

๘๕๖

สรุปโครงการวิจัย



เรื่อง

ศึกษาพฤติกรรมของฮาร์มอนิกส์ที่ไม่ต้องการในช่วงเวลาความต้องการใช้
พลังงานไฟฟ้าสูงสุด

Behavior of Undesirable Harmonics on Load Peak Demand

หนังสือนี้เป็นสมบัติของห้องสมุด
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา
ผู้ใดพบเห็น กรุณาส่งคืน จักขอบคุณยิ่ง

โดย

พิทักษ์ บุญนุ่น

สมคิด ถีลาชนะชัยพงษ์

059761

621.312

พ ๖๗๓

๒๕๕๒

ทุนสนับสนุน

งบประมาณเงินผลประโยชน์ปี ๒๕๕๑

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

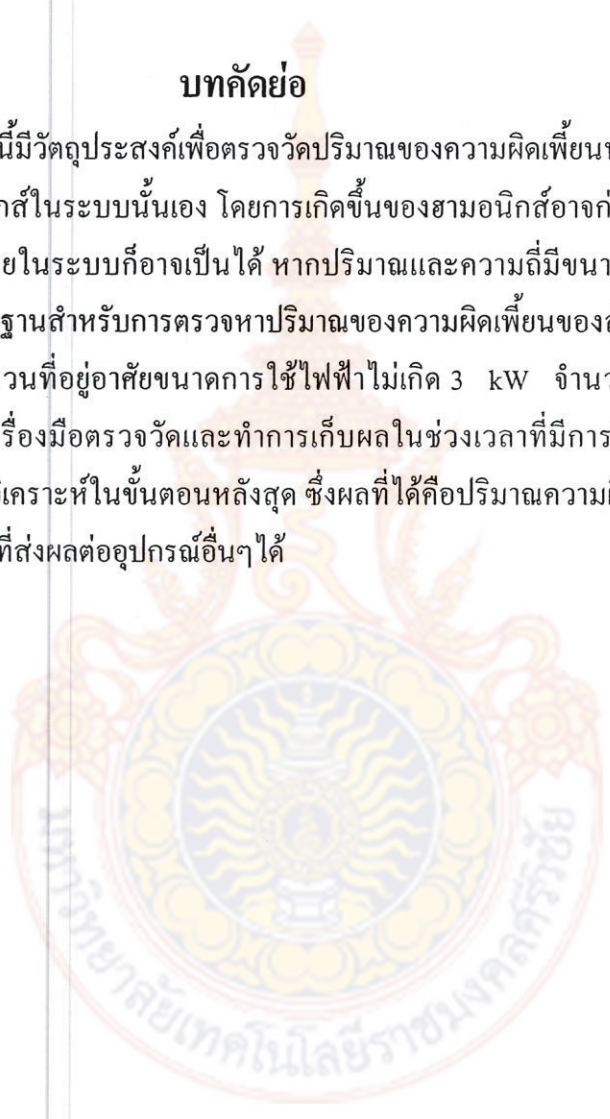
ไฟฟ้า
อุปกรณ์ไฟฟ้า
ฮาร์มอนิกส์

นายพิทักษ์ บุญนุ่น และสมคิด สีสานชะชัยพงษ์. 2551.

เรื่อง ศึกษาพฤติกรรมของฮามอนิกส์ที่ไม่ต้องการในช่วงเวลาความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา
ที่ปรึกษาการวิจัย ทีมงานติดตั้งทางเทคนิค

บทคัดย่อ

งานวิจัยในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดปริมาณของความผิดเพี้ยนทางสัญญาณไฟฟ้า หรือที่เรียกว่าการเกิดฮามอนิกส์ในระบบนั่นเอง โดยการเกิดขึ้นของฮามอนิกส์อาจก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับอุปกรณ์ต่างๆ หรือ ปัญหาภายในระบบก็อาจเป็นไปได้ หากปริมาณและความถี่มีขนาดที่มากพอ ดังนั้น งานวิจัยนี้เป็นการตรวจวัดพื้นฐานสำหรับการตรวจหาปริมาณของความผิดเพี้ยนของสัญญาณทางไฟฟ้า โดยได้มาจากการสำรวจจำนวนที่อยู่อาศัยขนาดการใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 3 kW จำนวน ไม่น้อยกว่า 20 หลังคาเรือน เพื่อเข้าติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดและทำการเก็บผลในช่วงเวลาที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้า สูงสุด ซึ่งผลที่ได้จะได้นำมาวิเคราะห์ในขั้นตอนหลังสุด ซึ่งผลที่ได้คือปริมาณความผิดเพี้ยนทางไฟฟ้า หรือฮามอนิกส์ยังไม่ถึงระดับที่ส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์อื่นๆ ได้



Pituk Bunnoon and Somkid Leelachanachaipong 2551.

Title -Behavior of undesirable Harmonics on load peak demand

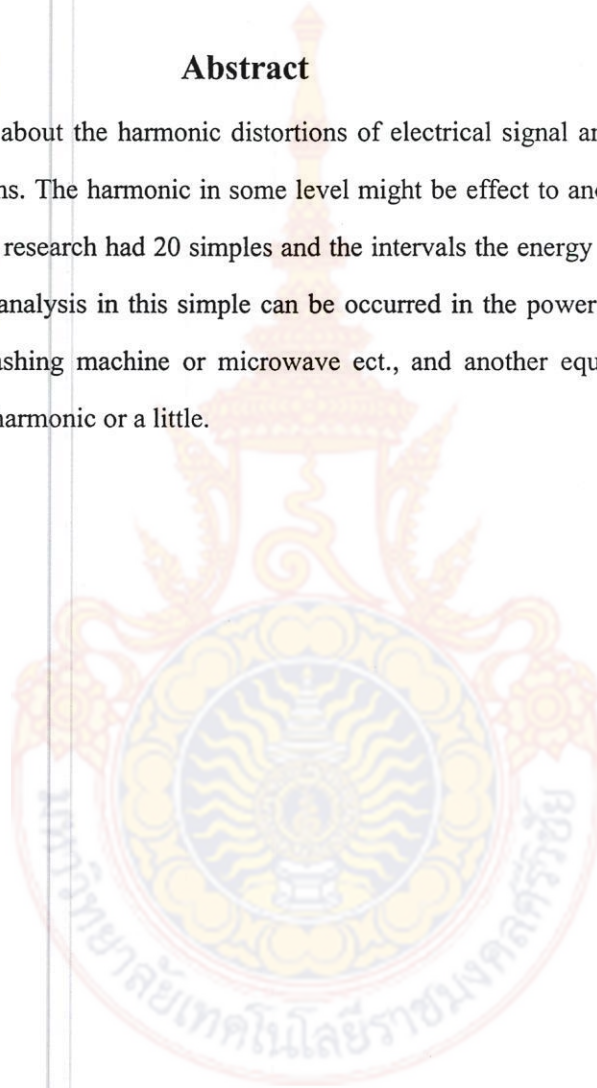
Electrical Engineering Department, Engineering Faculty.

Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkla.

Advisors Team. Setting team.

Abstract

This paper presents about the harmonic distortions of electrical signal analysis or harmonic occurred in the power systems. The harmonic in some level might be effect to another equipment. In this paper, the simple of this research had 20 simples and the intervals the energy in home not over 5 kW. Finally, the harmonics analysis in this simple can be occurred in the power systems by almost equipment such as from washing machine or microwave ect., and another equipment like fan or another can not be occurred harmonic or a little.



กิตติกรรมประกาศ

ขอแสดงความขอบคุณ สำหรับทีมงานทุกท่านที่ได้ทำงานจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และต้องขอบคุณทางภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ และเครื่องมือสำหรับการติดตั้งเพื่อวัด บันทึกผล

ขอขอบคุณ คุณ ทวีศักดิ์ บุญศรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล และช่วยงานด้านสำรวจและติดตั้งเครื่องมือวัด

สุดท้ายต้องขอบคุณกำลังใจในการทำงานสำหรับครอบครัวที่ส่งเสริมและสนับสนุนการทำงานมาโดยตลอด จนงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

พิทักษ์ บุญนุ่น และคณะ



สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	16
บทที่ 4 ผลการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์เบื้องต้น	21
บทที่ 5 สรุป	27
อ้างอิง	28
ภาคผนวก ก	
ภาคผนวก ข	



สารบัญตาราง

ตารางที่

-

หน้า

-



สารบัญรูปภาพ

รายการ	หน้า
รูปที่ 1 แสดงความผิดปกติของสัญญาณที่เกิดจากฮาร์มอนิกส์	2
รูปที่ 2 แสดงความถี่ฮาร์มอนิกส์ที่เป็นจำนวนเท่าของความถี่มูลฐาน	6
รูปที่ 3 แสดงถึงฮาร์มอนิกส์ลำดับที่ 3, 5 และ 7 มีมุมต่างๆ ทำให้สัญญาณไซน์มีรูปร่างผิดเพี้ยน	6
รูปที่ 4 วงจรแสดงการเกิดฮาร์มอนิกส์ทางไฟฟ้า	9
รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่า %THDV ของแต่ละระบบและสถานที่ตั้ง	10
รูปที่ 6 แสดง Flowchart การทำงานพอสังเขป	16
รูปที่ 7 แสดงมิเตอร์สำหรับวัดค่าฮาร์มอนิกส์	17
รูปที่ 8 การต่อวัดกระแสฮาร์มอนิกส์	19
รูปที่ 9 แสดงการต่อวัดแรงดันฮาร์มอนิกส์	20
รูปที่ 10 อุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเรือนทั่วไป	21
รูปที่ 11 การศึกษาผลการวัดจากตัวอย่างที่อยู่อาศัยครั้งที่ 2	22
รูปที่ 12 การศึกษาผลการวัดจากตัวอย่างที่อยู่อาศัยครั้งที่ 4	23
รูปที่ 13 การศึกษาผลการวัดจากตัวอย่างที่อยู่อาศัยครั้งที่ 6	24
รูปที่ 14 การศึกษาผลการวัดจากตัวอย่างที่อยู่อาศัยครั้งที่ 8	25

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบันไฟฟ้านับเป็นปัจจัยที่สำคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและความมั่นคงของชาติ ซึ่งเมื่อเกิดเหตุการณ์ผิดปกติต่างๆต่อระบบไฟฟ้า เช่น ไฟฟ้าตก, ไฟฟ้าเกิน หรือ เกิดความผิดปกติต่อระบบไฟฟ้า ก็ย่อมส่งผลกระทบต่อตรงและสร้างความเสียหายค่อนข้างสูงมาก ดังนั้นทั้งผู้ขายไฟฟ้าและผู้ใช้ไฟฟ้าจึงได้หันมาให้ความสำคัญในเรื่องคุณภาพไฟฟ้าและการประหยัดพลังงาน (Power Quality and Energy Saving) กันมากขึ้น

ความผิดปกติของสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้นก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่มีผลต่อระบบไฟฟ้าไม่น้อยไปกว่าสาเหตุอื่น เช่น ไฟดับ ไฟกระชาก ไฟเกิน ไฟตก ความถี่ แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลหรืออื่นๆ แต่ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะสาเหตุจากความผิดปกติของสัญญาณเท่านั้น คือ

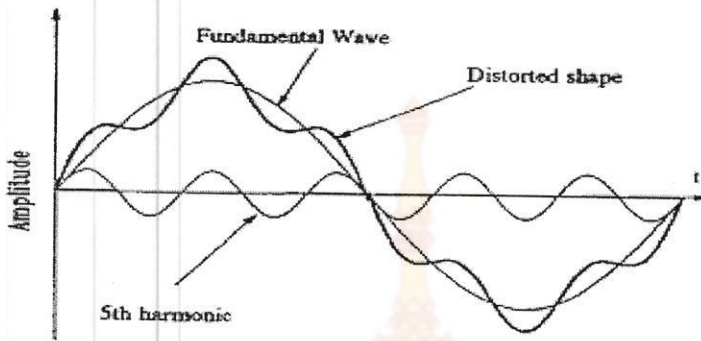
ความผิดปกติของสัญญาณไฟฟ้า (Waveform Distortion)

ความผิดปกติของรูปสัญญาณที่ผิดไปจากปกติก็เป็นสาเหตุหนึ่งซึ่งสามารถตรวจวัดโดยอาศัยหลักการของการแยกองค์ประกอบของสัญญาณออกมาคือ DFT (Discrete Fourier Transform) และ FFT (Fast Fourier Transform) เพื่อการออกแบบและวิเคราะห์ จากสาเหตุที่ทำให้สัญญาณไฟฟ้าเกิดผิดเพี้ยนพอสรุปแยกออกมาได้ดังนี้

- องค์ประกอบไฟฟ้ากระแสตรง (D.C. Offset) คือมีองค์ประกอบของสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงปนอยู่ในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งเป็นผลทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ทำงานผิดพลาดได้ เช่น วงจรรีเลย์คิไฟล်เออร์ อีกทั้งยังทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานสูงขึ้นอีกด้วย

- ฮาร์โมนิกส์ (Harmonics) คือองค์ประกอบทางไฟฟ้าของรูปสัญญาณคลื่นไซน์ที่มีความถี่เป็นจำนวนเท่าของความถี่มูลฐานของระบบไฟฟ้า ตัวอย่างเช่นระบบไฟฟ้าในบ้านเราคือ 50 เฮิร์ต ดังนั้นฮาร์โมนิกส์ที่ 3 คือสัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่เป็นจำนวน 3 เท่าของ 50 เฮิร์ตก็คือ 150 เฮิร์ต นั่นเอง โดยฮาร์โมนิกส์ในระบบไฟฟ้าที่พบมากจะเป็นฮาร์โมนิกส์เลขคี่ คือ 3, 5, 7, 9 ... ส่วนฮาร์โมนิกส์เลขคู่จะเกิดขึ้นน้อย ซึ่งมีสาเหตุอยู่หลายประการที่ทำให้เกิดฮาร์โมนิกส์ขึ้นในระบบ ตัวอย่างเช่น อุปกรณ์ไฟฟ้า

ที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear load) เช่น อินเวอร์เตอร์, คอนเวอร์เตอร์ หรืออุปกรณ์สวิทซ์ต่างๆ, เตาหลอมไฟฟ้า (Electric Furnace), เครื่องเชื่อมอาร์ค (Arc Welder)



รูปที่ 1 แสดงความผิดเพี้ยนของสัญญาณที่เกิดจากฮาร์มอนิกส์

จากสาเหตุดังกล่าวส่งผลทำให้การทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ผิดพลาดเช่น อุปกรณ์สื่อสาร, อุปกรณ์ระบบควบคุมและป้องกัน อีกทั้งยังทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน ซึ่งอยู่ในรูปของความร้อนเช่น หม้อแปลงไฟฟ้า, มอเตอร์ไฟฟ้า, สายไฟฟ้า และเซอร์กิจเบรกเกอร์ และยังเป็นเหตุให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าลดลงด้วย เป็นต้น

ค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกส์รวม (Total Harmonic Distortion) ซึ่งก็คือผลรวมขององค์ประกอบค่า rms ที่อันดับฮาร์มอนิกส์ต่างๆกับค่า rms ขององค์ประกอบความถี่มูลฐาน แล้วเทียบเป็นร้อยละดังสมการ

$$\%THD_v = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_{h(rms)}^2}}{V_{1(rms)}}, \%THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_{h(rms)}^2}}{I_{1(rms)}} \quad (1)$$

- อินเตอร์ฮาร์มอนิกส์ (Interharmonics) คือองค์ประกอบของสัญญาณรูปคลื่นไซน์ที่ความถี่ไม่เป็นจำนวนเท่าของความถี่มูลฐาน เช่น ความถี่ 25 Hz, 105 Hz, 175 Hz ฯลฯ เป็นต้น

- คลื่นรอยบาก (Notching) คือจะเกิดขึ้นบนรูปคลื่นสัญญาณไฟฟ้าที่เป็นลักษณะรอยบากซึ่งอาจเกิดจากความไม่ต่อเนื่องในการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังต่างๆ

- คลื่นรบกวนและคลื่นแทรก (Noise and Interference Signal) คือ การรบกวนจากสัญญาณภายนอกจนทำให้สัญญาณนั้นเกิดความผิดเพี้ยนยกตัวอย่างสัญญาณรบกวน เช่น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

(Electromagnetic Interference : EMI), คลื่นความถี่วิทยุ (Radio Frequency Interference : RFI), คลื่นรบกวนไฟฟ้า (Electrical Noise) เป็นต้น

จะเห็นได้ว่าสาเหตุจากความผิดปกติของสัญญาณก็เป็นสาเหตุหลักที่ส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าได้โดยตรง ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดว่าจะวิเคราะห์และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่ผิดปกติโดยเริ่มต้นวิจัยตั้งแต่ที่อยู่อาศัยก่อน โดยเฉพาะเวลาที่มีการใช้งาน โหลดเต็มก็คือช่วงเวลา 18.00-21.00 น. เพื่อดูการเกิดและการเปลี่ยนแปลงของฮาร์มอนิกส์ โดยเฉพาะลำดับที่มีอันตรายกับอุปกรณ์ไฟฟ้า

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของฮาร์มอนิกส์ที่เกิดผลเสียหายต่อระบบ
- 1.2.2 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของฮาร์มอนิกส์ในช่วงดังกล่าว
- 1.2.3 เพื่อศึกษาผลกระทบหรือผลเสียต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าจากฮาร์มอนิกส์ที่ไม่ต้องการ

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 1.3.1 เก็บผลจากการวัดฮาร์มอนิกส์ตามที่อยู่อาศัยจำนวน ไม่น้อยกว่า 20 ตัวอย่าง
- 1.3.2 วัดฮาร์มอนิกส์ในช่วงโหลดการใช้พลังงานเวลาเฉพาะ 18.00-21.00 น.
- 1.3.3 วิเคราะห์และจำแนกฮาร์มอนิกส์ที่มีผลเสียต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า
- 1.3.4 เสนอแนะวิธีป้องกันเบื้องต้นเกี่ยวกับฮาร์มอนิกส์ที่มีผลเสียต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า
- 1.3.5 ขอบเขตของที่อยู่อาศัยจะต้องมีการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 3.3 kW

1.4 ขั้นตอน และวิธีการดำเนินงานวิจัย

- 1.4.1 ศึกษาหลักการเกิดและการเปลี่ยนแปลงของฮาร์มอนิกส์แต่ละชนิด
- 1.4.2 ศึกษาการทำงานของเครื่องมือวัดฮาร์มอนิกส์
- 1.4.3 ติดต่อแจ้งขอความร่วมมือเข้าตรวจวัดและเก็บข้อมูล
- 1.4.4 เข้าตรวจวัดเก็บข้อมูล
- 1.4.5 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ เปรียบเทียบกับหลักการความเป็นจริง
- 1.4.6 ทำรายงานสรุปผลงานวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 สามารถที่จะนำข้อมูลไปประกอบการเรียนการสอนในวิชาทางไฟฟ้าได้

