โดยผลจากการวัดจากมัลติมิเตอร์วัดได้ 239 Vac ส่วนสำหรับเครื่องตรวจสอบคุณภาพแรงดันช่องตรวจวัดที่ 1 วัดได้ 237.908Vac และช่องตรวจวัดที่ 2 วัดได้ 238.008 Vac



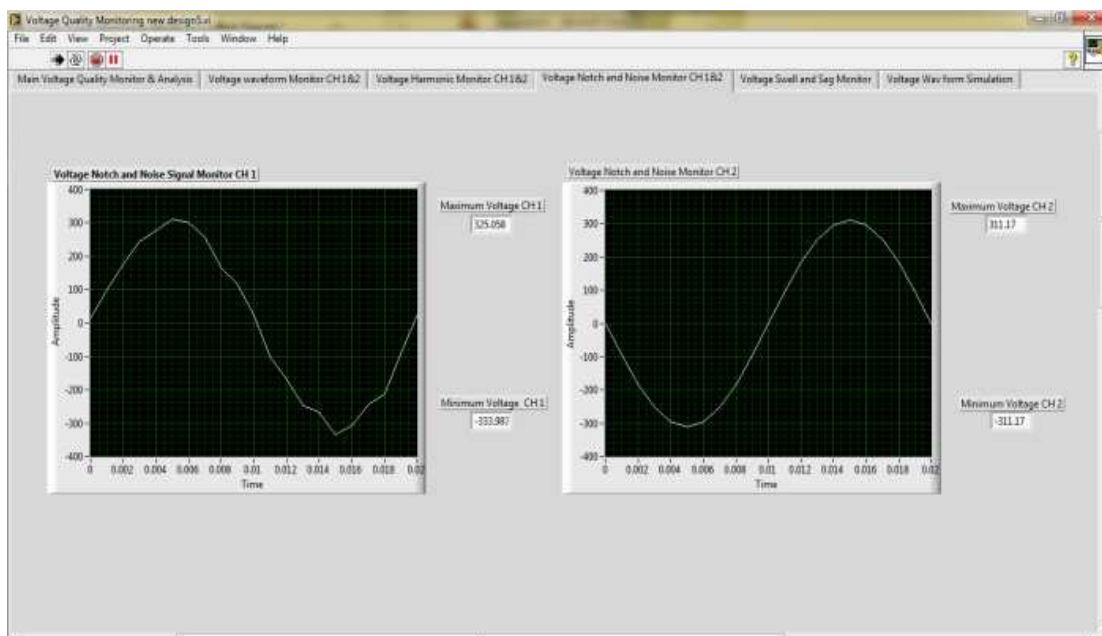
รูปที่ 3.17 หน้าจอหลักการวิเคราะห์คุณภาพแรงดันไฟฟ้าแบบแสดงผลโดยตรง



รูปที่ 3.18 หน้าจอการแสดงผลรูปสัญญาณ



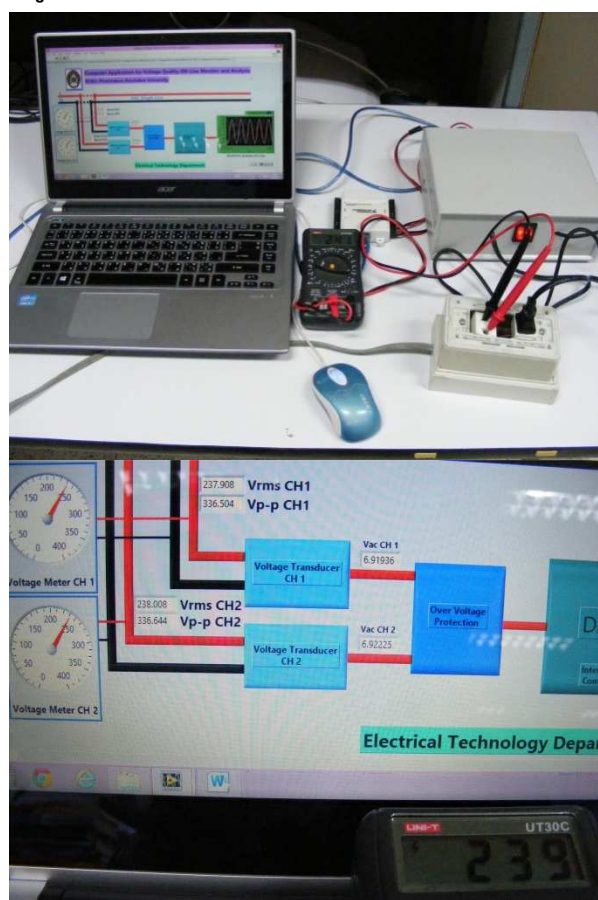
รูปที่ 3.19 หน้าจอการแสดงผลการวิเคราะห์ฮาร์มอนิกส์