1.5.2 นำผลสรุปหรือปัญหามาทำการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางแก้ไขไม่ให้เกิดผลดังกล่าวเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าได้

1.5.3 ผู้บริโภคนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับภาวการณ์ใช้พลังงานของตนเอง

1.5.4 หากผลสรุปที่ได้มีความชัดเจนของปัญหา จำเป็นต้องมีการเผยแพร่ให้ผู้บริโภคอื่นๆ เข้าใจหลักการ และต้นเหตุการเกิด เพื่อการแก้ไขต่อไป



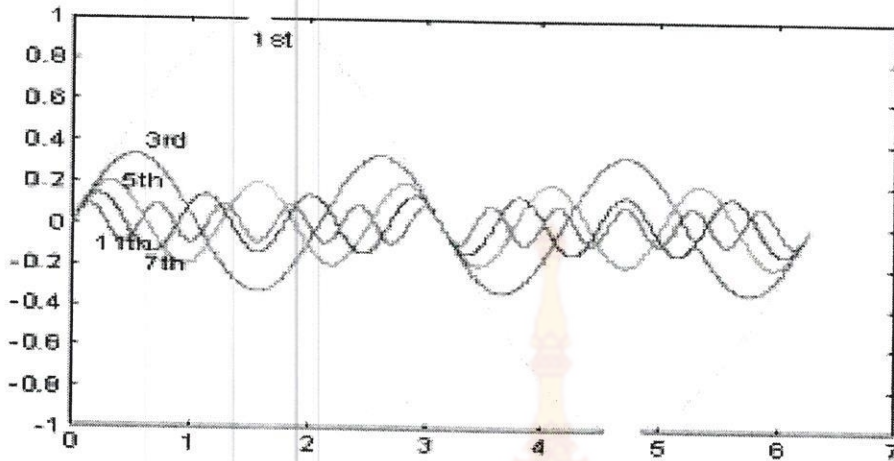
บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

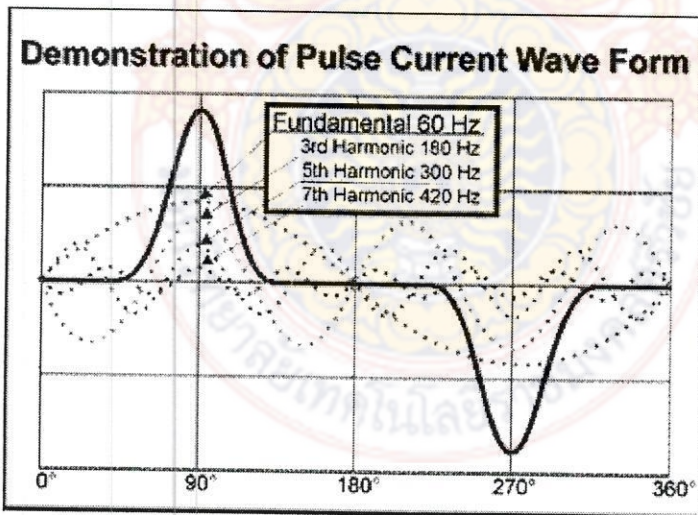
ปัจจุบันการไฟฟ้า หรือผู้ใช้ไฟฟ้าได้ให้ความสำคัญกับคุณภาพไฟฟ้ามากขึ้น เนื่องจากในระบบไฟฟ้า และโดยเฉพาะในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรม ได้มีการใช้อุปกรณ์ที่มีเทคโนโลยีสูงกว่าเดิมในอดีต ซึ่งคุณลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ดังกล่าวจะไวต่อการเปลี่ยนแปลงต่อกระแสและแรงดัน คือถ้ามีขนาด และรูปร่างผิดเพี้ยนไปจากสภาพการจ่ายไฟปกติ อาจจะทำให้อุปกรณ์มีการทำงานผิดพลาด หรือเกิดการชำรุดเสียหายขึ้นได้ ซึ่งเป็นปัญหาต่อคุณภาพไฟฟ้าที่ต้องมีการป้องกันและแก้ไขโดยสาเหตุหลักที่ทำให้กระแส และแรงดันในระบบไฟฟ้ามีขนาดและรูปร่างผิดเพี้ยนไปจากสภาพการจ่ายไฟปกติ มีสาเหตุเกิดจากฮาร์มอนิกส์ที่มีอยู่ในระบบไฟฟ้า ซึ่งเนื่องจากปัจจุบัน โรงงานอุตสาหกรรม และอาคารพาณิชย์มีการใช้อุปกรณ์สมัยใหม่เทคโนโลยีที่ทำจากอุปกรณ์ทางด้าน โซลิตสเทท เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมกระบวนการผลิตให้มีคุณภาพ และได้ปริมาณตามที่ต้องการ และในอนาคตจะมีแนวโน้มการใช้มากขึ้นเรื่อยๆ โดยส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์ที่มีการทำงานแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear load) ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดฮาร์มอนิกส์ เช่น คอนเวอร์เตอร์ (Converter) ตัวเรียงกระแส (Power Rectifier) และชุดขับเคลื่อนปรับความเร็ว (Adjustable Speed Drive) ด้วยผลของการใช้อุปกรณ์ที่มีการทำงานแบบไม่เป็นเชิงเส้น อุปกรณ์ดังกล่าวจะจ่ายกระแสฮาร์มอนิกส์เข้าสู่ระบบไฟฟ้า ภายในของผู้ใช้ไฟเอง หรือถ้าเป็นอุปกรณ์ที่มีพิกัดขนาดใหญ่ กระแสฮาร์มอนิกส์อาจไหลเข้าสู่ระบบไฟฟ้าอื่นในบริเวณข้างเคียง จากผลกระทบของฮาร์มอนิกส์ทำให้กระแสและแรงดันในระบบมีขนาด และรูปร่างผิดเพี้ยน (Distortion) ไปจากสภาพการจ่ายไฟปกติ ซึ่งเป็นผลทำให้อุปกรณ์มีการทำงานผิดพลาดหรือเกิดการชำรุดเสียหายได้ และเพื่อเป็นการเตรียมพร้อมสำหรับป้องกัน และแก้ไขปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้าในบ้านเรา ในการวิจัยนี้จะกล่าวโดยภาพรวมทั่วไปของฮาร์มอนิกส์ แหล่งกำเนิด และผลกระทบที่เกิดจากปัญหาฮาร์มอนิกส์ เพื่อเป็นความเข้าใจก่อนที่เราจะวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสัญญาณฮาร์มอนิกส์เมื่อมีการใช้โหลดสูงสุดในช่วง 18.00 -21.00 น.

นิยาม

ฮาร์มอนิกส์ (Harmonic) คือส่วนประกอบในรูปสัญญาณคลื่นไซน์ (sine wave) ของสัญญาณหรือปริมาณเป็นคาบใดๆ ซึ่งมีความถี่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่หลักมูล (Fundamental Frequency) ในระบบไฟฟ้า เรามีค่าเท่ากับ 50 Hz เช่นฮาร์มอนิกส์ลำดับที่ 3 มีค่าความถี่เป็น 150 Hz และฮาร์มอนิกส์ลำดับที่ 5 มีค่าความถี่เป็น 250 Hz ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงความถี่ฮาร์มอนิกที่เป็นจำนวนเท่าของความถี่มูลฐาน และผลของฮาร์มอนิกเมื่อรวมกันกับสัญญาณความถี่หลักมูลด้วยทางขนาด (Amplitude) และมุมเฟส (Phase Angle) ทำให้สัญญาณที่เกิดขึ้นมีขนาดเปลี่ยนไปและมีรูปสัญญาณเพี้ยนไปจากสัญญาณคลื่นไซน์ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงถึงฮาร์มอนิกลำดับที่ 3, 5 และ 7 มีมุมต่างๆ ทำให้สัญญาณไซน์มีรูปร่างผิดเพี้ยน

ในทางคณิตศาสตร์สามารถไข้อนุกรมฟูเรียร์อธิบายคุณลักษณะของฮาร์มอนิกได้ โดยสัญญาณหรือฟังก์ชันสามารถกระจายให้อยู่ในรูปผลรวมของฟังก์ชันตรีโกณมิติที่มีความถี่ต่างๆ เป็นฟังก์ชันคาบที่เขียนแทนด้วย $f(t)$ ดังสมการ

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(n\omega_0 t) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(n\omega_0 t)$$

$$a_0 = \frac{1}{T} \int f(t) dt$$

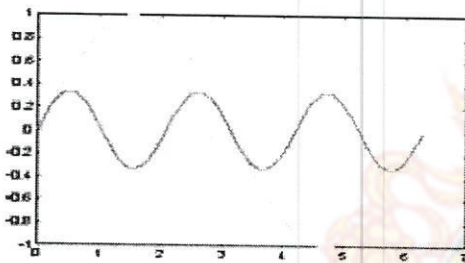
$$a_n = \frac{2}{T} \int f(t) \cos n\omega_0 t dt$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int f(t) \sin n\omega_0 t dt$$

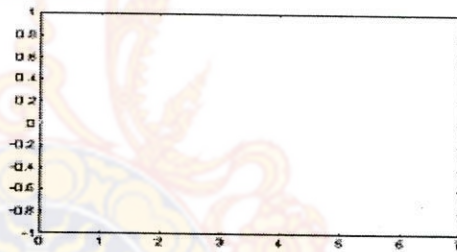
(2)

เมื่อ T คือ 1 คาบของสัญญาณและ n คือเลขจำนวนเต็มบวก

ในกรณีที่ n=0 จะเป็นความถี่มูลฐาน (Fundamental Frequency) หรือกรณีที่ n มีค่ามากกว่าศูนย์ เราเรียกความถี่นี้ว่าฮาร์มอนิกส์ลำดับที่ n ซึ่งเป็นได้ทั้งลำดับคู่ และคี่ และจากรูปที่ 3.1 ข. และรูป 3.2 ข. แสดงถึงความเพี้ยนของสัญญาณที่เกิดขึ้นจากการรวมสัญญาณคลื่นไซน์ที่มีความถี่หลักมูลกับคลื่นไซน์ที่เป็นฮาร์มอนิกส์ลำดับที่ 3 ดังรูปที่ 3.1 ก. และรูป 3.2 ก. ตามลำดับ

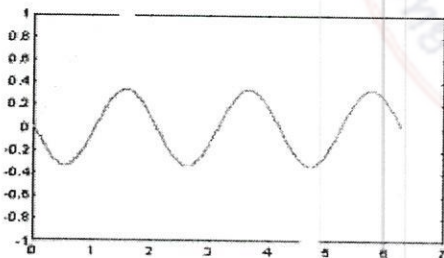


รูป 3.1 ก.

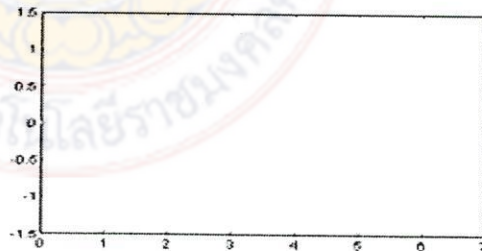


รูป 3.1 ข.

$$f(t) = \sin(x) + \frac{1}{3} \sin(3x)$$



รูป 3.2 ก.



รูป 3.2 ข.

$$f(t) = \sin(x) - \frac{1}{3} \sin(3x)$$

รูปที่ 3 แสดงถึงฮาร์มอนิกส์ (ต่อ)

ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกสร่วมมาตรฐาน IEC และ IEEE ใช้ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกสร่วม : %THD (Total Harmonic Distortion) เป็นค่าของส่วนประกอบความถี่หลักมูลเทียบเป็นร้อยละ ซึ่งจะแยกออกเป็นค่าความเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกสร่วม และค่าความเพี้ยนแรงดันฮาร์มอนิกสร่วม

ค่าความเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกสร่วม (Total Harmonic Current Distortion : THD_I)

$$\%THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2 (rms)}}{I_1 (rms)} \times 100\%$$

ค่าความเพี้ยนแรงดันฮาร์มอนิกสร่วม (Total Harmonic Voltage Distortion : THD_V)

$$\%THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2 (rms)}}{V_1 (rms)} \times 100\%$$

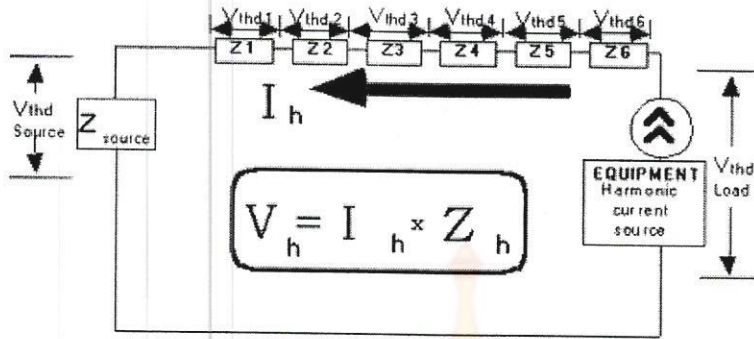
V_h(rms) = ค่า rms ของแรงดันฮาร์มอนิกสร่วมลำดับที่ h

I_h(rms) = ค่า rms ของกระแสฮาร์มอนิกสร่วมลำดับที่ h

V₁(rms) = ค่า rms ของแรงดันที่ความถี่หลักมูล

I₁(rms) = ค่า rms ของกระแสที่ความถี่หลักมูล

ความสัมพันธ์ของ %THD, %THDV และ MVASC ในบางครั้งค่าของ %THDI ที่มีค่าสูงๆ ในระบบไฟฟ้า ระบบไฟฟ้านั้นอาจจะไม่เกิดผลกระทบจากปัญหาฮาร์มอนิกสร่วมได้เพราะ ค่า %THDI จะเป็นเพียงค่าที่บอกถึงคุณลักษณะของกระแสฮาร์มอนิกสร่วมของโหลดที่ไม่เป็นเชิงเส้นแต่ละชนิด (ดูจากสูตรข้างต้น และตารางที่ 1 ประกอบ) แต่ไม่สามารถที่จะบอกถึงความรุนแรงของระดับฮาร์มอนิกสร่วมได้อย่างสมบูรณ์ พิกัดกำลังของโหลดที่ไม่เป็นเชิงเส้นชนิดหนึ่งเดียวกันที่ค่าพิกัดกำลังมากหรือน้อย ค่า %THDI ของโหลดดังกล่าวก็จะเป็นค่าเดียวกัน แต่ระดับความรุนแรงที่ทำให้เกิดปัญหาฮาร์มอนิกสร่วมจะไม่เท่ากัน ดังนั้นถ้าเราจะพิจารณาค่าของ %THDI ควรจะพิจารณาค่าของ %THDI ควรจะพิจารณาถึงพิกัดกำลังของโหลดที่ไม่เป็นเชิงเส้นประกอบกันด้วย ซึ่งค่าความเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกสร่วมมีค่าเป็นแอมป์ เราสามารถที่จะพิจารณาถึงระดับความรุนแรงของปัญหาฮาร์มอนิกสร่วมในระดับหนึ่งได้ ส่วน %THDV ระดับความรุนแรงของปัญหาฮาร์มอนิกสร่วมในระบบได้ซึ่งจะต่างจากค่า %THDI โดยจะอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างกระแส แรงดันฮาร์มอนิกสร่วม และค่าพิกัดกำลังวงจรของระบบ (MVASC) ดังรูปที่ 4



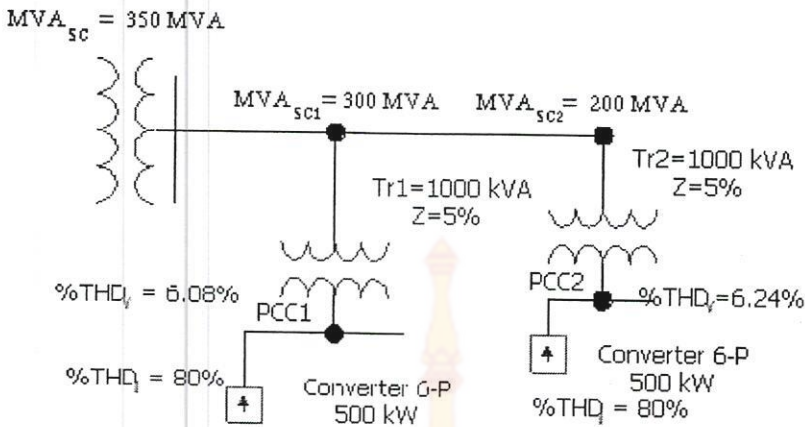
Where: (Ohm's Law)

V_h → h^{th} harmonic voltage
 I_h → h^{th} harmonic current
 Z_h → system impedance for h^{th} harmonic

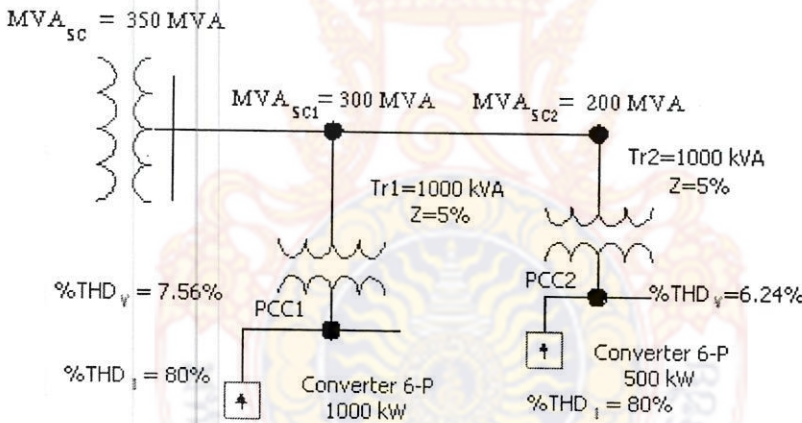
รูปที่ 4 วงจรแสดงการเกิดฮาร์มอนิกส์ทางไฟฟ้า

จากรูปที่ 4 ที่แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า จะมีค่าอิมพีแดนซ์ค่าหนึ่งซึ่งขึ้นอยู่กับค่าความถี่ของผู้ใช้ไฟ (50 Hz) เมื่อโหลดที่ไม่เป็นเชิงเส้นทำงานจะจ่ายกระแสฮาร์มอนิกส์ที่ลำดับต่างๆ (I_h) เข้าสู่ระบบ และผ่านค่าอิมพีแดนซ์ของระบบที่ความถี่ต่างๆ (Z_h) ของระบบทำให้เกิดแรงดันฮาร์มอนิกส์ที่ลำดับต่างๆ (V_h) ทำให้สัญญาณแรงดันในระบบมีขนาดและสัญญาณผิดเพี้ยนไปจากแหล่งเดิม ตามสมการ $V_h = I_h \times Z_h$ และจากสมการทำให้เราสามารถพิจารณาได้ว่าค่าความเพี้ยนแรงดันฮาร์มอนิกส์ที่เกิดในระบบหนึ่งนั้น (ไม่คำนึงถึงสภาวะปัญหาฮาร์มอนิกส์รีโซแนนซ์) จะขึ้นอยู่กับชนิดและพิกัดกำลังของโหลดที่ไม่เป็นเชิงเส้น (I_h) และค่าพิกัดกำลังลัดวงจรของระบบไฟฟ้า (Z_h) นั่นคือ กรณีสถานที่ตั้งของโหลดที่ไม่เป็นเชิงเส้นอยู่ใกล้สถานีไฟฟ้าฯ ซึ่งมีค่าพิกัดลัดวงจรสูงจะมีค่าอิมพีแดนซ์ของระบบต่ำ แต่ถ้าอยู่ไกลสถานีไฟฟ้าฯ ค่าพิกัดลัดวงจรสูงจะมีค่าอิมพีแดนซ์ของระบบสูง ซึ่งทำให้พิจารณาได้ว่า โรงงานที่มีโหลดไม่เป็นเชิงเส้นที่อยู่ใกล้สถานีไฟฟ้าฯ จะได้รับผลกระทบจากปัญหาฮาร์มอนิกส์น้อยกว่า โรงงานที่อยู่ไกล สถานีไฟฟ้าฯ ในกรณีที่ระบบภายในโรงงานเหมือนกันดังรูปที่ 5

Substation



Substation



รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่า %THDV ของแต่ละระบบและสถานที่ตั้ง

จุดต่อร่วม (Point of Common Coupling, PCC) คือจุดซื้อขายไฟระหว่างการไฟฟ้ากับผู้ใช้ไฟ หรือ ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดฮาร์มอนิกส์

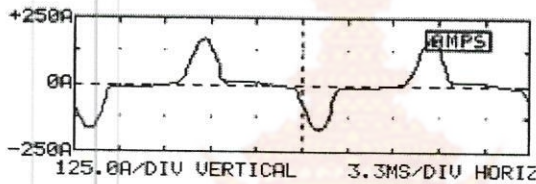
แหล่งกำเนิดฮาร์มอนิกส์

จากที่กล่าวมาโดยภาวะปกติ การไฟฟ้าจะจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่เป็นรูปสัญญาณคลื่นไซน์ให้กับโหลด ประเภทต่างๆ ของผู้ใช้ไฟ แต่ในกรณีในระบบไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟบางรายมีโหลดประเภทไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear Load) ซึ่งโหลดดังกล่าวเป็นแหล่งกำเนิดฮาร์มอนิกส์ กระแสฮาร์มอนิกส์นั้นจะไหลเข้าสู่ระบบของผู้ใช้ไฟเอง และระบบไฟฟ้าข้างเคียง ผลของกระแสฮาร์มอนิกส์จะทำให้เกิดแรงดันในระบบ

เพี้ยนไปจากรูปคลื่นไซน์ ค่าความเพี้ยนของแรงดันจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับค่าอิมพีแดนซ์ของระบบและขนาดของกระแสฮาร์โมนิกส์ที่ความถี่ต่างๆ ด้วยผลของกระแสฮาร์โมนิกส์ดังกล่าวไหลเข้าสู่ระบบใกล้เคียงระบบการทำงานหรือสร้างความเสียหายแก่อุปกรณ์ของผู้ใช้ไฟรายอื่นๆ และอุปกรณ์ในระบบของการไฟฟ้าได้ ดังนั้นเรามีความจำเป็นที่จะต้องทราบว่าโหลดที่อยู่ในอาคาร หรือโรงงานอุตสาหกรรมเรานั้น มีโหลดที่เป็นแหล่งจ่ายฮาร์โมนิกส์หรือไม่ และโหลดประเภทใดเป็นโหลดที่เป็นแหล่งจ่ายฮาร์โมนิกส์ เพื่อที่ที่จะต้องทำความเข้าใจก่อนที่จะทำการแก้ไข และป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากฮาร์โมนิกส์ต่อไป เราสามารถแบ่งแหล่งกำเนิดฮาร์โมนิกส์ตามคุณลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ได้ดังต่อไปนี้

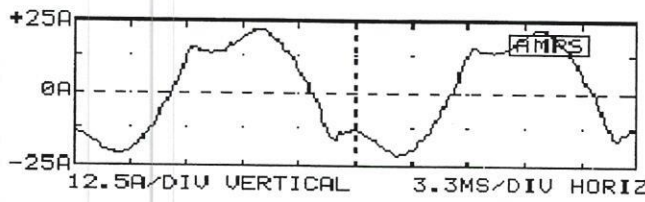
1. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีทั่วไปในบ้านพัก สำนักงาน ส่วนใหญ่เป็นชนิด 1 เฟส

1.1 อุปกรณ์ที่มีการใช้แหล่งจ่ายกำลังแบบสวิตซ์ซิ่ง เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์



Fundamental amps:			15.2 A rms		
Fundamental freq:			60.0 Hz		
HARM	PCT	PHASE	HARM	PCT	PHASE
FUND	100.0%	-124°	2nd	0.2%	136°
3rd	19.9%	-144°	4th		
5th	7.4%	62°	6th		
7th	3.2%	-39°	8th		
9th	2.4%	-171°	10th		
11th	1.8%	111°	12th		
13th	0.8%	17°	14th		
15th	0.4%	-93°	16th		
17th	0.1%	-164°	18th		
19th	0.2%	-99°	20th		
21st	0.1%	160°	22nd		
23rd	0.1%	86°	24th		
25th			26th		
27th	0.1%	161°	28th		
29th			30th		
31st			32nd	0.1%	156°

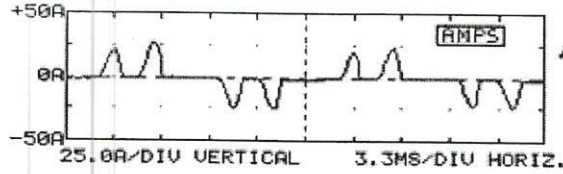
1.2 บาลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Ballast)



Fundamental amps:			15.2 A rms		
Fundamental freq:			60.0 Hz		
HARM	PCT	PHASE	HARM	PCT	PHASE
FUND	100.0%	-124°	2nd	0.2%	136°
3rd	19.9%	-144°	4th		
5th	7.4%	62°	6th		
7th	3.2%	-39°	8th		
9th	2.4%	-171°	10th		
11th	1.8%	111°	12th		
13th	0.8%	17°	14th		
15th	0.4%	-93°	16th		
17th	0.1%	-164°	18th		
19th	0.2%	-99°	20th		
21st	0.1%	160°	22nd		
23rd	0.1%	86°	24th		
25th			26th		
27th	0.1%	161°	28th		
29th			30th		
31st			32nd	0.1%	156°

2. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม

- 2.1 ตัวเรียงกระแสกำลัง (Power Rectifier)
- 2.2 เครื่องแปลงผันกำลังแบบสถิต (Static Power Converter :SPC)
- 2.3 ตัวโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล (PLC)
- 2.4 ชุดขับเคลื่อนปรับความเร็วได้ (Adjustable Speed Drive :ASD)



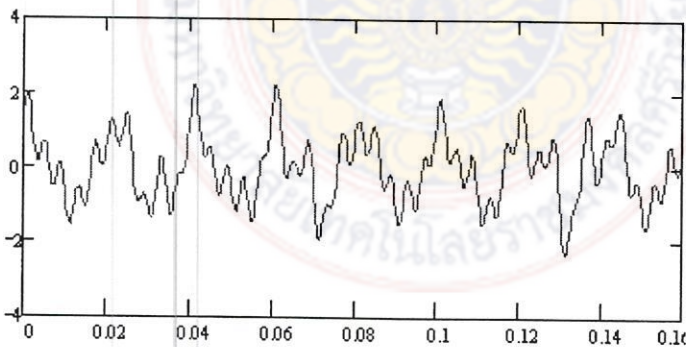
PHASE A CURRENT SPECTRUM 12:29:46 PM

Fundamental amps: 6.6 A rms
Fundamental freq: 60.0 Hz

HARM	PCT	PHASE	HARM	PCT	PHASE
FUND	100.0%	-14°	2nd	3.8%	-85°
3rd	8.5%	-114°	4th	3.5%	-103°
5th	79.5%	145°	6th	0.3%	25°
7th	66.0%	124°	8th	2.5%	55°
9th	2.7%	11°	10th	1.7%	68°
11th	36.0%	-92°	12th	1.2%	132°
13th	21.8%	-118°	14th	1.2%	156°
15th	2.4%	22°	16th	0.3%	-136°
17th	10.4%	-23°	18th	0.8%	-92°
19th	8.0%	-79°	20th	0.9%	-117°
21st	1.4%	131°	22nd	0.5%	-105°
23rd	6.7%	39°	24th		
25th	4.5%	-2°	26th	0.3%	-12°
27th	0.9%	143°	28th	0.2%	76°
29th	3.7%	83°	30th	0.3%	42°
31st	3.1%	29°	32nd	0.4%	10°
33rd	0.4%	-110°	34th	0.1%	31°

3. อุปกรณ์ที่มีการทำงานประเภทอาร์ค

- 3.1 เตาหลอมแบบอาร์ค (Arc Furnace)
- 3.2 เตาหลอมแบบเหนี่ยวนำ (Induction Furnace)
- 3.3 เครื่องเชื่อมแบบอาร์ค/แบบสปอต (Arc Welding / Spot Welding)



4. อุปกรณ์ที่มีความสัมพันธ์ไม่เป็นเชิงเส้นของแรงดัน และกระแสเนื่องจากการอิ่มตัวของแกนเหล็กทางแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) และเครื่องกลไฟฟ้า (Electrical Machine)

ผลกระทบของฮาร์มอนิกส์ที่มีผลต่ออุปกรณ์ในระบบไฟฟ้า

ปัญหาฮาร์มอนิกส์ที่ทำให้เกิดผลกระทบต่ออุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าออกเป็น 2 กรณีคือ

-ทำให้อุปกรณ์ในระบบมีการทำงานผิดพลาดด้วยผลของค่าแรงดัน และกระแสฮาร์มอนิกส์ที่มีขนาดและรูปคลื่นสัญญาณไซน์ผิดเพี้ยนไป

-ทำให้อุปกรณ์ในระบบมีอายุการใช้งานน้อยลงหรือเกิดการชำรุดเสียหาย เนื่องจากมีค่า rms ของแรงดันหรือกระแสสูงขึ้นที่เกิดจากค่าฮาร์มอนิกส์ หรือมีการขยายของแรงดัน และกระแสฮาร์มอนิกส์ที่จากฮาร์มอนิกส์รีโซแนนซ์

ปัญหาฮาร์มอนิกส์ที่ส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ในระบบไฟฟ้างี้คือ

1.ผลของฮาร์มอนิกส์รีโซแนนซ์เกิดขึ้นในกรณีที่ความถี่เรโซแนนซ์ของระบบไปตรงกับความถี่ฮาร์มอนิกส์ทำให้เกิดการขยายขนาดของแรงดันและกระแสฮาร์มอนิกส์ เป็นผลทำให้อุปกรณ์ได้รับความเสียหายเนื่องจากได้รับกระแส และแรงดันเกินพิกัด

2.ผลของกระแสฮาร์มอนิกส์ที่ไหลอยู่ในระบบจำหน่าย และสายส่ง ทำให้เกิดค่ากำลังสูญเสียในสายมากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการส่งจ่ายลดลง เนื่องจากกระแสฮาร์มอนิกส์ทำให้ค่า rms ของกระแส และความต้านทานของสายสูงขึ้น

3.ผลของกระแสฮาร์มอนิกส์ Triplen (ลำดับที่ 3,6,9) จัดอยู่ในกลุ่มที่มีลำดับเป็นศูนย์ (Zero Sequence) ในระบบ 3 เฟส 4 สาย ฮาร์มอนิกส์กลุ่มนี้จะรวมกันไหลอยู่ในสายนิวทรัลอาจทำให้สายนิวทรัลหรือหม้อแปลงเสียหายได้หากไม่มีการออกแบบรองรับไว้

4.ผลของกระแสฮาร์มอนิกส์ทำให้กำลังสูญเสียขณะมีโหลด และกำลังสูญเสียสเตรย์ฟลักซ์ (Stray Flux Loss) ของหม้อแปลงมีค่าเพิ่มขึ้น และทำให้ประสิทธิภาพการรับโหลดของหม้อแปลงลดลง และทำให้เกิดกระแสไหลวน (Eddy Current Loss) และกำลังสูญเสียฮิสเทอรีซิส (Hysteresis Loss) เพิ่มขึ้น

5.ผลของกระแสฮาร์มอนิกส์ทำให้เกิดความร้อน และความเครียดไดอิเล็กตริก (Dielectric Stress) กับตัวคาปาซิเตอร์ และอาจทำให้ฟิวส์ของตัวคาปาซิเตอร์ขาดง่ายกว่าการใช้งานปกติ ผลของแรงดันฮาร์มอนิกส์ทำให้เกิดค่ากำลังสูญเสียในตัวคาปาซิเตอร์ และผลจากภาวะเรโซแนนซ์ที่ตัวคาปาซิเตอร์ทำให้เกิดขยายกระแสและแรงดันฮาร์มอนิกส์ขนาดใหญ่ ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยในการใช้งานของคาปาซิเตอร์สามารถทนต่อค่ากระแส และแรงดันฮาร์มอนิกส์ คาปาซิเตอร์ที่ออกแบบสร้างจากผู้ผลิตได้กำหนดมาตรฐาน IEEE Std. 18-1992

6.ผลของกระแสฮาร์มอนิกส์ทำให้เกิดความร้อนในตัวฟิวส์เพิ่มขึ้น ทำให้ลักษณะเวลา-กระแส (Time-Current) ของฟิวส์เปลี่ยนไป กรณีที่มีฟอลต์ระดับต่ำเกิดขึ้นฟิวส์จะขาดก่อนในเวลาที่กำหนด หรือในกรณีที่ฟิวส์ขาดโดยไม่ทราบสาเหตุจะเป็นเหตุมาจากฮาร์มอนิกส์ในกรณีที่เกิดภาวะเรโซแนนซ์ได้เช่นกัน

7.ผลของฮาร์มอนิกส์ทำให้การทำงานของรีเลย์ผิดพลาดซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการทำงานของรีเลย์ชนิด Electromagnetic ขึ้นอยู่กับค่ากระแสและแรงดัน rms ส่วนการทำงานของรีเลย์ชนิด Digital ขึ้นอยู่กับค่าแรงดันยอดคลื่น (Crest Voltage) จากการ Sampling และตรวจค่า Zero Crossing ค่ากระแสหรือแรงดันที่ศูนย์

8.ผลของกระแสฮาร์มอนิกส์มีผลกระทบต่อความสามารถในการตัดกระแสของอุปกรณ์สวิตซ์เกียร์ หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์

9.ผลของฮาร์มอนิกส์ทำให้มิเตอร์วัดค่าไฟฟ้าทำการวัดค่าผิดพลาดได้

10.ผลของฮาร์มอนิกส์ต่อเครื่องจักรไฟฟ้า ทำให้กำลังสูญเสียเพิ่มขึ้น

11.ผลของฮาร์มอนิกส์ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนในระบบสื่อสาร

059761

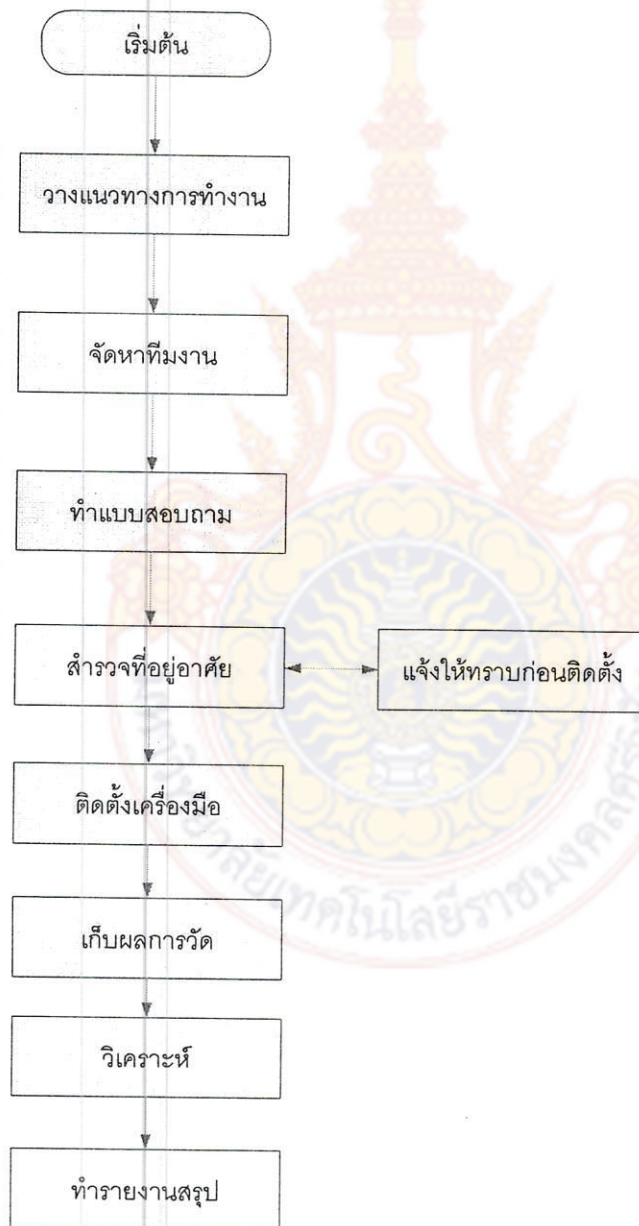


บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ศึกษาคุณลักษณะของฮาร์มอนิกส์

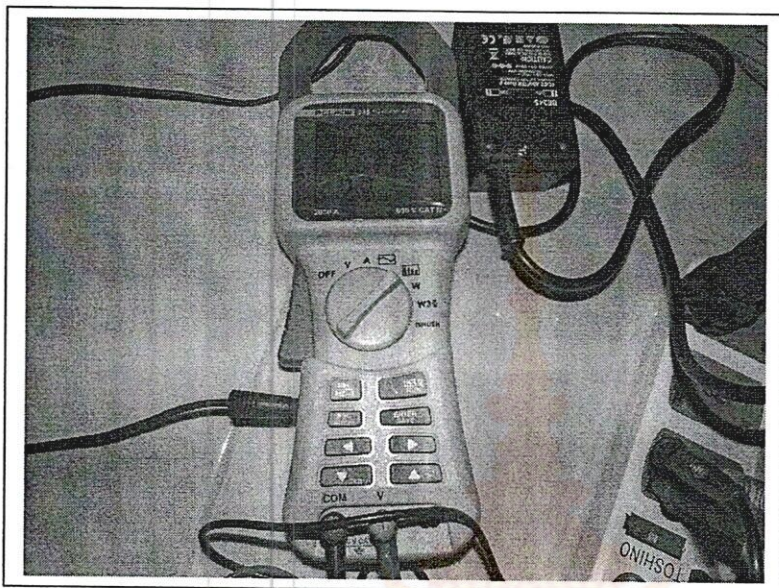
ซึ่งคุณลักษณะของฮาร์มอนิกส์เป็นการเกิดตามเหตุที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 1 ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ และระบบไฟฟ้า ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 6 แสดง Flowchart การทำงานพอสั่งเขป