รูปที่ 3.20 หน้าจอการแสดงผลสัญญาณรอยบากและสัญญาณรบกวน



รูปที่ 3.21 หน้าจอการแสดงผลสัญญาณกระเพื่อม

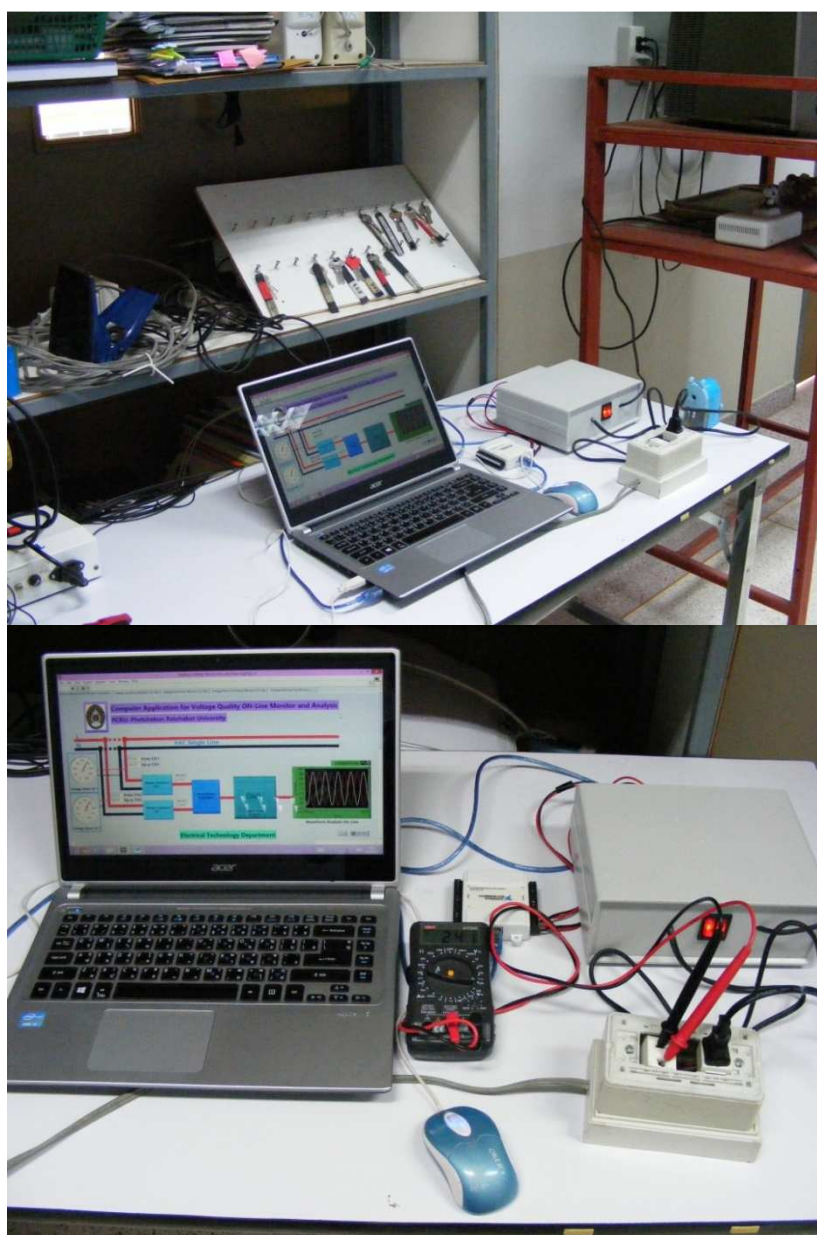


รูปที่ 3.22 การวัดเพื่อสอบเทียบวัดแรงดันไฟฟ้าอาร์เอ็มเอสกับมัลติมิเตอร์

บทที่ 4

ผลการศึกษาวิจัยและวิเคราะห์ผล

ผลการศึกษานั้นได้ทำการทดสอบและสุ่มตรวจสอบคุณภาพแรงดันไฟฟ้า ณ อาคารเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ โดยสามารถแสดงรูปแบบการติดตั้งอุปกรณ์ในการตรวจสอบได้ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบ

โดยในผลการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดสอบวัดผลคุณภาพแรงดันไฟฟ้าโดยได้แบ่งหัวข้อในการทดสอบและตรวจสอบคุณภาพแรงดันไฟฟ้าดังนี้

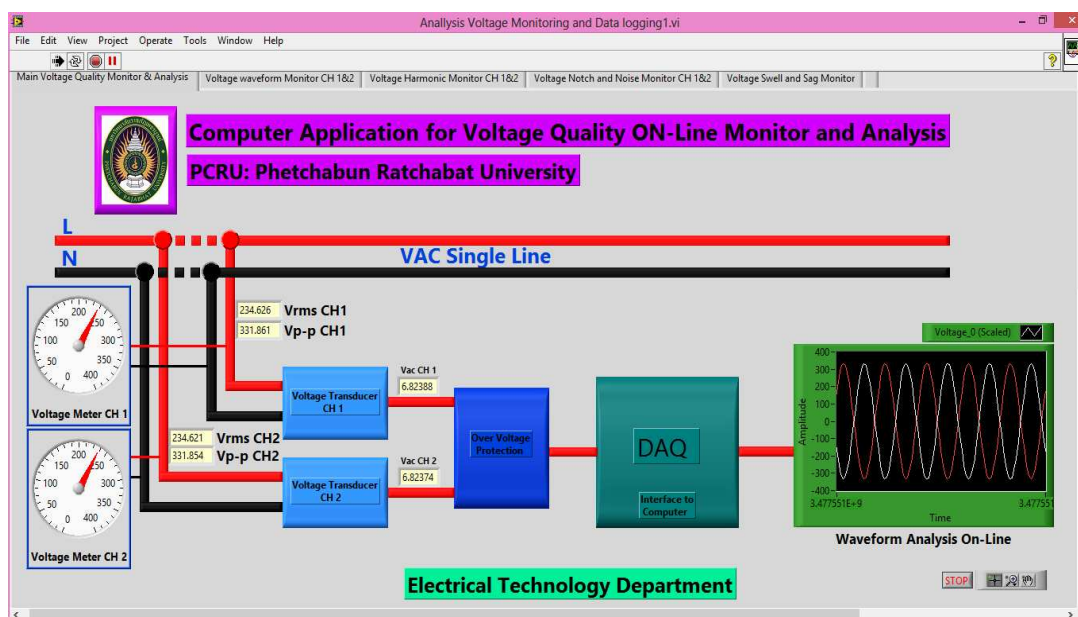
-การทดสอบและตรวจสอบคุณภาพแรงดันไฟฟ้า ณ ห้องพักอาจารย์ คณะเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม

-ทดสอบคุณภาพแรงไฟฟ้าในกรณีเกิดไฟฟ้าดับชั่วขณะ

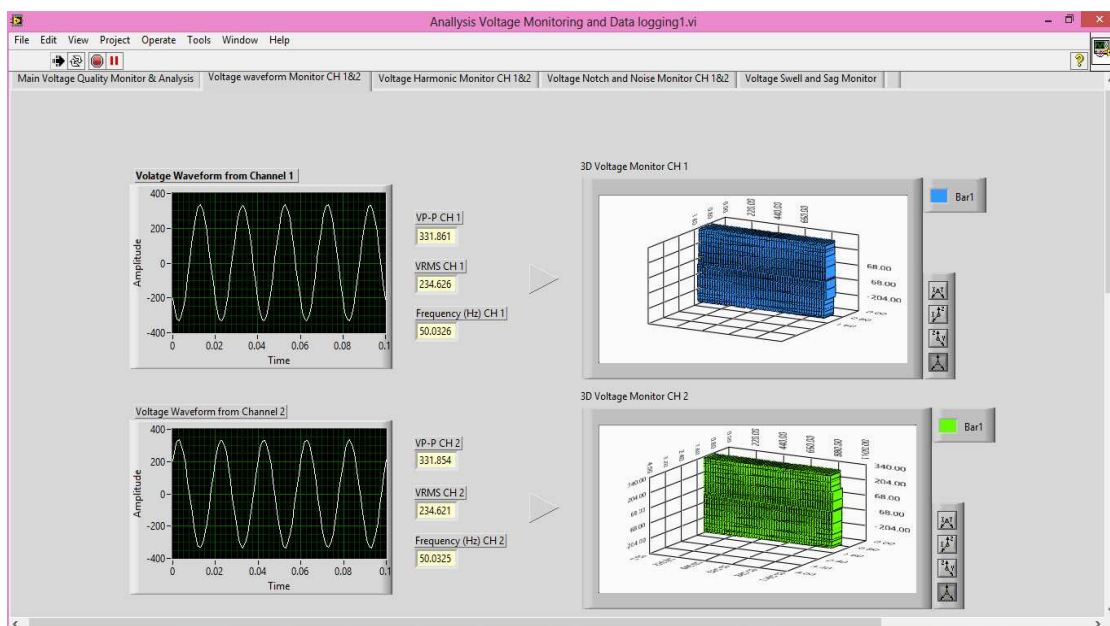
-ทดสอบและตรวจสอบคุณภาพแรงดันไฟฟ้ากัน โหลดไฟฟ้าประเภทมอเตอร์ 1 เฟส

4.1 การตรวจสอบคุณภาพแรงดันไฟฟ้า ณ ห้องพักอาจารย์ คณะเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม

ได้ทำการวัดคุณภาพแรงดันไฟฟ้า ณ ห้องพักอาจารย์ โดยสามารถแสดงผลการศึกษาได้ดังรูปที่ 4.2 – 4.6 พร้อมกันนี้ได้แสดงผลการบันทึกค่าการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพแรงดันไฟฟ้าในช่วง 100 วินาทีของทั้งสองช่องสัญญาณ ดังแสดงในตารางที่ 4.1-4.2 และรูปที่ 4.7-4.8 โดยผลการศึกษาได้ทำการตรวจวัดแรงดันสองจุดที่โหลดแตกต่างกันดังแสดงในรูปที่ 4.1



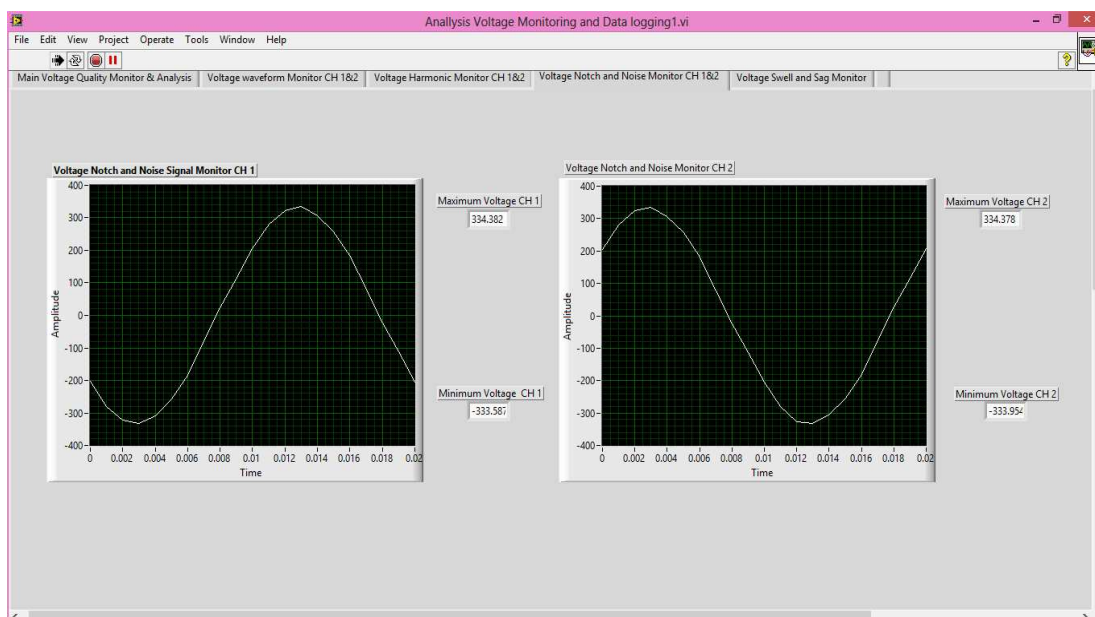
รูปที่ 4.2 หน้าจอหลักการวิเคราะห์คุณภาพแรงดันไฟฟ้าแบบแสดงผลโดยตรง