3.2 ศึกษาการทำงานและการใช้เครื่องมือวัดฮาร์มอนิกส์

เป็นไปตามคู่มือการใช้งาน อุปกรณ์การวัดจะเป็นดังรูปข้างล่างนี้



รูปที่ 7 แสดงมิเตอร์สำหรับวัดค่าฮาร์มอนิกส์

3.3 ตำรวจที่พักอาศัยที่จะเข้าร่วมโครงการ

การสำรวจที่พักอาศัยที่จะเข้าร่วมโครงการวัดฮาร์มอนิกส์ที่เกิดขึ้น โดยจะต้องเป็นที่อยู่อาศัยที่ใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 3 กิโลวัตต์ เท่านั้น โดยทีมงานสำรวจจะเลือกที่จะสำรวจหลังไหนก็ได้เพียงแค่ต้องได้รับความยินยอมจากเจ้าของที่อยู่อาศัยหลังนั้นด้วย เนื่องจากทีมงานต้องติดตั้งเครื่องวัดเวลา 18.00 ถึง 21.00 น. ซึ่งอาจเป็นเวลาที่บ้านของที่พักอาศัยพักผ่อน อาจสร้างความรำคาญได้ เพราะฉะนั้นต้องให้เจ้าของที่อยู่อาศัยยินยอมทุกหลัง เมื่อทีมงานสำรวจเสร็จจะเก็บข้อมูลไว้ก่อน และแจ้งการเข้าตรวจวัดภายหลังเนื่องจากต้องรออุปกรณ์ และความพร้อมในการเข้าวัด

3.4 ออกแบบฟอร์มสำรวจ

การออกแบบฟอร์มในการสำรวจ จำเป็นต้องมีเนื่องจากข้อมูลที่เรานำบันทึกจากเครื่องมือวัดเป็นข้อมูลเฉพาะฮาร์มอนิกส์เท่านั้น จำเป็นต้องมีข้อมูลเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยด้วย เพื่อประกอบการวิเคราะห์ในภายหลัง ดังนั้นแบบฟอร์มที่ออกแบบดังตัวอย่างแนบจะมีช่องหลายช่องสำหรับกรอกข้อมูลจากการสำรวจอุปกรณ์ภายในที่อยู่อาศัย และข้อมูลจากการวัดบางส่วน ตัวอย่างแบบฟอร์มสำรวจดังจะเห็นได้ข้างล่างซึ่งจำเป็นต้องให้ทีมงานวิจัยลงสำรวจและกรอกแบบสอบถามตามความจำเป็นก่อนการเข้าตรวจวัดซึ่งข้อมูลที่ต้องการเช่น ปริมาณการใช้ไฟฟ้า อุปกรณ์ที่ใช้ภายใน

บ้าน อุปกรณ์ที่มีความถี่การใช้งานมากที่สุด และน้อยสุด อุปกรณ์ที่อาจก่อให้เกิดความถี่ที่ไม่ต้องการหรือฮาร์มอนิกส์ในระบบและข้อมูลบางส่วนที่มาจากการวัดของทิมวิจยที่ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจบันทึก

แบบสำรวจ โครงการวิจัย ปี 2551 (จบผลประโยชน์)

เรื่อง ศึกษาพฤติกรรมของฮาร์มอนิกส์ที่ไม่ต้องการในช่วงเวลาความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด

รหัส 040

บ้านเลขที่ ตำบล..... อำเภอ..... จ.สงขลา

ข้อมูลทั่วไป

- ช่วงเวลาที่ใช้ไฟฟ้ามากที่สุด
- อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานมากที่สุด
- อุปกรณ์ที่น่าจะก่อให้เกิดปัญหา.....
- ค่าการใช้พลังงานเดือนก่อนที่วัด
- ผู้ใช้เข้าใจเรื่องฮาร์มอนิกส์ เข้าใจ ไม่เข้าใจ
- ผู้ใช้เข้าใจการประหยัดพลังงาน เข้าใจ ไม่เข้าใจ
- การใช้ไฟช่วง 18.00-21.00 น. น้อย มาก
- มีอุปกรณ์ไฟฟ้าบางตัวรวมอุปกรณ์อื่น ไม่มี มี
- ปัญหาระบบไฟฟ้าภายในบ้านก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด
 มี ไม่มี

หากมีเกิดจากสาเหตุใด

ข้อมูลอุปกรณ์ในบ้าน

มี	ไม่มี	อุปกรณ์	จำนวน	วัดครวม
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ตู้เย็น	.....	.....
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	เคา์วรีด	.....	.....
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	เครื่องซักผ้า	.....	.....
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ไมโครเวฟ	.....	.....
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ทีวี	.....	.....
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	หม้อหุงข้าว	.....	.....
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	กระดิกน้ำร้อน	.....	.....
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	หม้อเคอร์ปิ้งน้ำ	.....	.....
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	เครื่องเสียง	.....	.....
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	พัดลม	.....	.....
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	เครื่องปรับอากาศ	.....	.....
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	หลอดไฟ	.....	.....
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	เครื่องทำน้ำอุ่น	.....	.....
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	อื่นๆ	.....	.....
รวมค่าวัด			.....	วัด

ข้อมูลการวัดทางเทคนิค

- วัดกระแส (อ่านค่า ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง)
- กระแสขณะวัดฮาร์มอนิกส์ แอมป์
 - ความถี่ Hz
 - เปอร์เซนต์ความผิดเพี้ยนของสัญญาณ (THD)%
- วัดแรงดัน (อ่านค่า ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง)
- แรงดันขณะวัดฮาร์มอนิกส์ โวลท์
 - ความถี่ Hz
 - เปอร์เซนต์ความผิดเพี้ยนของสัญญาณ (THD)%

ลำดับของฮาร์มอนิกส์ที่ตนเองเป็นอันตรายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า

- ลำดับที่
- ลำดับที่
- ลำดับที่
- ลำดับที่
- ลำดับที่

พฤติกรรมของฮาร์มอนิกส์ในช่วง 18.00-21.00 น.

-
-
-

หมายเหตุ การวัดทุกครั้งให้แนบข้อมูลการวัดจากเครื่องแบบ
ทุกครั้ง

.....อ.ทิทัศน์ บุญนุ่น หัวหน้าโครงการ

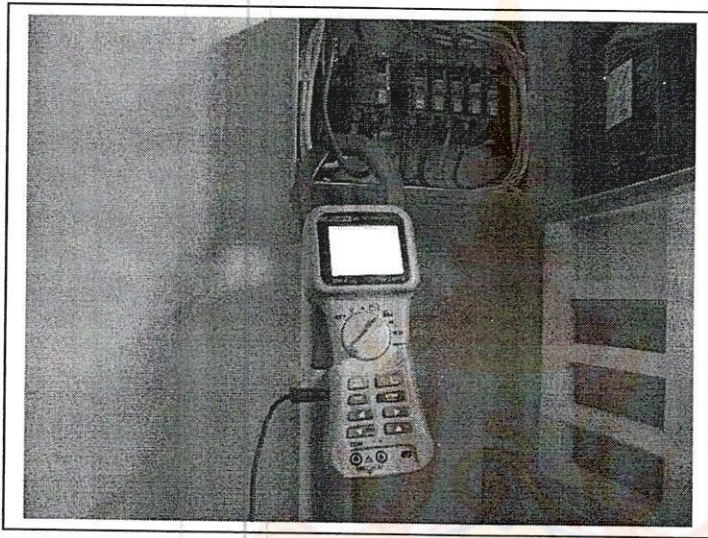
ทุนสนับสนุน

จาก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย สงขลา งบประมาณประโยชน์ 51

3.5 การติดตั้งอุปกรณ์วัดฮาร์มอนิกส์

การติดตั้งอุปกรณ์มี 2 แบบที่ต้องวัดคือ ติดตั้งเพื่อวัดฮาร์มอนิกส์ที่เป็นแรงดัน หรือกระแสซึ่งการติดตั้งต้องระมัดระวังเรื่องการติดตั้งเพื่อวัดแรงดันฮาร์มอนิกส์เนื่องจากต้องตรงสายเมนของที่พักอาศัย การติดตั้งจะเป็นดังภาพที่แสดงคือ

3.5.1 การติดตั้งเพื่อวัดกระแสฮาร์มอนิกส์



รูปที่ 8 การต่อวัดกระแสฮาร์มอนิกส์

สำหรับการติดตั้งการวัดบันทึกค่าฮาร์มอนิกส์ในแต่ละช่วงเวลานั้นทำได้โดยง่ายคือนำเครื่องมือสำหรับบันทึกที่มีเป็นลักษณะแคล้มมิเตอร์มาคล้องตรงสายทางเข้าของสายป้อนภายในบ้านเส้นเดียว จากนั้นทำการสำรองพลังงานให้เครื่องวัดสามารถวัดได้นานสุดสามชั่วโมงเพื่อบันทึกค่า และไม่จำเป็นต้องนำสายต่อตรงกับที่พักอาศัยเนื่องจากอาจสิ้นเปลืองพลังงานจากนั้นทำการเซตค่าต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการบันทึก ให้เรียบร้อยก่อนการบันทึก

3.5.2 การติดตั้งเพื่อวัดแรงดันฮาร์โมนิกส์



รูปที่ 9 แสดงการต่อวัดแรงดันฮาร์โมนิกส์

สำหรับการติดตั้งอุปกรณ์หรือเครื่องมือสำหรับบันทึกค่าแรงดันฮาร์โมนิกส์นั้นก็ทำได้ไม่ยากเช่นกัน โดยสายอินพุตของมิเตอร์สองสายสำหรับวัดค่าหนึ่งเฟสจําเข้ากับสายไฟ และสายนิวทรัล เพื่อวัด และทำการเซตค่าเช่นเดียวกันกับการติดตั้งเพื่อวัดกระแสฮาร์โมนิกส์

3.6 วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

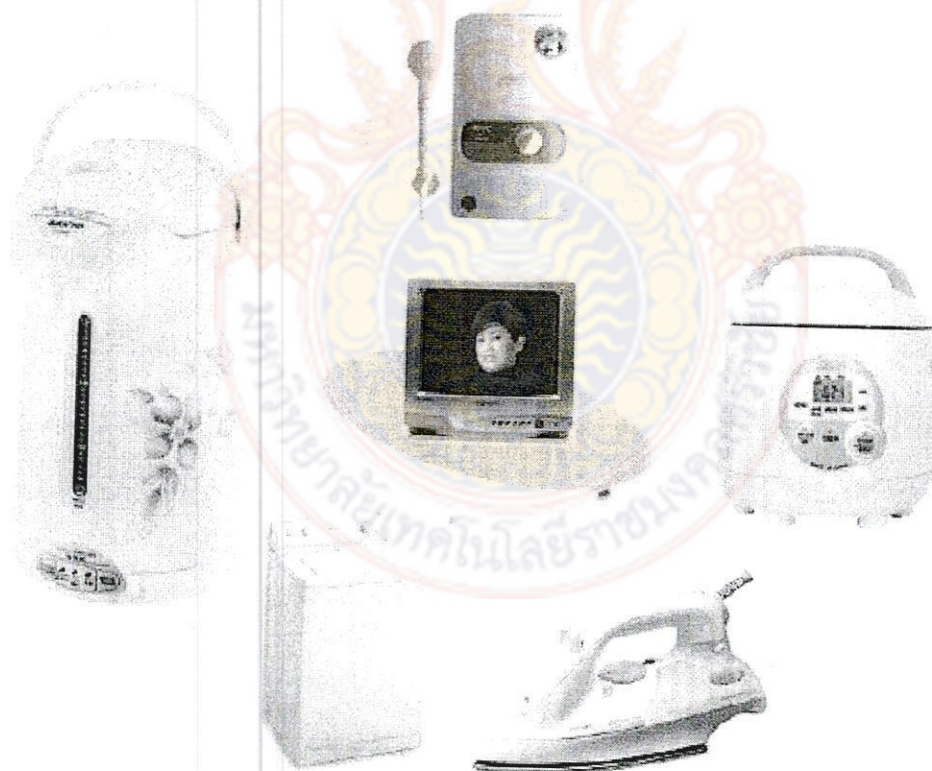
ข้อมูลที่ไหลมาจากการวัดที่สามารถเก็บข้อมูลได้ตลอดสามชั่วโมงสามารถทำการบันทึกภาพได้ตลอดการวัดซึ่งแสดงดังเอกสารแนบที่เป็นข้อมูลจากการวัดซึ่งจะทำการวิเคราะห์เบื้องต้นให้เห็นในการวัดแต่ละที่อยู่อาศัยดังจะได้อีกต่อไป



บทที่ 4

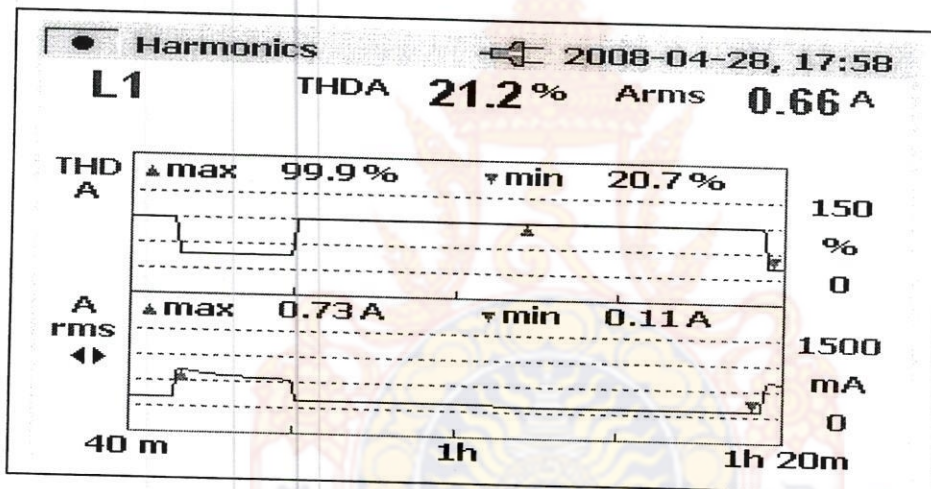
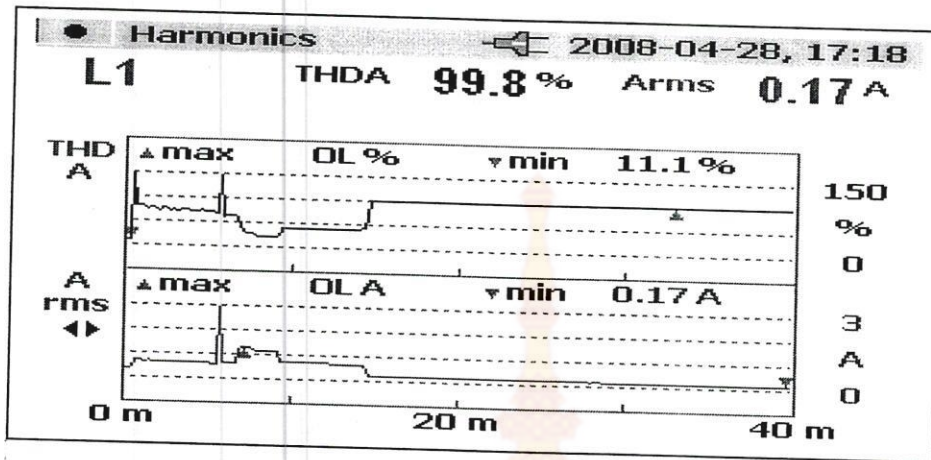
ผลการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์เบื้องต้น

จากการทำการเข้าตรวจวัดทั้งหมดตามที่วางกำหนดการเข้าตรวจวัดนั้น เมื่อนำข้อมูลที่ได้ออกจากเครื่องมือวัดหรือ ชุดตรวจวัดค่าพลังงานที่สามารถบันทึกค่าการเกิดแรงดันฮาร์มอนิกส์หรือกระแสฮาร์มอนิกส์ในระบบเมื่อมีการใช้พลังงานหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน ซึ่งค่าที่บันทึกได้นั้นจะมีค่าเป็นเปอร์เซ็นต์การเกิดฮาร์มอนิกส์รวมของระบบซึ่งดูตัวอย่างได้จากรูปที่ 4.1 ข้างล่างนี้ ซึ่งเป็นการนำอุปกรณ์สำหรับการวัดเข้าตรวจที่อยู่อาศัยขนาดการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านต้องไม่เกิน 3 กิโลวัตต์ และต้องมีอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบที่ใช้งานกันปกติทั่วไป เช่น หม้อหุงข้าว เตาไรด์ผ้า เครื่องซักผ้า โทรทัศน์ ตู้เย็น พัดลม ไมโครเวฟ หลอดไฟฟ้าขนาดต่างๆ เครื่องทำน้ำอุ่น คอมพิวเตอร์ ปัมมน้ำขนาดเล็ก เครื่องดูดฝุ่น หรือเครื่องเสียงต่างๆ เป็นต้น



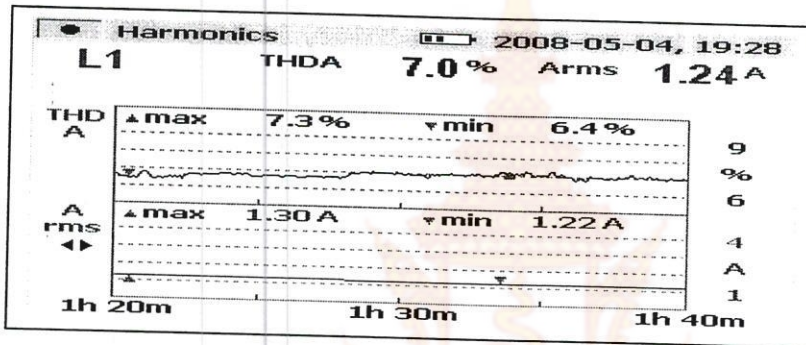
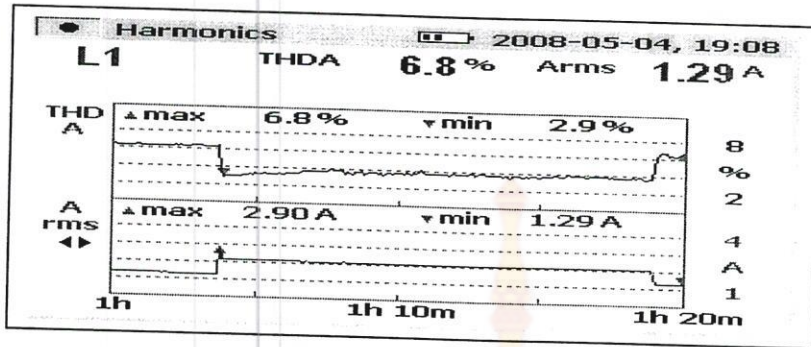
รูปที่ 10 อุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเรือนทั่วไป