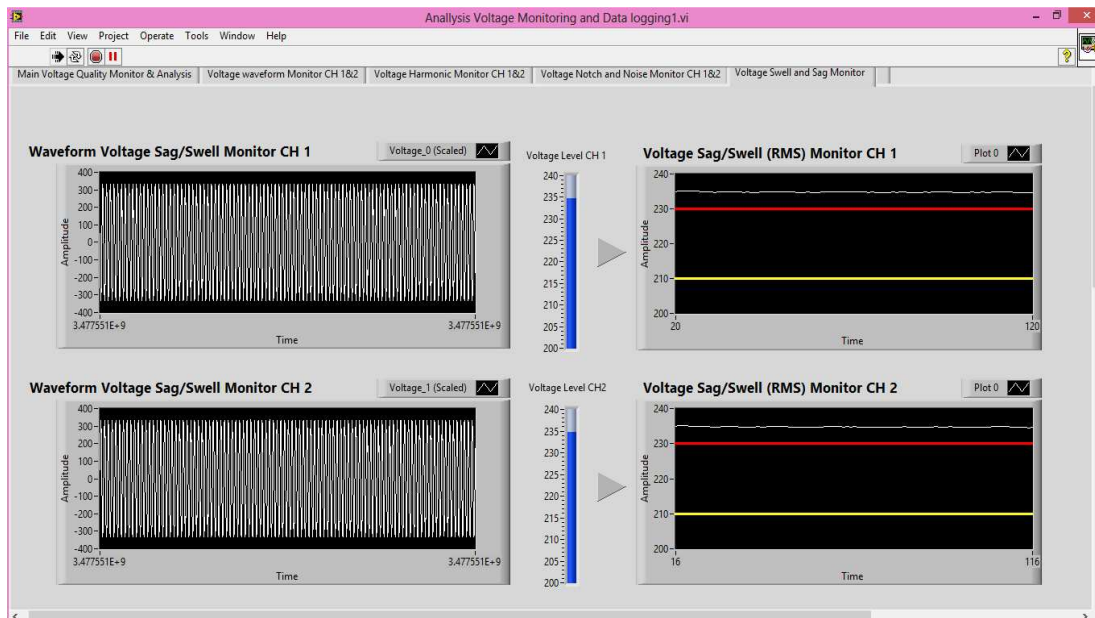
รูปที่ 4.3 หน้าจอการแสดงผลรูปสัญญาณ



รูปที่ 4.4 หน้าจอการแสดงผลการวิเคราะห์ฮาร์มอนิกส์



รูปที่ 4.5 หน้าจอการแสดงผลสัญญาณรอยบากและสัญญาณรบกวน



รูปที่ 4.6 หน้าจอการแสดงผลสัญญาณกระเพื่อม

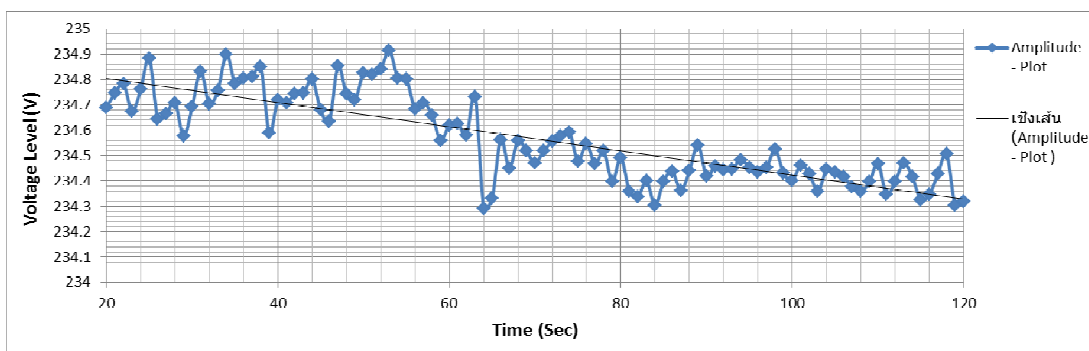
ตารางที่ 4.1 ผลการบันทึกค่าในช่วงเวลาที่ วินาทีที่ 20 – 120 ที่ทำการบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้า (rms)

Time - Plot	Amplitude - Plot
20	234.69
21	234.746
22	234.783
23	234.674
24	234.763
25	234.884
26	234.643
27	234.666
28	234.709
29	234.576
30	234.693
31	234.832
32	234.705
33	234.757
34	234.9
35	234.784
36	234.805
37	234.811
38	234.85
39	234.589
40	234.72
41	234.708
42	234.745
43	234.747
44	234.801
45	234.679
46	234.635

47	234.853
48	234.743
49	234.719
50	234.827
51	234.82
52	234.841
53	234.914
54	234.806
55	234.801
56	234.684
57	234.709
58	234.658
59	234.559
60	234.621
61	234.626
62	234.58
63	234.732
64	234.292
65	234.332
66	234.563
67	234.45
68	234.56
69	234.518
70	234.472
71	234.518
72	234.555
73	234.577
74	234.593
75	234.478
76	234.548

77	234.467
78	234.518
79	234.397
80	234.492
81	234.36
82	234.337
83	234.4
84	234.304
85	234.399
86	234.438
87	234.362
88	234.439
89	234.542
90	234.419
91	234.458
92	234.442
93	234.448
94	234.484
95	234.454
96	234.435
97	234.453
98	234.524
99	234.43
100	234.401
101	234.463
102	234.428
103	234.36
104	234.446
105	234.433
106	234.416

107	234.376
108	234.358
109	234.397
110	234.469
111	234.346
112	234.399
113	234.47
114	234.416
115	234.325
116	234.346
117	234.429
118	234.506
119	234.304
120	234.318



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงแรงดันจากผลการบันทึกค่าช่องสัญญาณที่ 1

ตารางที่ 4.2 ผลการบันทึกค่าในช่วงเวลาที่ วินาทีที่ 16 – 116 ที่ทำการบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้า (rms)

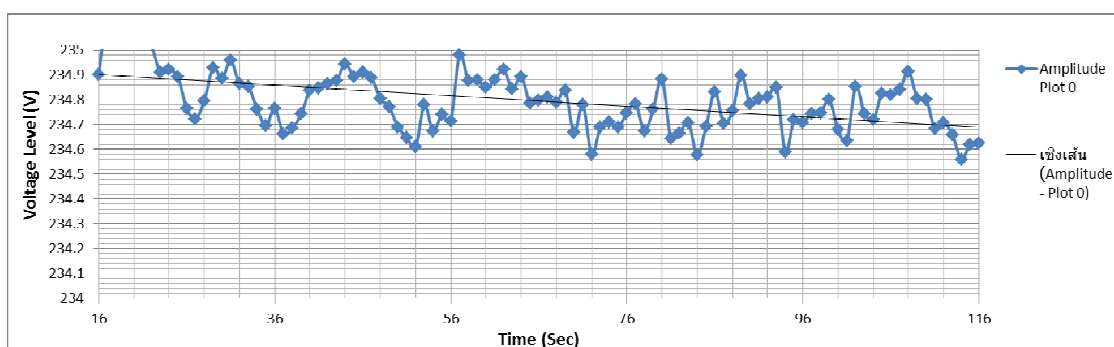
Time - Plot	Amplitude - Plot
16	234.902
17	235.148
18	235.069
19	235.081
20	235.1

21	235.029
22	235.014
23	234.911
24	234.922
25	234.893
26	234.764
27	234.724
28	234.796
29	234.93
30	234.886
31	234.958
32	234.864
33	234.853
34	234.763
35	234.696
36	234.764
37	234.663
38	234.685
39	234.743
40	234.838
41	234.847
42	234.864
43	234.876
44	234.945
45	234.894
46	234.91
47	234.889
48	234.805
49	234.772
50	234.69

51	234.648
52	234.61
53	234.779
54	234.673
55	234.741
56	234.714
57	234.981
58	234.877
59	234.88
60	234.849
61	234.882
62	234.922
63	234.843
64	234.894
65	234.787
66	234.798
67	234.811
68	234.788
69	234.837
70	234.667
71	234.779
72	234.58
73	234.69
74	234.71
75	234.69
76	234.746
77	234.783
78	234.674
79	234.763
80	234.884

81	234.643
82	234.666
83	234.709
84	234.576
85	234.693
86	234.832
87	234.705
88	234.757
89	234.9
90	234.784
91	234.805
92	234.811
93	234.85
94	234.589
95	234.72
96	234.708
97	234.745
98	234.747
99	234.801
100	234.679
101	234.635
102	234.853
103	234.743
104	234.719
105	234.827
106	234.82
107	234.841
108	234.914
109	234.806
110	234.801

111	234.684
112	234.709
113	234.658
114	234.559
115	234.621
116	234.626

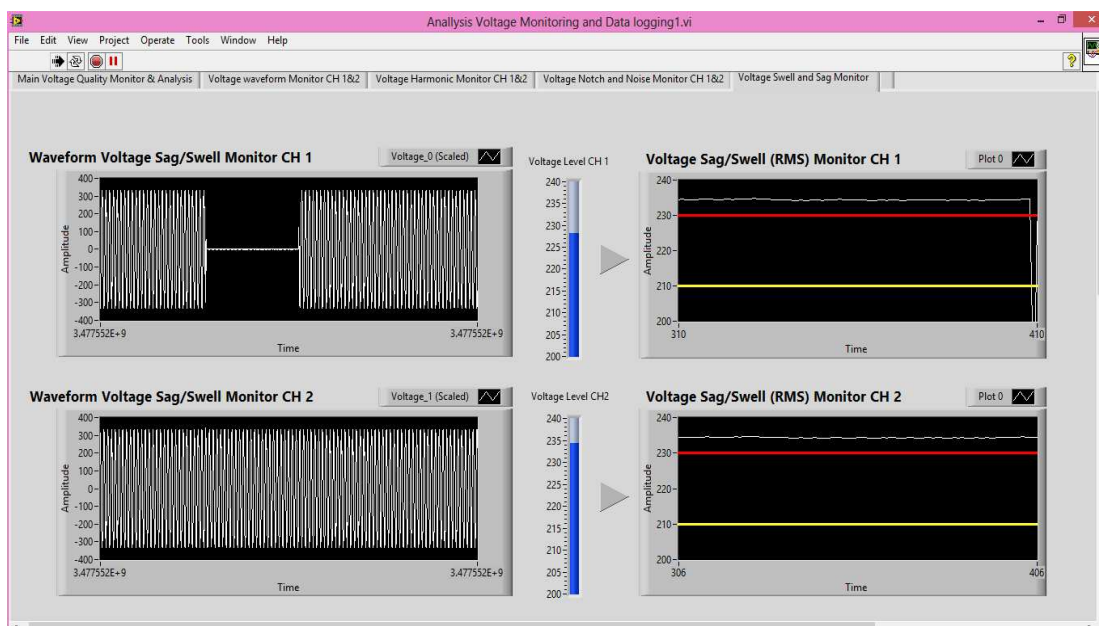


รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงแรงดันจากผลการบันทึกค่าช่องสัญญาณที่ 2

จากรูปที่ 4.2- 4.6 แสดงผลการศึกษาจากการวัดคุณภาพแรงดันไฟฟ้าจริง ณ ห้องพักอาจารย์ คณะเทคโนโลยีไฟฟ้า ณ ช่วงเวลา 17:00 น ซึ่งพบว่าแรงดันไฟฟ้าที่ทำการวัดได้นั้นมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานคือ 220Vac แต่ค่าที่วัดได้อยู่ในช่วง 234.3 -235Vac โดยมี %THD อยู่ที่ 1.7-1.8% ซึ่งถือว่าค่อนข้างต่ำ โดยเมื่อทำการตรวจสอบรูปสัญญาณพบว่าไม่มีรอยบากและสัญญาณรบกวนจนทำให้สัญญาณผิดเพี้ยนไป ซึ่งเมื่อทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงไฟฟ้าในช่วง 100วินาที พบว่ามีแนวโน้มลดลงทั้งสองช่องสัญญาณดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.7-4.8

4.2 ทดสอบคุณภาพแรงไฟฟ้าในกรณีเกิดไฟฟ้าดับชั่วคราว

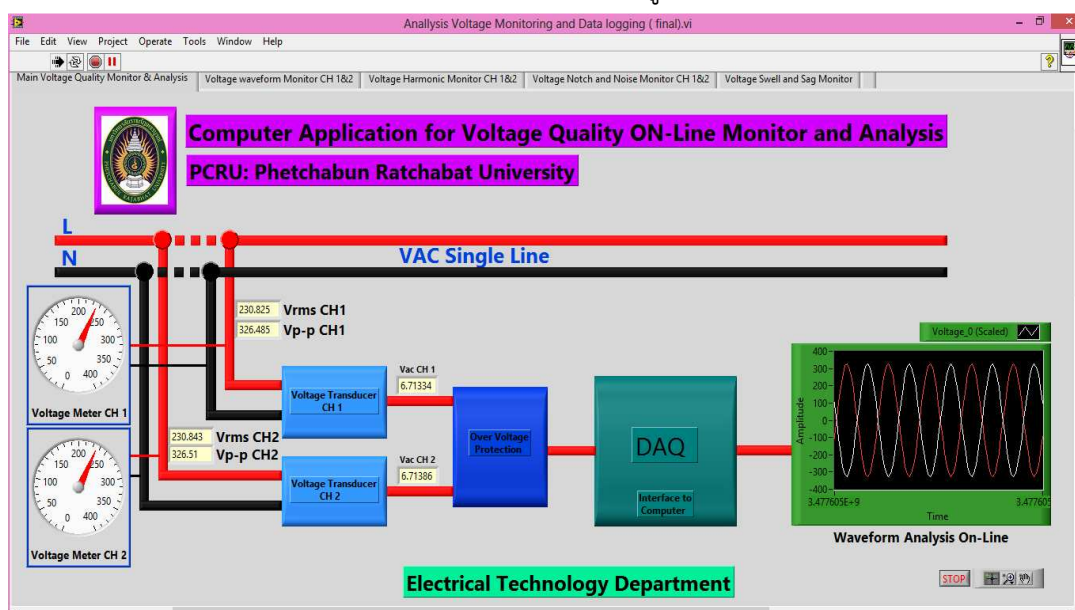
ในการศึกษาได้ทำการจำลองเกิดไฟฟ้าดับชั่วคราวโดยทำการเปิดสวิตช์ไฟฟ้าของช่องสัญญาณ 1 แล้วปิดสวิตช์ไฟฟ้ากลับเข้าไปใหม่อีกครั้งโดยผลการศึกษาสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.9