เมื่อทำการติดตั้งตามมาตรฐานการวัดฮาร์มอนิกส์ตามบทที่ 3 ที่ผ่านมานั้น จะได้ข้อมูลซึ่งจะแสดงเป็นผลของการศึกษามาพอสังเขปจากตัวอย่างของการวัดดังต่อไปนี้



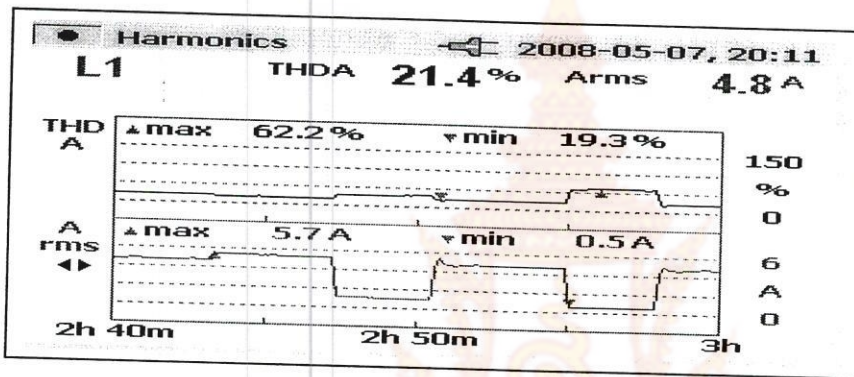
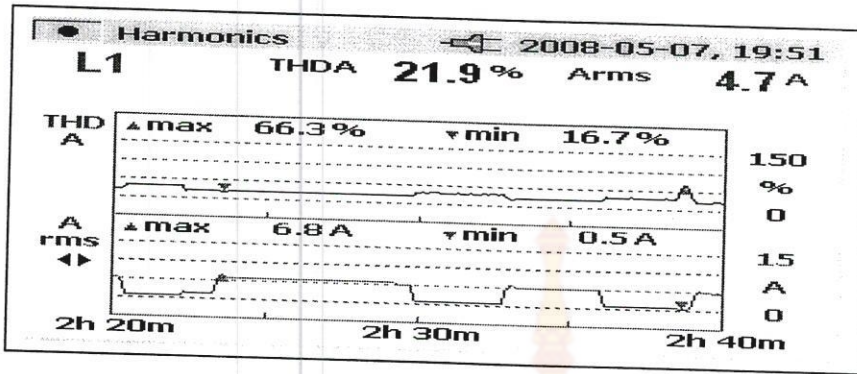
รูปที่ 11 การศึกษาผลการวัดจากตัวอย่างที่อยู่อาศัยครั้งที่ 2

ผลที่ได้คือจากรูปที่ 11 จะเห็นได้ว่าเป็นการนำเครื่องวัดไปติดตั้งและบันทึกค่ากระแสฮาร์มอนิกส์ที่เกิดขึ้นภายในที่อยู่อาศัยขนาดไม่เกิน 3 kW ซึ่งทำการวัดช่วงเวลาตั้งแต่ 18.00 น. ไปจนถึง 21.00 น. โดยให้ทำการบันทึก ทุก 2 นาที ผลโดยมีการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าตามปกติ ผลปรากฏจากการบันทึกจะได้ตามรูปที่ 11 ซึ่ง 0-40 นาทีแรกมีกระแส Arms ประมาณ 0.17 A เป็นค่าเฉลี่ยต่ำสุดของช่วงนี้และมีค่าสูงสุดที่ประมาณ 3 A ค่า THDA ประมาณ 99.8% เป็นบางช่วงที่มีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทเตาไมโครเวฟ และเครื่องซักผ้า สังเกตจากช่วงเวลาประมาณนาทีที่ 6-8 นั้นเองโดยวันที่ในการติดตั้งเครื่องมือวัดคือวันที่ 28-04-2008 สำหรับช่วงเวลาถัดมาตั้งแต่นาทีที่ 40 ไปจนถึง 1 ชั่วโมง 20 นาที นั้นจะเห็นได้ว่ากระแส Arms ก็จะมีเพิ่มขึ้นเป็น 0.66 A โดยค่า THDA ประมาณ 21.21% ซึ่งเริ่มมีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิมซึ่งถ้ามองไปจนถึง 21.00 น. ตามเอกสารภาคผนวกก็จะเห็นถึงพฤติกรรมของการใช้ไฟฟ้าของที่อยู่อาศัยหลังนี้มากขึ้น



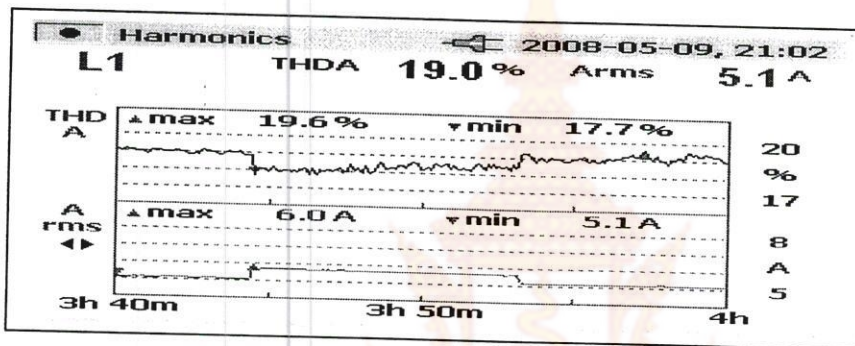
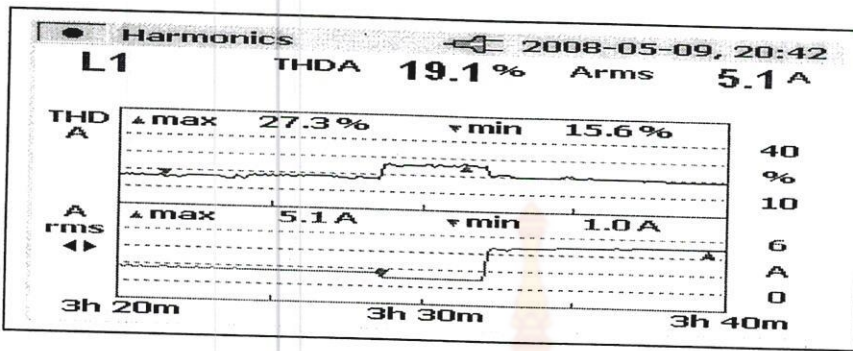
รูปที่ 12 การศึกษาผลการวัดจากตัวอย่างที่อยู่อาศัยครั้งที่ 4

ผลที่ได้คือจากรูปที่ 12 จะเห็นได้ว่าเป็นการนำเครื่องวัดไปติดตั้งและบันทึกค่ากระแสฮาร์มอนิกส์ที่เกิดขึ้นภายในที่อยู่อาศัยขนาดไม่เกิน 3 kW ซึ่งทำการวัดช่วงเวลาตั้งแต่ 18.00 น. ไปจนถึง 21.00 น. โดยให้ทำการบันทึก ทุก 2 นาที ผลโดยมีการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าตามปกติ ผลปรากฏจากการบันทึกจะได้ตามรูปที่ 12 ซึ่ง 1 ชั่วโมง 20 นาทีแรก มีกระแส Arms ประมาณ 1.29 A เป็นค่าเฉลี่ยต่ำสุดของช่วงนี้ และมีค่าสูงสุดที่ประมาณ 2.90 A ค่า THDA ต่ำสุดที่ 2.9% และสูงสุดที่ 6.8% เป็นช่วงที่มีการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าเริ่มมากขึ้นตามปกติ เช่น หลอดไฟนีออน โทรทัศน์ พัดลม เป็นต้น โดยวันที่ในการติดตั้งเครื่องมือวัดคือวันที่ 04-05-2008 สำหรับช่วงเวลาถัดมาตั้งแต่ที่ 1 ชั่วโมง 20 นาที ไปจนถึง 1 ชั่วโมง 40 นาที นั้นจะเห็นได้ว่ากระแส Arms ต่ำสุดก็จะเป็น 1.22 A สูงสุดจะเป็น 1.30 A โดยค่า THDA ต่ำสุดประมาณ 6.4% สูงสุดประมาณ 7.3% ซึ่งเริ่มมีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิมซึ่งถ้ามองไปจนถึง 21.00 น. และกระแสฮาร์มอนิกส์จะมีค่าสูงช่วงเวลาประมาณ 20.00 น. อาจเป็นช่วงที่มีการใช้พลังงานสูงสุดของที่อยู่อาศัยหลังนี้ก็เป็นได้ ตามเอกสารภาคผนวกก็จะเห็นถึงพฤติกรรมของการใช้ไฟฟ้าของที่อยู่อาศัยหลังนี้มากขึ้น



รูปที่ 13 การศึกษาผลการวัดจากตัวอย่างที่อยู่อาศัยครั้งที่ 6

ผลที่ได้คือจากรูปที่ 13 จะเห็นได้ว่าเป็นการนำเครื่องวัดไปติดตั้งและบันทึกค่ากระแสฮาร์มอนิกส์ที่เกิดขึ้นภายในที่อยู่อาศัยขนาดไม่เกิน 3 kW ซึ่งทำการวัดช่วงเวลาตั้งแต่ 18.00 น. ไปจนถึง 21.00 น. โดยให้ทำการบันทึก ทุก 2 นาที ผลโดยมีการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าตามปกติ ผลปรากฏจากการบันทึกจะได้ตามรูปที่ 13 ซึ่ง 2 ชั่วโมง 20 นาทีแรก มีกระแส Arms ประมาณ 0.5 A เป็นค่าเฉลี่ยต่ำสุดของช่วงนี้และมีค่าสูงสุดที่ประมาณ 6.8 A ค่า THDA ต่ำสุดที่ 19.3% และสูงสุดที่ 66.3% เป็นช่วงที่มีการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าเริ่มมากขึ้นตามปกติ เช่น หลอดไฟนีออน โทรทัศน์ พัดลม และอุปกรณ์บางตัวก่อให้เกิดความถี่ที่เป็นฮาร์มอนิกส์ เช่น ไมโครเวฟ เป็นต้น โดยวันที่ในการติดตั้งเครื่องมีวัดคือวันที่ 07-05-2008 สำหรับช่วงเวลาถัดมาตั้งแต่ที่ 2 ชั่วโมง 40 นาที ไปจนถึง 3 ชั่วโมง นั้นจะเห็นได้ว่ากระแส Arms ต่ำสุดก็จะเป็น 0.5 A สูงสุดจะเป็น 5.7 A โดยค่า THDA ต่ำสุดประมาณ 19.3 % สูงสุดประมาณ 62.2% ซึ่งมีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิมซึ่งถ้ามองไปจนถึง 21.00 น. และกระแสฮาร์มอนิกส์จะมีค่าสูงช่วงเวลาประมาณ 20.00 น. อาจเป็นช่วงที่มีการใช้พลังงานสูงสุดของที่อยู่อาศัยหลังนี้ก็เป็นได้ ตามเอกสารภาคผนวกก็จะเห็นถึงพฤติกรรมของการใช้ไฟฟ้าของที่อยู่อาศัยหลังนี้มากขึ้น



รูปที่ 14 การศึกษาผลการวัดจากตัวอย่างที่อยู่อาศัยครั้งที่ 8

ผลที่ได้คือจากรูปที่ 14 จะเห็นได้ว่าเป็นการนำเครื่องวัดไปติดตั้งและบันทึกค่ากระแสฮาร์มอนิกส์ที่เกิดขึ้นภายในที่อยู่อาศัยขนาดไม่เกิน 3 kW ซึ่งทำการวัดช่วงเวลาตั้งแต่ 18.00 น. ไปจนถึง 21.00 น. โดยให้ทำการบันทึก ทุก 2 นาที ผลโดยมีการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าตามปกติ ผลปรากฏจากการบันทึกจะได้ตามรูปที่ 14 ซึ่ง 3 ชั่วโมง 20 นาทีแรกของการวัด มีกระแส Arms ประมาณ 1.0 A เป็นค่าเฉลี่ยต่ำสุดของช่วงนี้และมีค่าสูงสุดที่ประมาณ 5.1 A ค่า THDA ต่ำสุดที่ 15.6% และสูงสุดที่ 27.3% เป็นช่วงที่มีการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าเริ่มน้อยลงตามปกติ เช่น หลอดไฟนีออน และอุปกรณ์บางตัวก่อให้เกิดความถี่ที่เป็นฮาร์มอนิกส์ เช่น ไมโครเวฟ เป็นต้น โดยวันที่ในการติดตั้งเครื่องมือวัดคือวันที่ 09-05-2008 สำหรับช่วงเวลาถัดมาตั้งแต่ที่ 3 ชั่วโมง 40 นาที ไปจนถึง 4 ชั่วโมง นั้นจะเห็นได้ว่ากระแส Arms ต่ำสุดก็จะ เป็น 5.1 A สูงสุดจะเป็น 6.0 A โดยค่า THDA ต่ำสุดประมาณ 17.7 % สูงสุดประมาณ 19.6 % ซึ่งมีการใช้ อุปกรณ์ไฟฟ้าเพิ่มมาบางอย่างที่ไม่ก่อให้เกิดฮาร์มอนิกส์มากนักซึ่งถ้ามองไปจนถึง 21.00 น. และกระแสฮาร์มอนิกส์จะมีค่าสูงช่วงเวลาประมาณ 18.00 น. กว่าๆ และลดลง โดยเพิ่มอีกครั้งในช่วง 20.00 น. อาจเป็นช่วงที่มีการใช้พลังงานสูงสุดอีกครั้งของที่อยู่อาศัยหลังนี้ก็เป็นได้ ตามเอกสารภาคผนวกก็จะเห็นถึงพฤติกรรมของการใช้ไฟฟ้าของที่อยู่อาศัยหลังนี้มากขึ้น

สรุป

จากการเข้าตรวจวัดโดยได้ข้อมูลมาจำนวน 20 หลังคาเรือนของที่อยู่อาศัยขนาดไม่เกิน 3 kW นั้นพอจะสรุปการใช้พลังงานได้ว่าจากข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์จะเห็นถึงพฤติกรรมของการใช้ไฟฟ้าในแต่ละที่อยู่อาศัย ซึ่งแต่ละที่อยู่อาศัยก็จะมีลักษณะของอุปกรณ์ที่อาจแตกต่างกันตามความจำเป็นของการใช้งาน และช่วงเวลาของการใช้แต่ละอุปกรณ์ก็อาจแตกต่างกัน แต่จากการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่ามีอยู่บางช่วงเท่านั้นที่มีการใช้พลังงานเฉลี่ยสูงสุด คือช่วงประมาณ 20.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่ทำให้กระแสนาร์มอติกส์มีค่าค่อนข้างสูง และการใช้พลังงานก็มีค่าเฉลี่ยที่ค่อนข้างสูงเช่นกันเกือบทุกที่อยู่อาศัย ส่วนเวลาการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาอื่น นั้นก็มีมากเช่นเดียวกัน เพียงแต่ไม่เท่ากับช่วงเวลาที่กล่าวถึง การเกิดฮาร์มอติกส์ก็พอมีบางเป็นบางช่วงเวลา นั้นก็อาจพอสรุปเป็นเบื้องต้นได้สำหรับการวิจัยทางด้านพลังงานไฟฟ้า ซึ่งในโอกาสต่อไปอาจได้วิเคราะห์ให้ลึกมากกว่านี้



บทที่ 5

สรุปผลและวิจารณ์

จะเห็นได้ว่าจะเริ่มจากการศึกษาข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับฮาร์โมนิกส์ และแหล่งกำเนิด การป้องกันต่างๆ จากนั้นทำการศึกษาวัดและ เอาข้อมูลฮาร์โมนิกส์ออกมาจากระบบเพื่อดูค่าได้อย่างไร

จากนั้นจะทำการสำรวจที่อยู่อาศัยซึ่งจะได้ที่อยู่อาศัยประมาณ 20 หลังคาเรือน ณ ขณะนี้ และจะหาเพื่อ และทำการแจ้งเพื่อเข้าวัดข้อมูล แล้ว ซึ่งต้องใช้เวลาในการตรวจวัดประมาณ 1 เดือน หรือมากกว่านี้ โดยในการตรวจวัดจะนำแบบฟอร์มสำรวจไปด้วยเพื่อเก็บข้อมูลอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยด้วย

และได้ทำการทดสอบติดตั้งอุปกรณ์การวัด เพื่อดูประสิทธิภาพของเครื่องมือ ซึ่งจะได้ว่าค่าที่บันทึกอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะนำมาทำการทดสอบการวัดก่อนวัดจริงประมาณสองสามครั้งเพื่อความแน่นอนของข้อมูลต่อไป