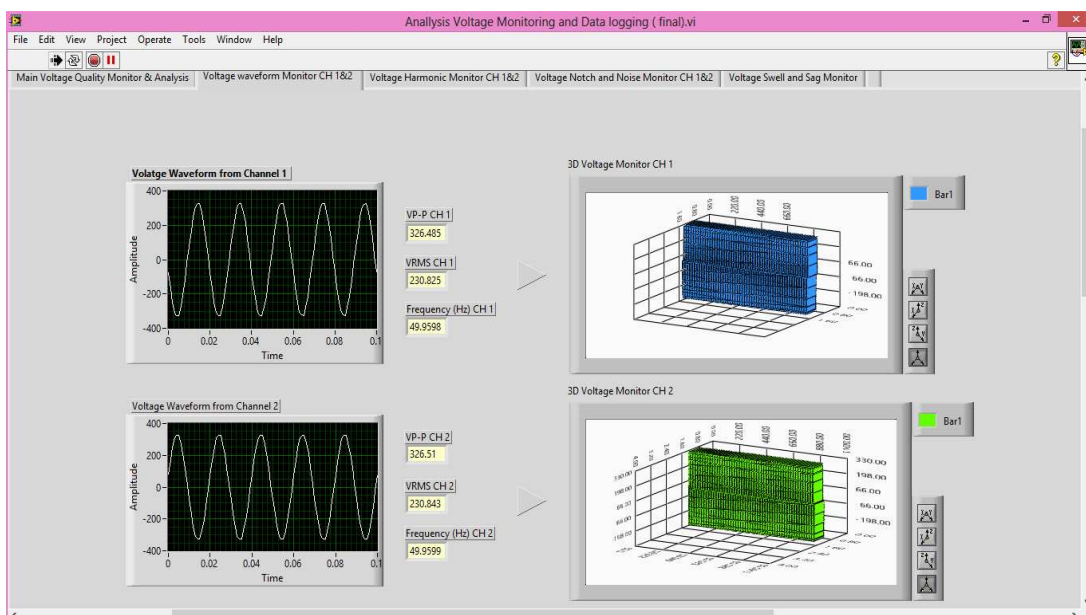
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการเกิดไฟฟ้าดับชั่วขณะ

4.3 ทดสอบและตรวจสอบคุณภาพแรงดันไฟฟ้ากัน โหลดไฟฟ้าประเภทมอเตอร์ 1 เฟส

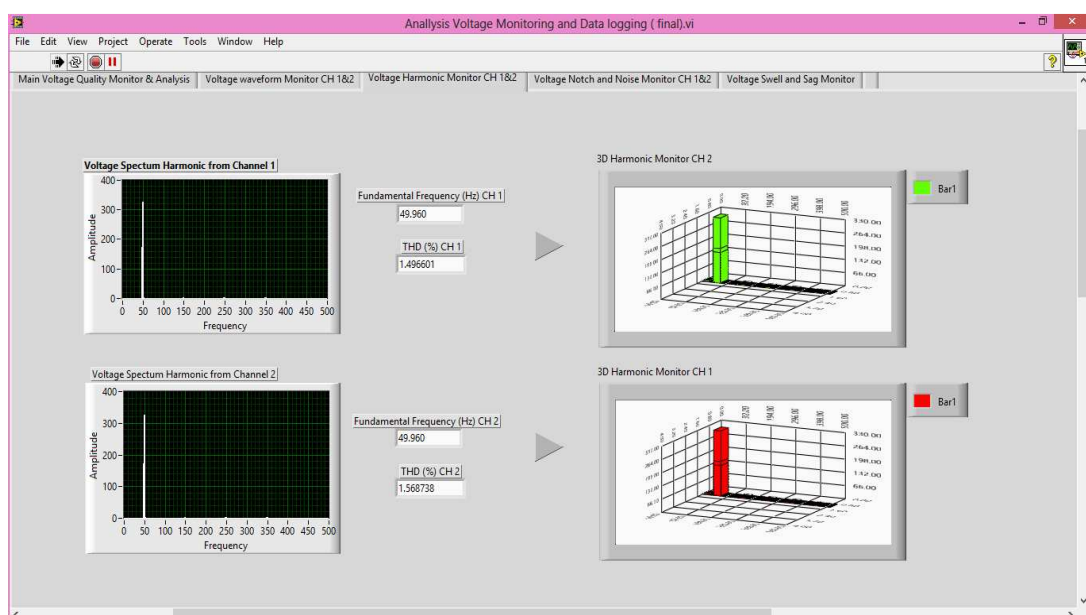
ผลการศึกษาได้ทำการทดสอบกับเครื่องซักผ้า โดยได้ทำการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้า ณ จุดเชื่อมต่อของเครื่องซักผ้าเพื่อตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าซึ่งการทำงานของเครื่องซักผ้า นั้นจะมีลักษณะการทำงานเป็นจังหวะโดยได้แสดงผลการศึกษาไว้ดังรูปที่ 4.10-4.15