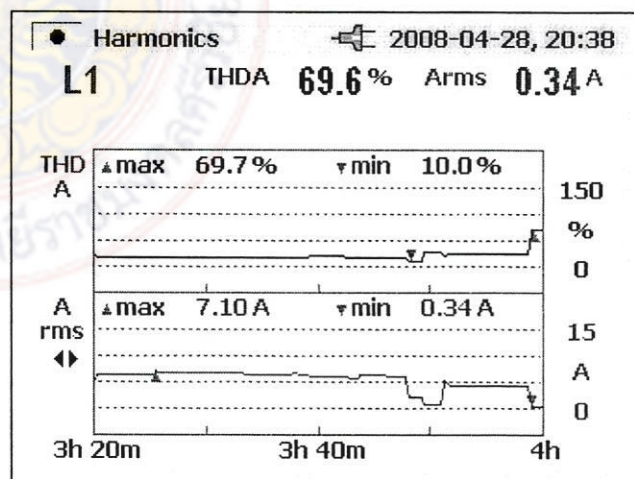
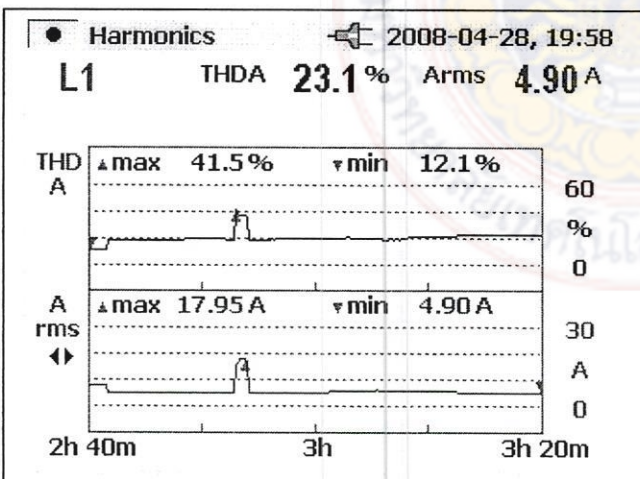
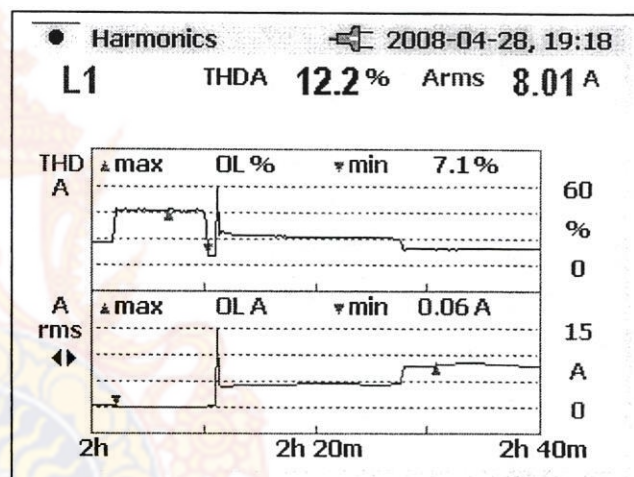
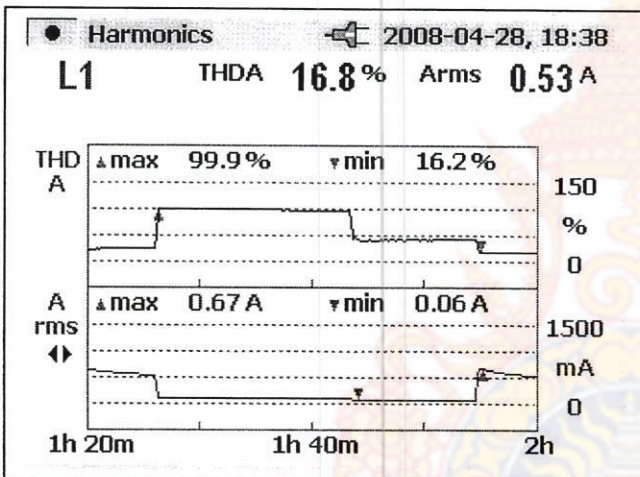
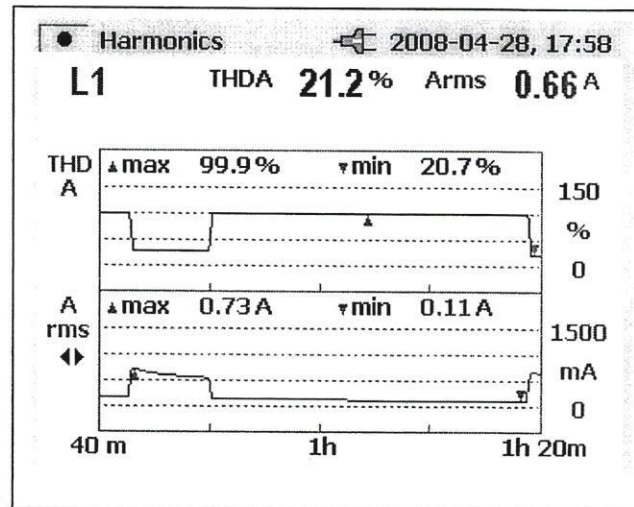
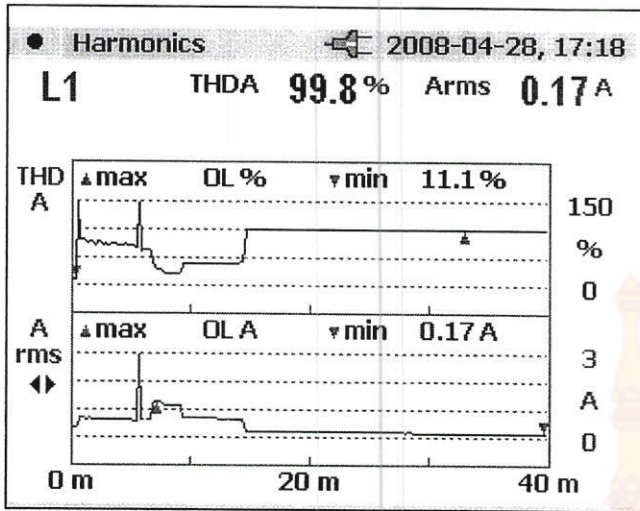
ปัญหา

1. การยอมให้ทีมงานเข้าตรวจวัดก่อให้เกิดปัญหาบ้างเล็กน้อย
2. การเดินทางไม่สามารถเบิกค่าน้ำมันพาหนะได้
3. ติดตั้งช่วงค้ำอาจลำบากเนื่องจากการวัดแรงดันต้องต่อสายวัดเข้าระบบไฟ
4. อุปกรณ์และเครื่องมือวัดมีจำกัดและไม่มีอุปกรณ์วัดเทียบ

ภาคผนวก ก

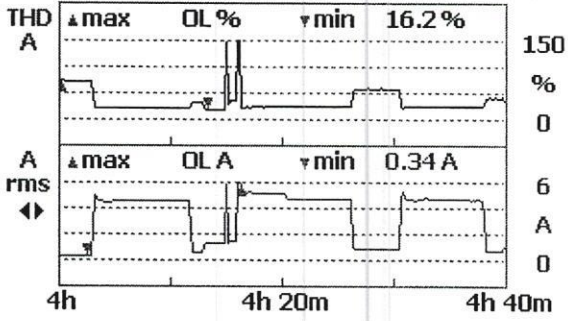


ครั้งที่ 2

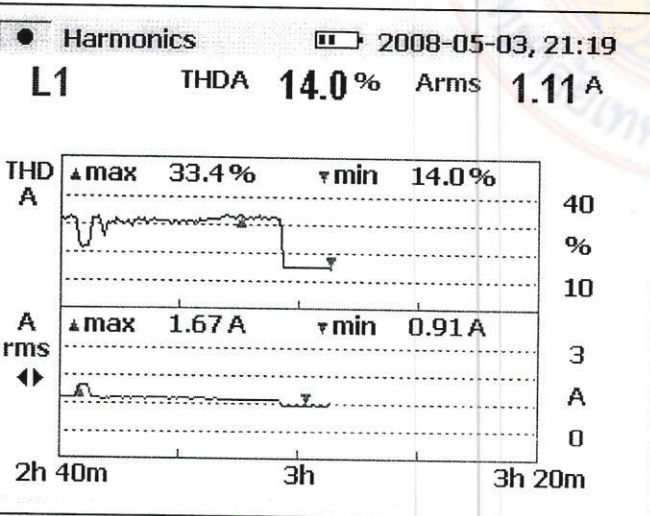
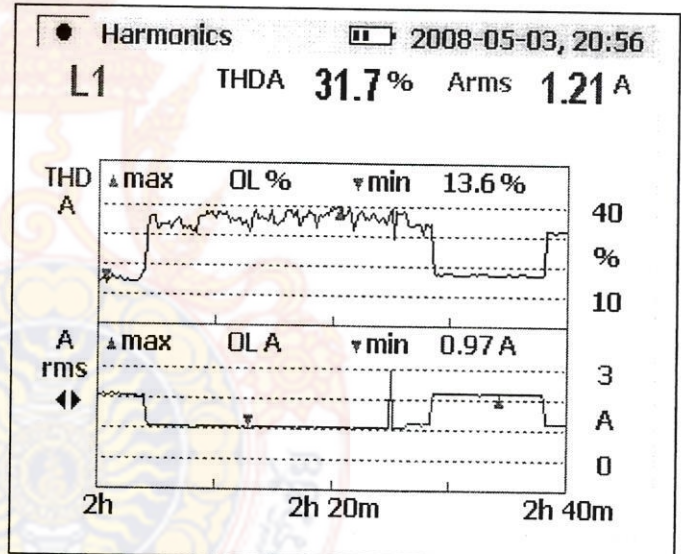
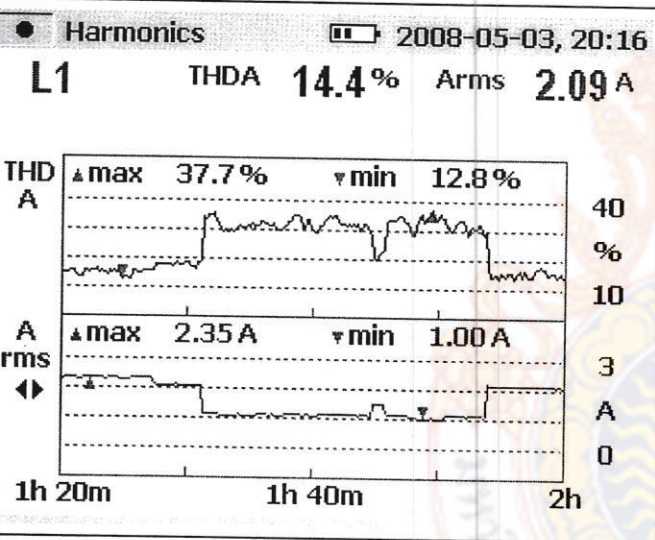
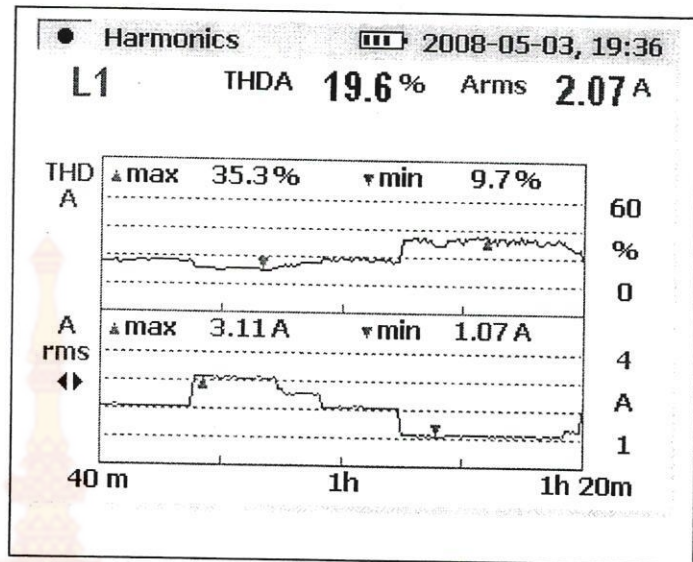
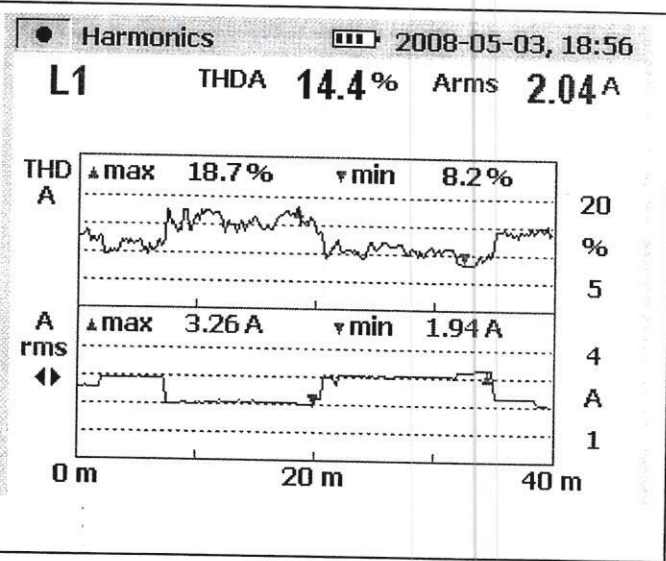


● Harmonics 2008-04-28, 21:18

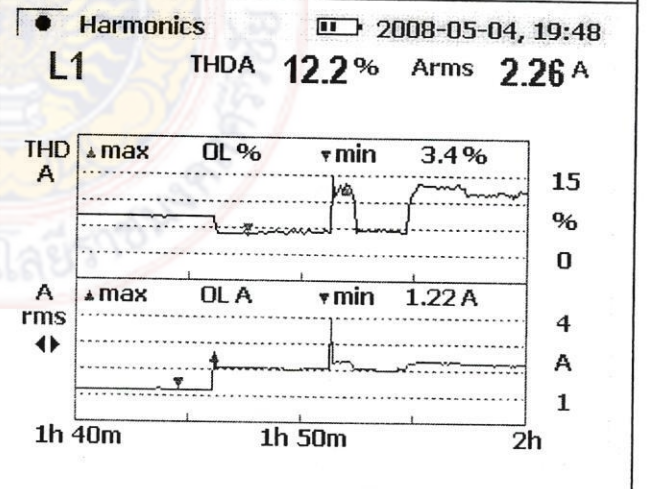
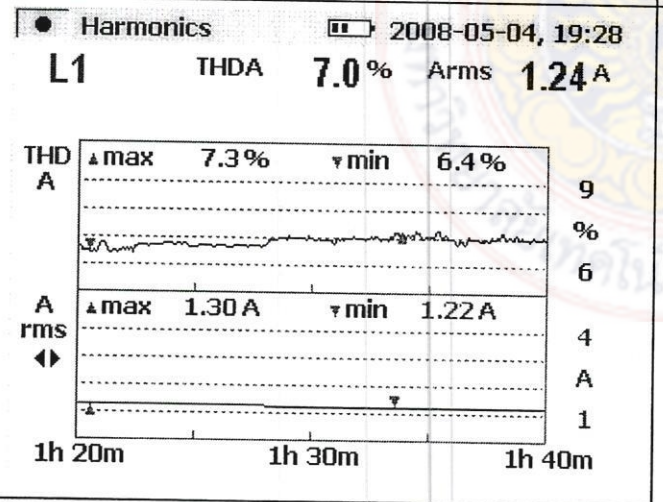
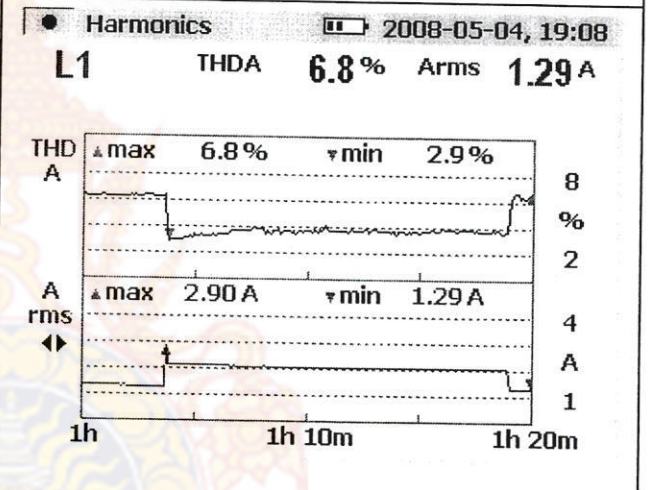
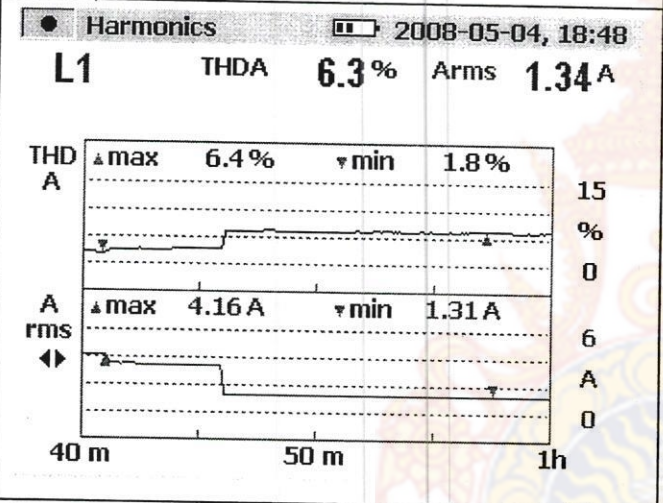
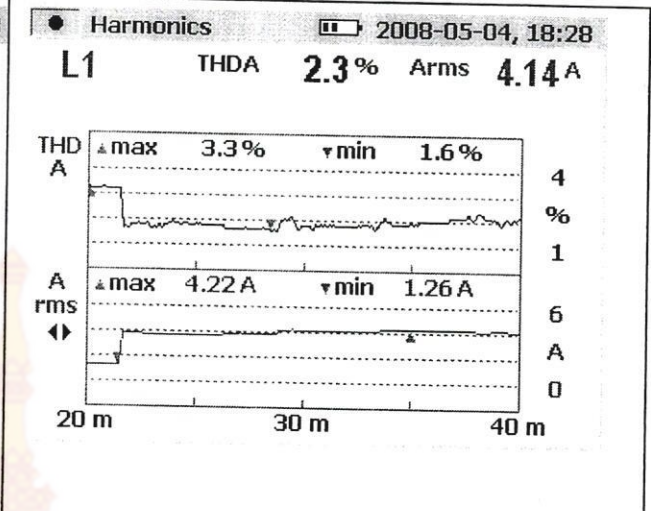
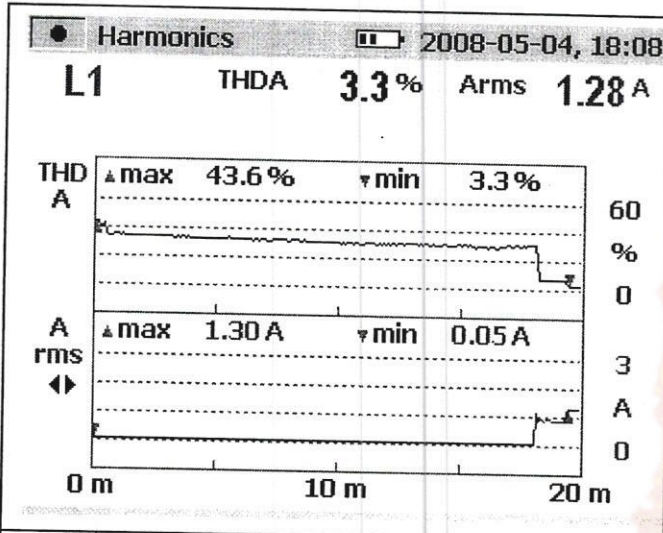
L1 THDA 35.2% Arms 1.24 A