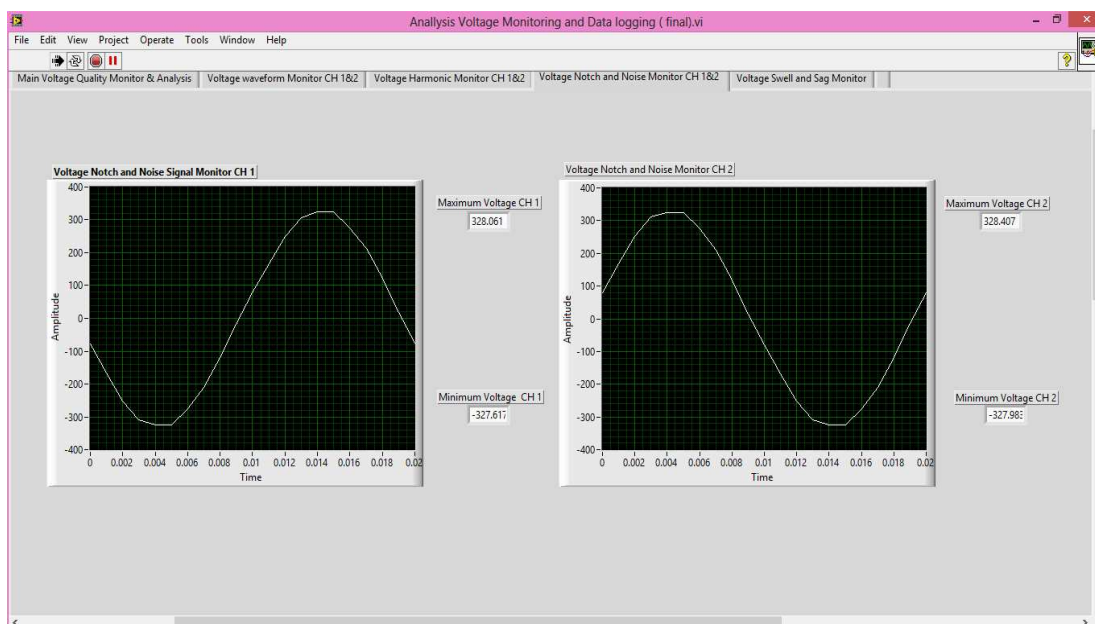
รูปที่ 4.10 หน้าจอหลักการวิเคราะห์คุณภาพแรงดันไฟฟ้ากรณีตรวจวัดแรงดันกับมอเตอร์ 1 เฟส



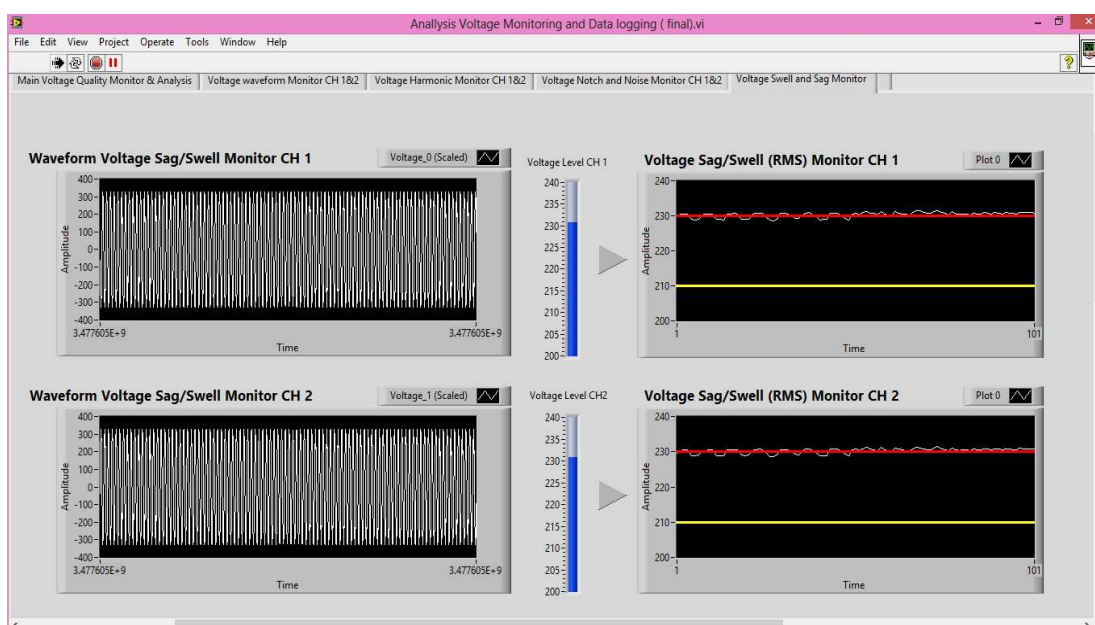
รูปที่ 4.11 หน้าจอการแสดงผลรูปสัญญาณกรณิตรวจวัดแรงดันกับมอเตอร์ 1 เฟส



รูปที่ 4.12 หน้าจอการแสดงผลการวิเคราะห์ฮาร์โมนิกกรณิตรวจวัดแรงดันกับมอเตอร์ 1 เฟส



รูปที่ 4.13 หน้าจอการแสดงผลสัญญาณรบกวนและสัญญาณรบกวนกรณีตรวจวัดแรงดันกับมอเตอร์



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงการเกิดไฟฟ้าดับชั่วขณะกรณีตรวจวัดแรงดันกับมอเตอร์ 1 เฟส

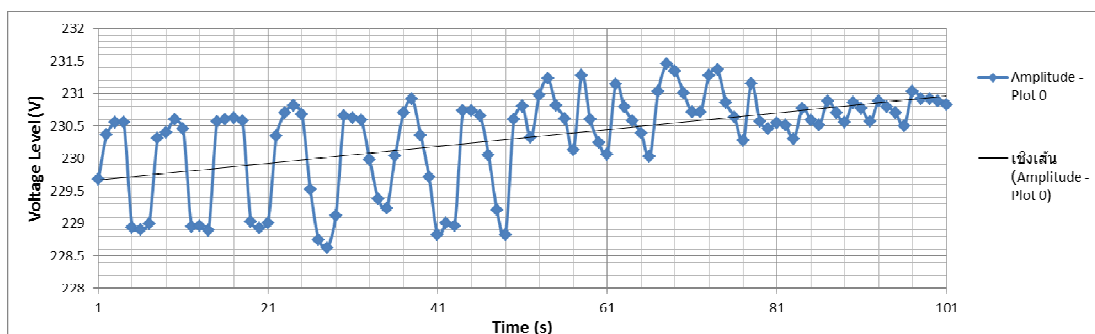
ตารางที่ 4.3 ผลการบันทึกค่าในช่วงเวลาที่ วินาทีที่ 01 – 101 ที่ทำการบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้า (rms)
กรณีตรวจวัดแรงดันกับมอเตอร์ 1 เฟสจากช่องสัญญาณ 1

Time - Plot	Amplitude - Plot
1	229.677
2	230.366
3	230.554
4	230.554
5	228.933
6	228.902
7	228.999
8	230.309
9	230.401
10	230.597
11	230.459
12	228.951
13	228.962
14	228.893
15	230.57
16	230.598
17	230.625
18	230.577
19	229.026
20	228.928
21	229.003
22	230.341
23	230.698
24	230.819
25	230.679
26	229.526
27	228.746