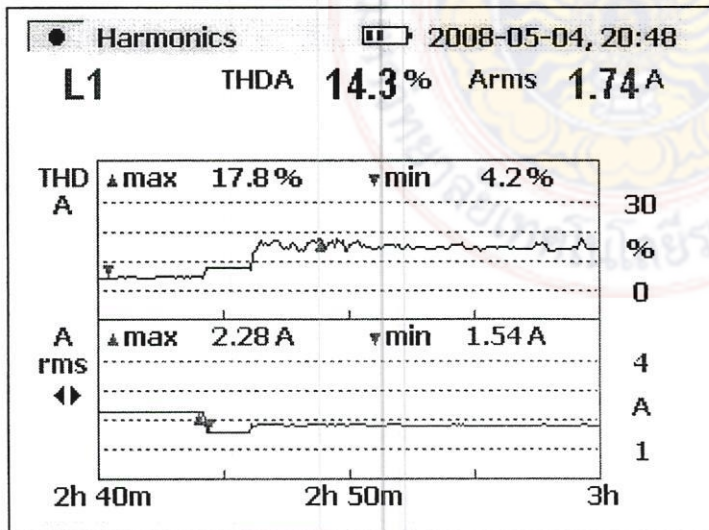
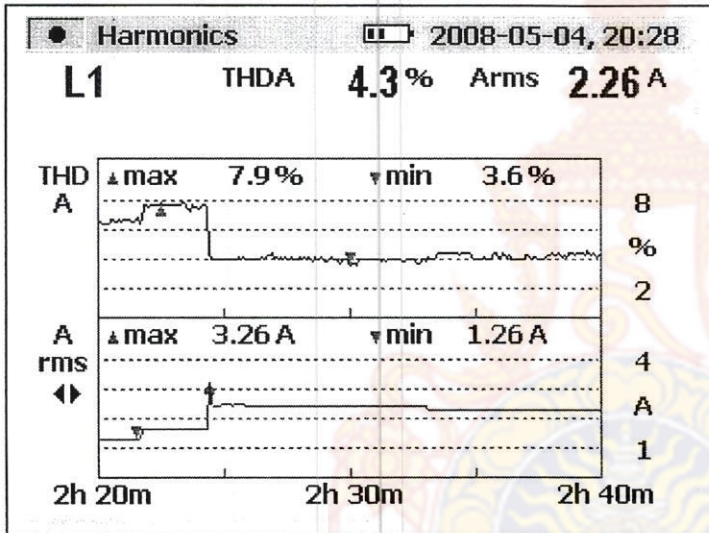
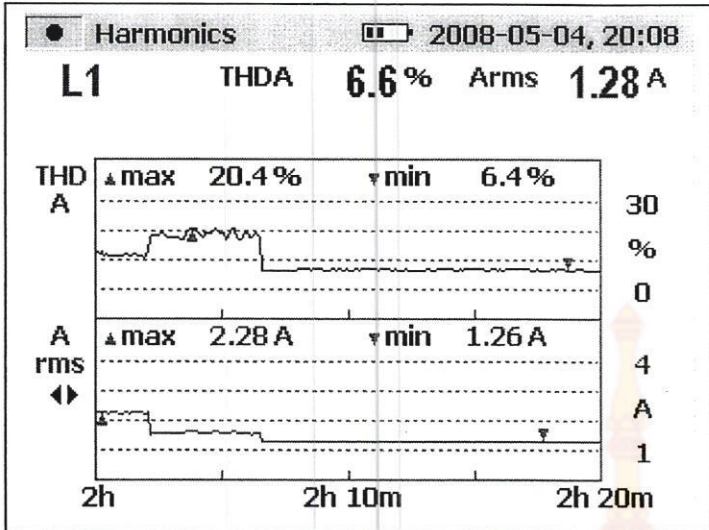


ครั้งที่ 3

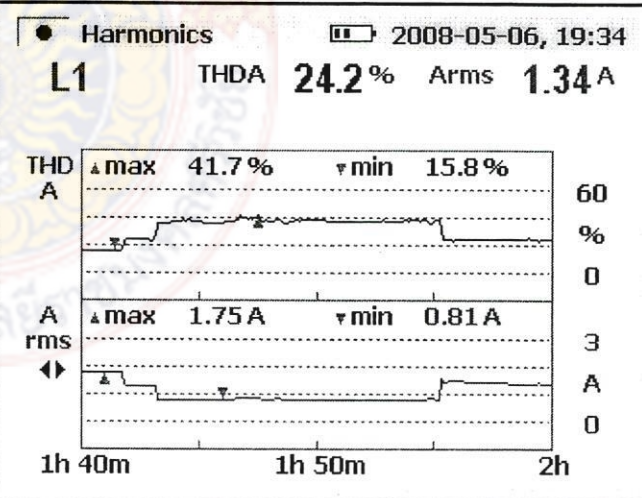
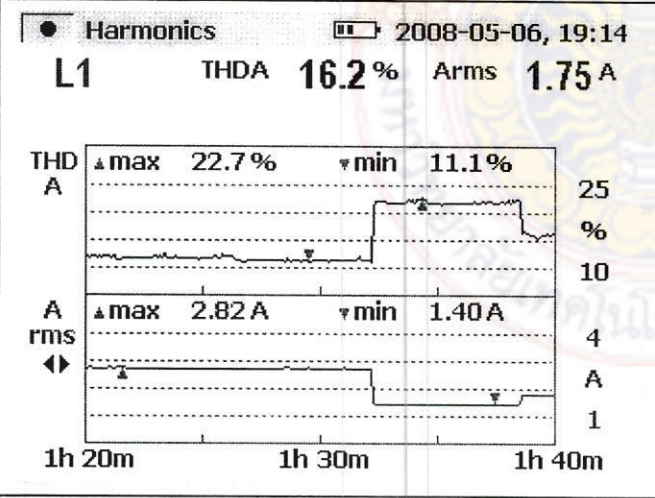
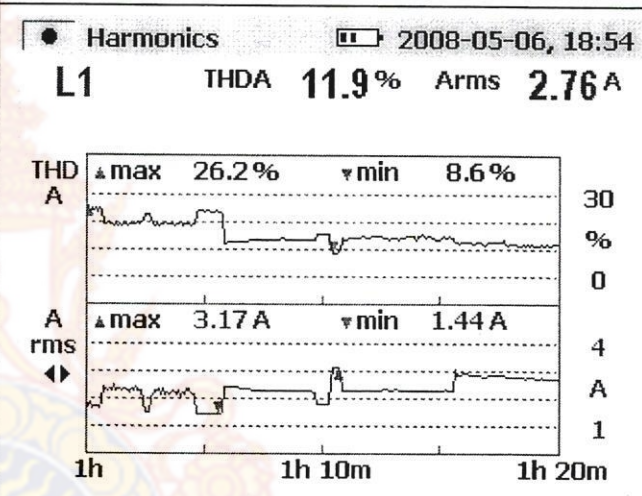
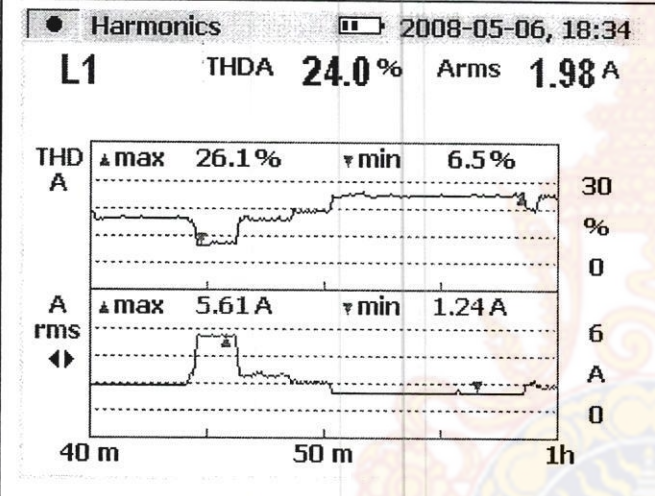
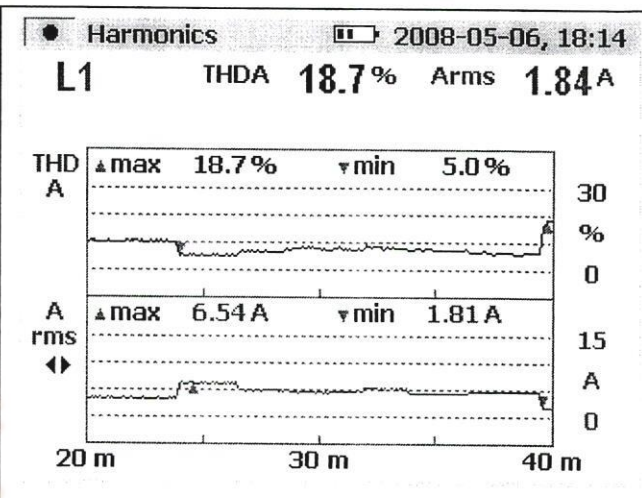
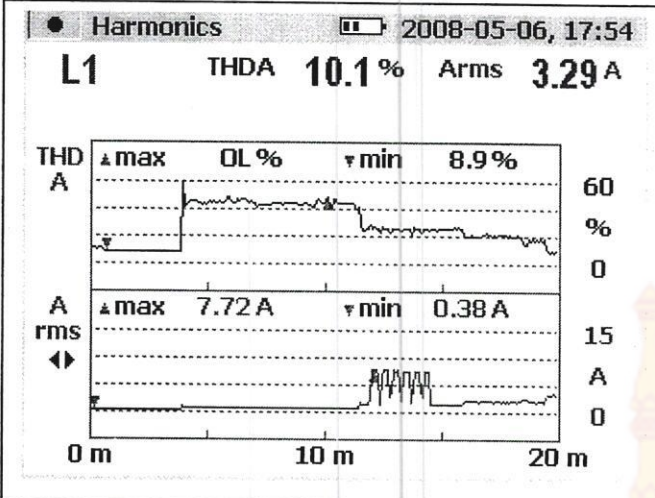


ครั้งที่ 4



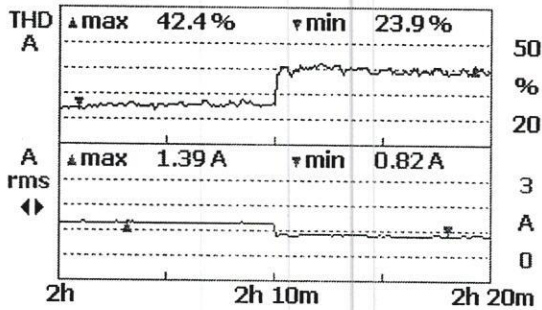


ครั้งที่ 5



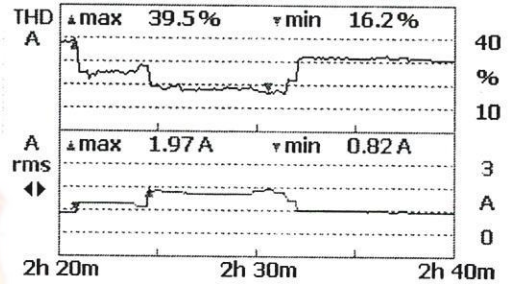
● Harmonics 2008-05-06, 19:54

L1 THDA 39.9% Arms 0.85 A



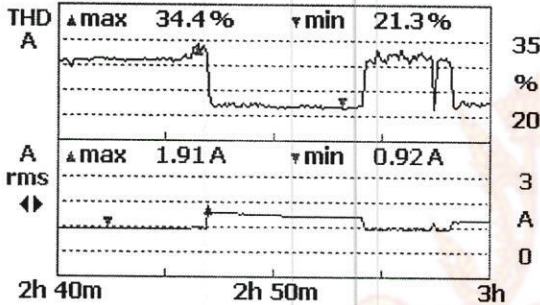
● Harmonics 2008-05-06, 20:14

L1 THDA 30.9% Arms 0.93 A



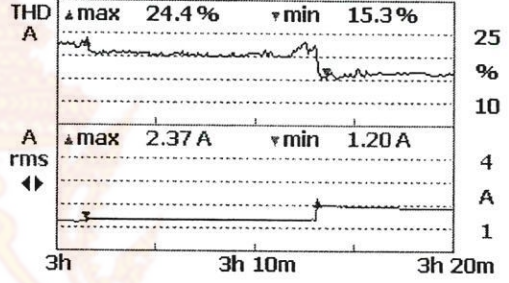
● Harmonics 2008-05-06, 20:34

L1 THDA 22.7% Arms 1.25 A



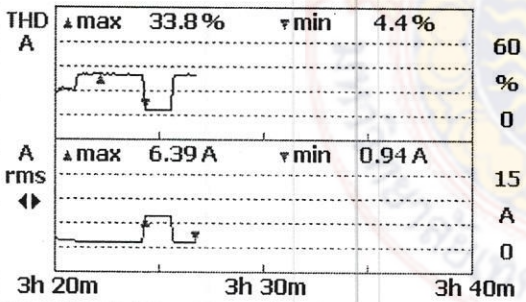
● Harmonics 2008-05-06, 20:54

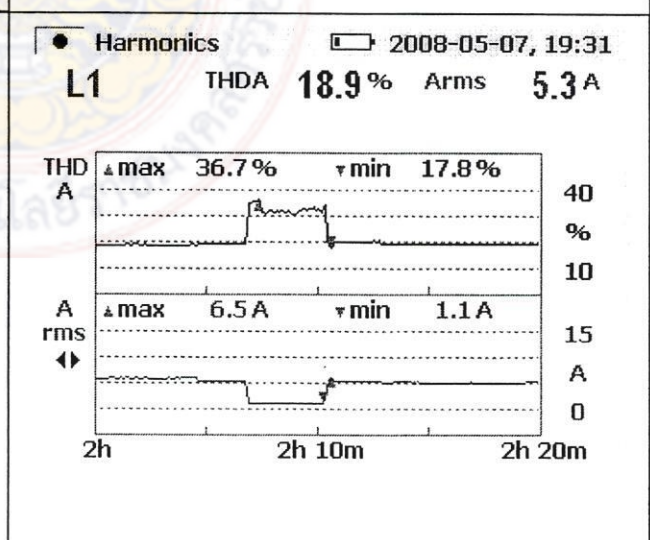
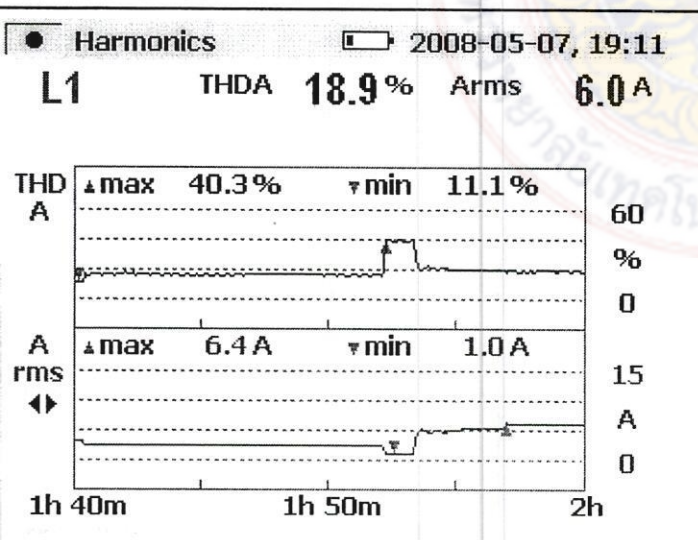
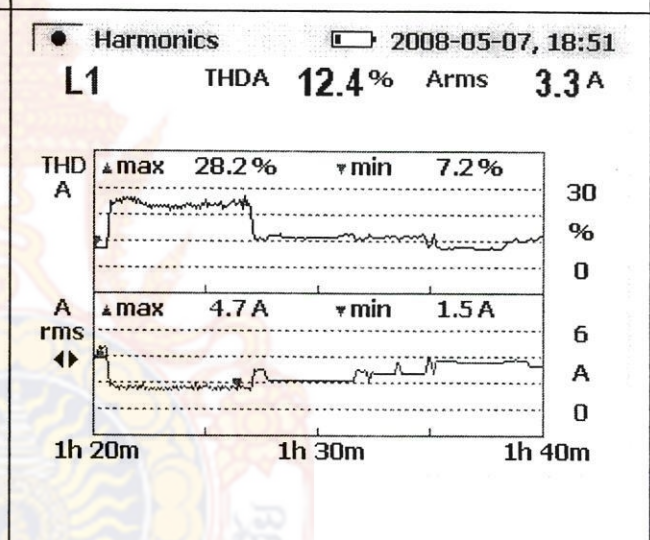
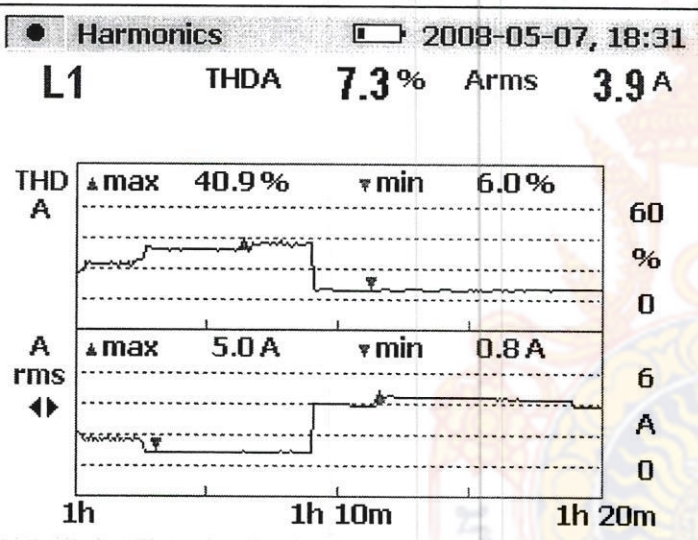
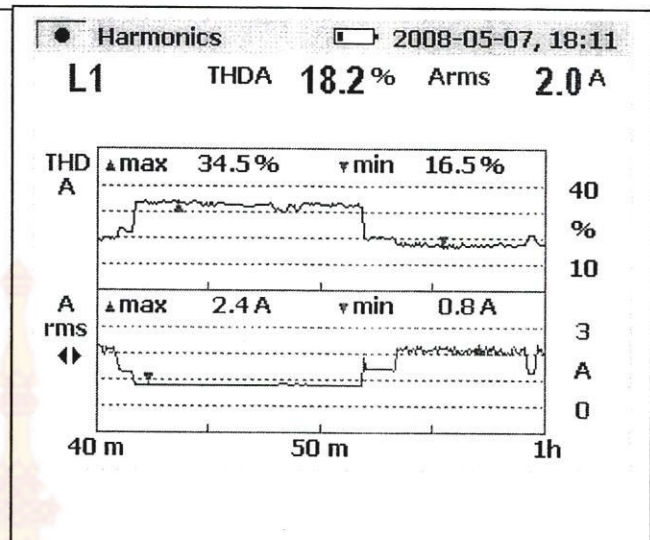
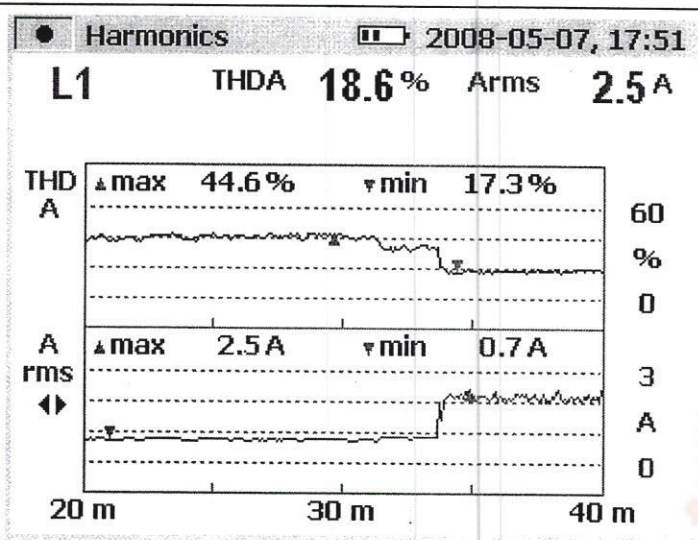
L1 THDA 16.5% Arms 1.85 A