28	228.62
29	229.119
30	230.658
31	230.622
32	230.59
33	229.98
34	229.378
35	229.233
36	230.036
37	230.707
38	230.913
39	230.36
40	229.713
41	228.821
42	229.001
43	228.957
44	230.736
45	230.737
46	230.662
47	230.056
48	229.203
49	228.826
50	230.605
51	230.801
52	230.317
53	230.977
54	231.226
55	230.81
56	230.615
57	230.127

58	231.28
59	230.598
60	230.246
61	230.058
62	231.143
63	230.79
64	230.574
65	230.384
66	230.025
67	231.03
68	231.452
69	231.344
70	231.005
71	230.71
72	230.713
73	231.271
74	231.368
75	230.855
76	230.638
77	230.272
78	231.149
79	230.566
80	230.46
81	230.548
82	230.516
83	230.302
84	230.772
85	230.594
86	230.51
87	230.886

88	230.701
89	230.561
90	230.864
91	230.769
92	230.569
93	230.881
94	230.797
95	230.702
96	230.497
97	231.03
98	230.919
99	230.916
100	230.885
101	230.825



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงแรงดันจากผลการบันทึกค่าช่องสัญญาณที่ 1 กรณีตรวจวัดแรงดันกับมอเตอร์ 1 เฟส

จากผลการศึกษาได้ทำการติดตั้งตรวจสอบคุณภาพแรงดันไฟฟ้าของเครื่องซักผ้าขณะทำงานโดยติดตั้งชุดตรวจวัดวัดทั้งสองชุดที่จุดเดียวกันเพื่อเปรียบเทียบผล พบว่าผลการวัดแรงดันไฟฟ้าสามารถวัดได้เท่ากันดังแสดงได้ดังรูปที่ 4.10-4.11 โดยค่า %THD อยู่ที่ 1.45-1.60% ดังแสดงในรูปที่ 4.12 ส่วนผลสัญญาณรบกวนและสัญญาณรบกวนแทบจะไม่มีดังแสดงในรูปที่ 4.13 และเมื่อเปรียบเทียบผลการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าอาร์เอ็มเอสพบว่าขณะมอเตอร์ทำงานนั้นทำให้เกิดสัญญาณกระเพื่อมเป็นจังหวะโดยแรงดันจะแกว่งอยู่ในช่วง 229.0-230.5 Vac และเมื่อหยุดการทำงานของมอเตอร์ก็ทำให้แรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงน้อยลงดังแสดงในรูปที่ 4.14-4.15

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาได้ทำการออกแบบเครื่องตรวจวัดคุณภาพแรงดันไฟฟ้าโดยออกแบบให้สามารถแสดงผลการแบบรายงานผลโดยตรง (On-Line) หรือแบบเรียลไทม์ (Real Time) ซึ่งผลการศึกษาสามารถตรวจวัดคุณภาพแรงดันไฟฟ้าได้โดยสามารถศึกษาพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาซึ่งแรงดันไฟฟ้าก็จะแปรผันกับปริมาณโหลด โดยในผลการวิจัยนั้นได้ทำการออกแบบให้สามารถศึกษาและวิเคราะห์ขนาดของแรงดันได้ทั้งแบบอาร์เอ็มเอสและพีคทูพีค ขนาดของความถี่แรงดันไฟฟ้า ขนาดและลำดับของแรงดันไฟฟ้าฮาร์มอนิกส์ที่เกิดขึ้นโดยแสดงผลเป็น รูปสเปกตรัมแบบกระจายและสามมิติ พร้อมบอกค่า %THD และแสดงผลการตรวจสอบลักษณะสัญญาณว่าเกิดสัญญาณรบกวน, มีรอยบากเกิดขึ้นหรือไม่ อีกทั้งสามารถแสดงผลและตรวจสอบการกระเพื่อมของแรงดันไฟฟ้าโดยแสดงผลแบบรายงานผลโดยตรงและสามารถบันทึกค่าหรือเก็บค่าได้ โดยผลการเก็บค่านั้นเมื่อนำมาพล็อตกราฟเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าเพื่อนำไปปรับปรุงและควบคุมแรงดันไฟฟ้าได้

ในผลการศึกษานั้นยังสามารถตรวจสอบและวัดได้เพียงการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าเท่านั้น แต่ยังไม่สามารถวัดผลการเปลี่ยนแปลงทางด้านของกระแสได้ซึ่งเครื่องต้นแบบการตรวจสอบคุณภาพแรงดันไฟฟ้าแบบรายงานผลโดยตรงนี้นั้นสามารถนำไปออกแบบเพื่อรับสัญญาณของกระแสไฟฟ้าต่อได้ และสามารถประยุกต์ในการสร้างเครื่องต้นแบบวัดกำลังไฟฟ้าเพื่อการปรับปรุงและบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานเพื่อหาวิธีการลดพลังงานไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี

บรรณานุกรม

หนังสือ

- [1]Lab VIEW ซอฟต์แวร์เพื่อการพัฒนากระบวนการวัดและควบคุม, กิจไพบูลย์ ชีวพันธุ์ศรี, พ.ศ. 2554
- [2]Electrical Power Systems Quality, Roger C. Dugan, Mark F. McGranaghan, H. Wayne Beaty
- [3]ไชยะ แซ่มซ้อย, 2554 คู่มือคุณภาพไฟฟ้า วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทความวิชาการ

- IEEE standard 1159-1995, IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality
- IEEE standard 519-1992, 1993, IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power systems
- Power Quality Analysis a Distribution Measurement System at 2003 IEEE Bologna Power Tech Conference, June 23th-26th, Italy
- M. McGranaghan: "Trends in power quality monitoring", IEEE Power Engineering Review, Volume: 21 Issues: 10, Oct 2001.

ประวัตินักวิจัย

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย)	นางสาว นฤมล พลเวียงคำ
(ภาษาอังกฤษ)	Ms. Narumon Ponwiangkum
หมายเลขประจำตัวประชาชน	3409901105146
ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์มหาวิทยาลัย
หน่วยงานที่สังกัด	สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ Tel. 0-5671-7100 ต่อ 1702 Mobile. 0-8752-7598-8 e-mail : n_pue23@hotmail.com
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สาขาที่มีความชำนาญ	อิเล็กทรอนิกส์กำลัง
ประสบการณ์เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	- การควบคุมมุมต่างเฟสของแรงดันและกระแสขาออกของวงจรเรโซแนนซ์แบบขนานโดยใช้พีแอลแอล - ระบบไฟส่องสว่างแบบแอลอีดีโดยใช้แหล่งจ่ายไฟจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์