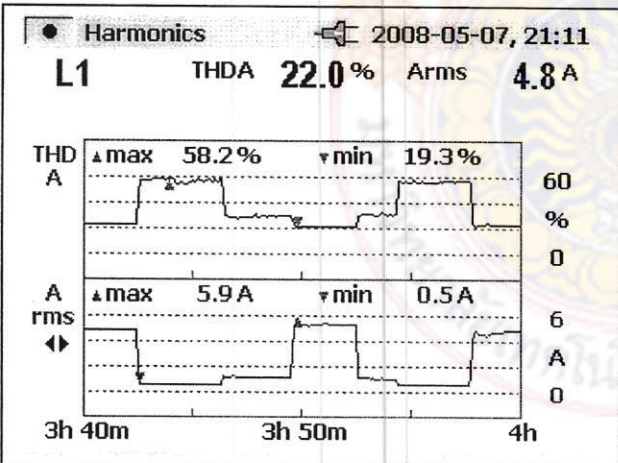
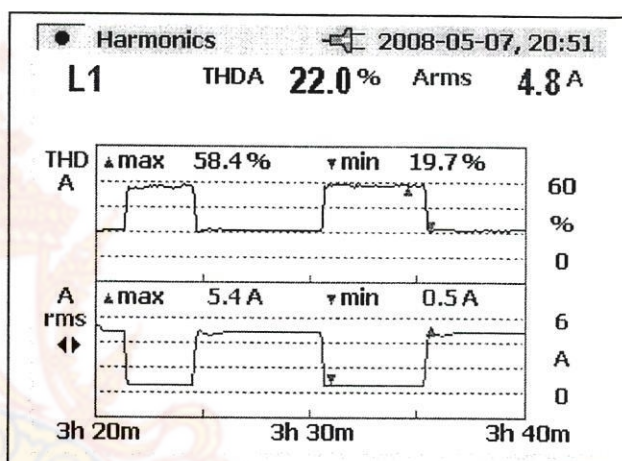
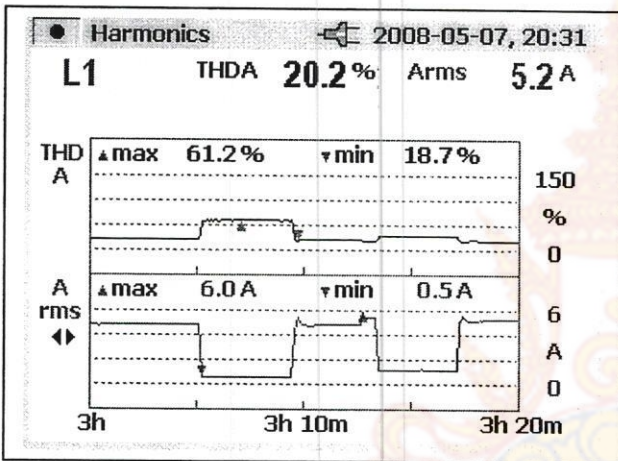
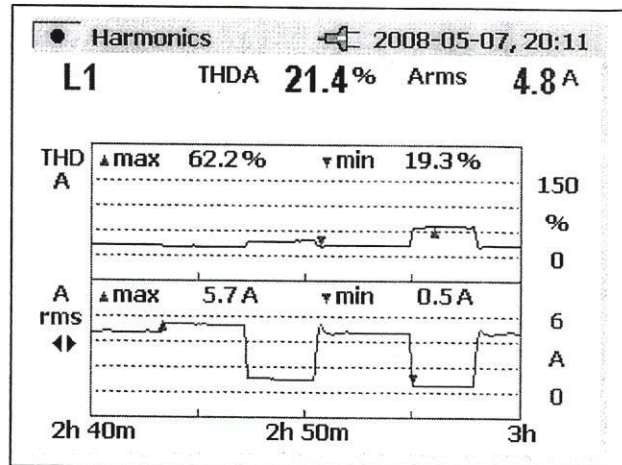
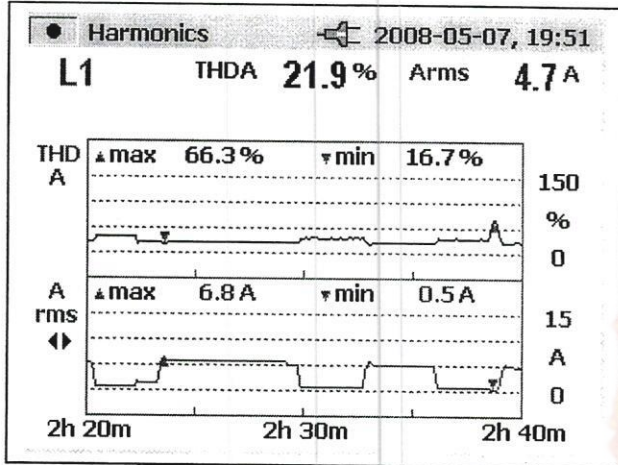


● Harmonics 2008-05-06, 21:01

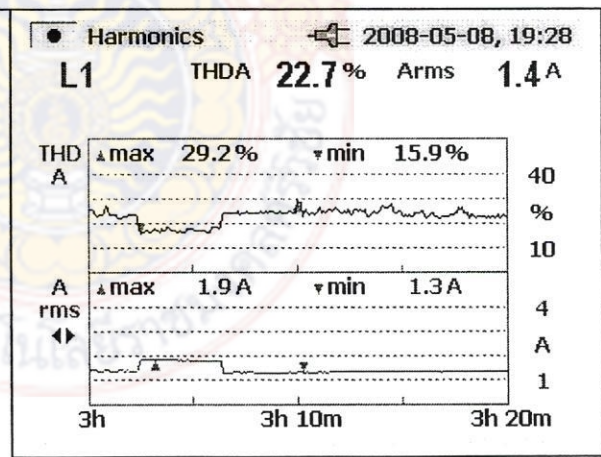
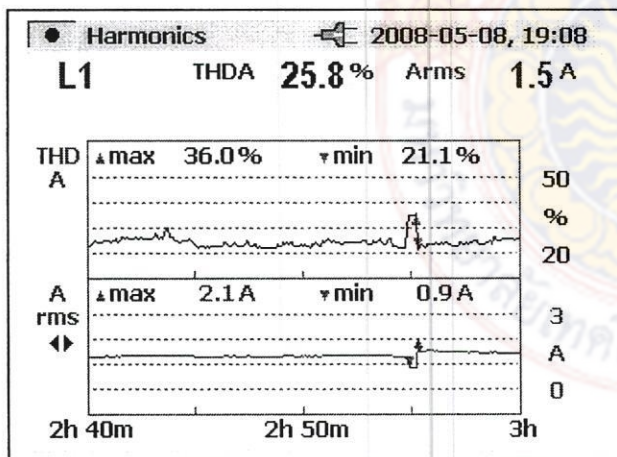
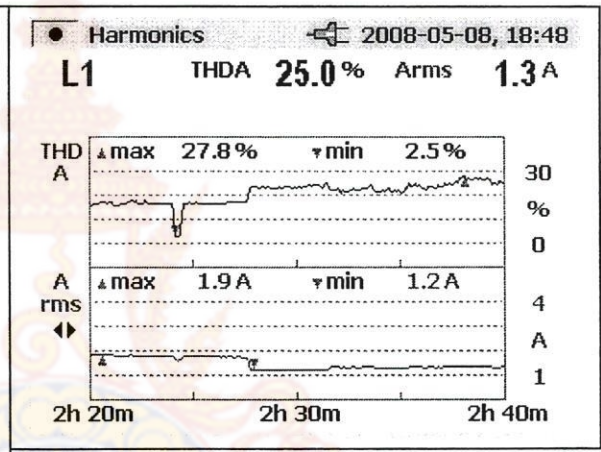
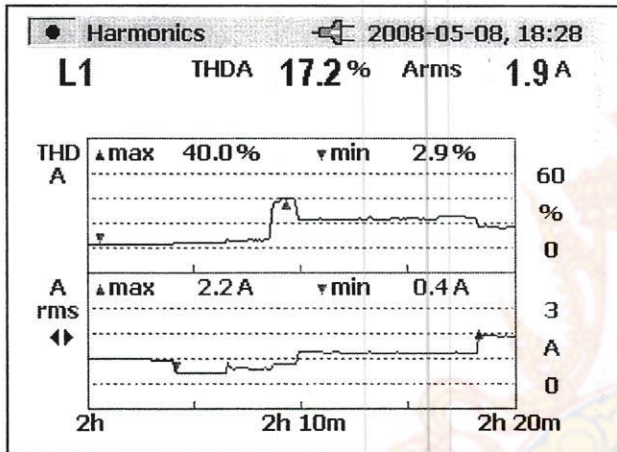
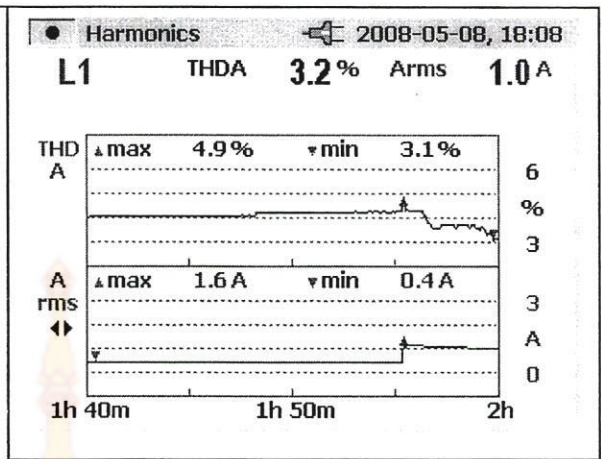
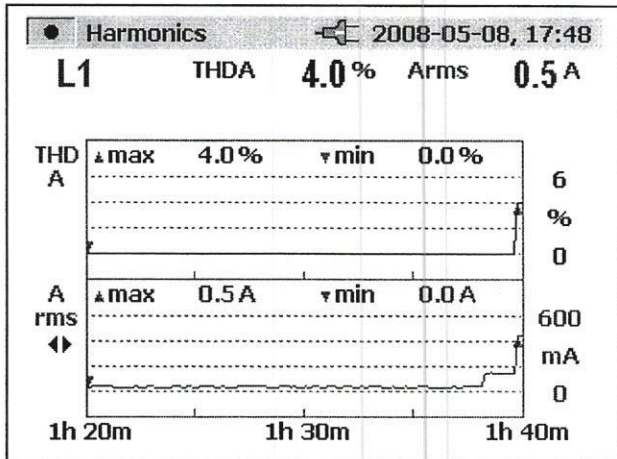
L1 THDA 32.8% Arms 0.94 A

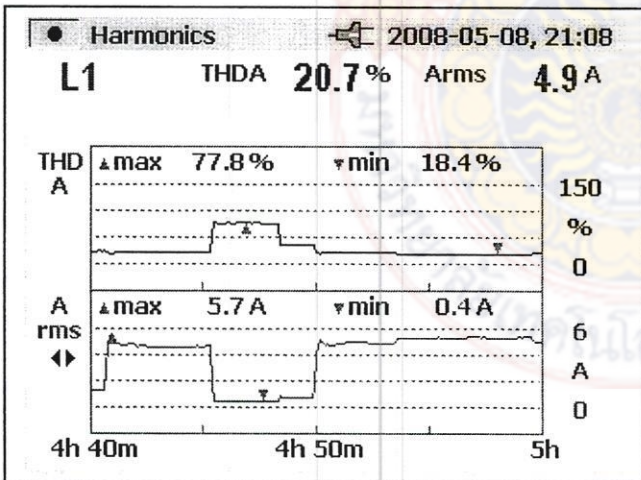
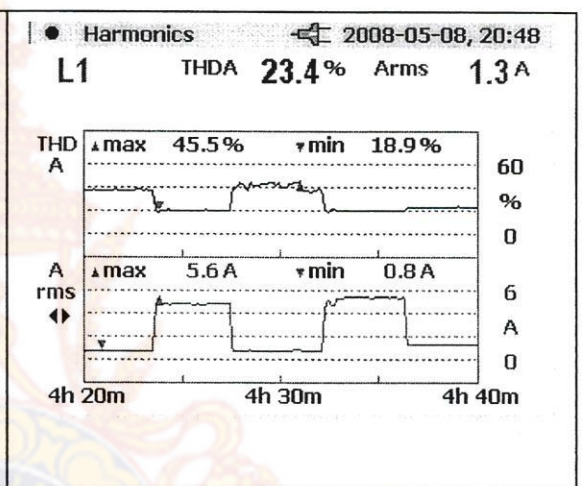
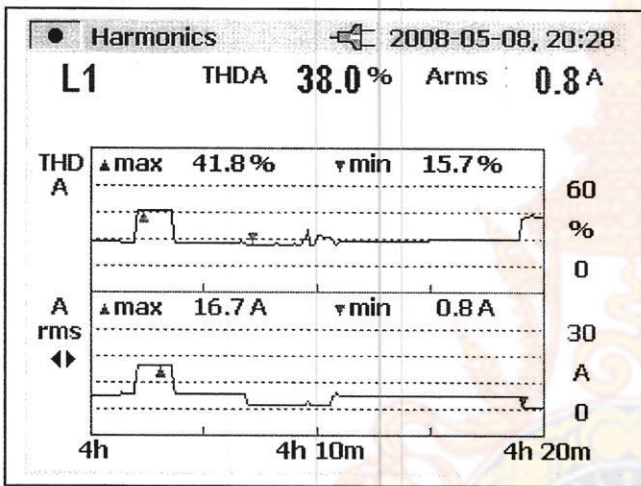
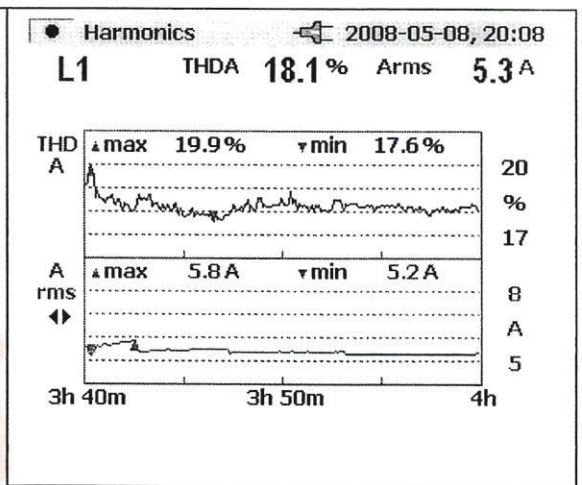
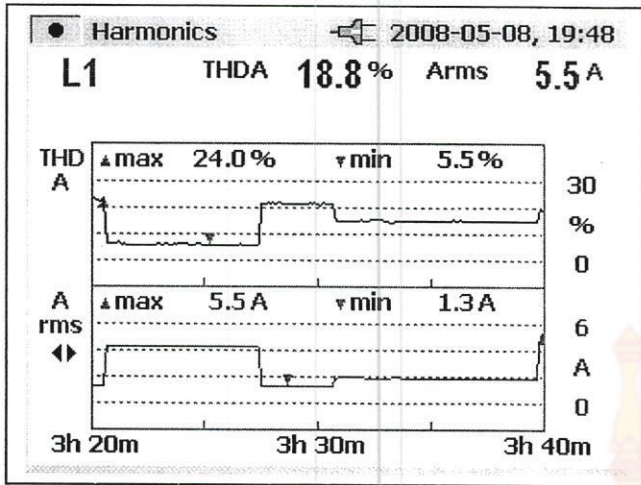




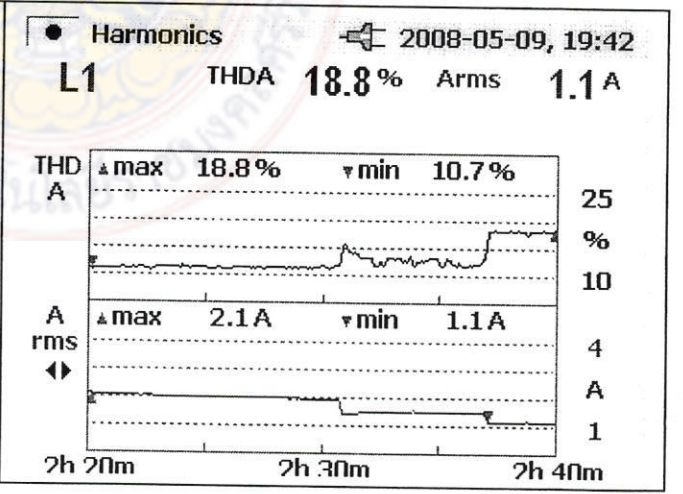
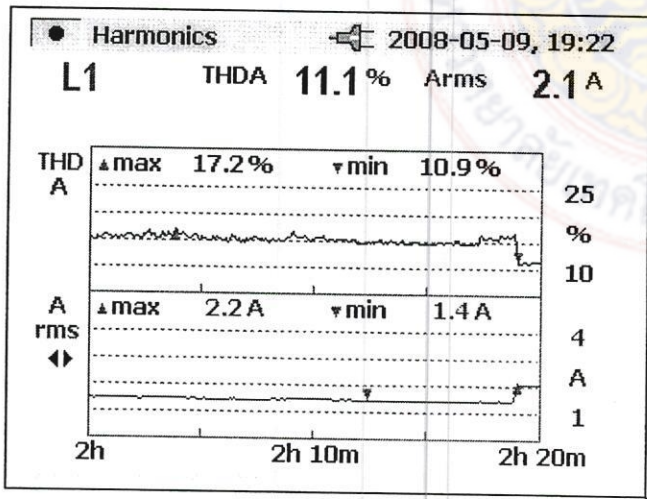
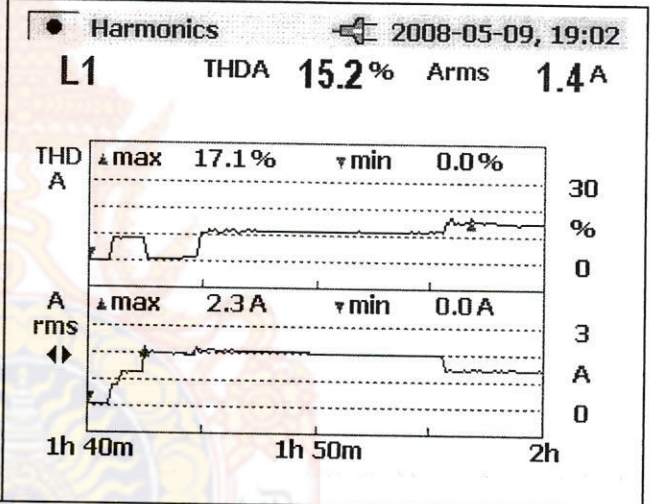
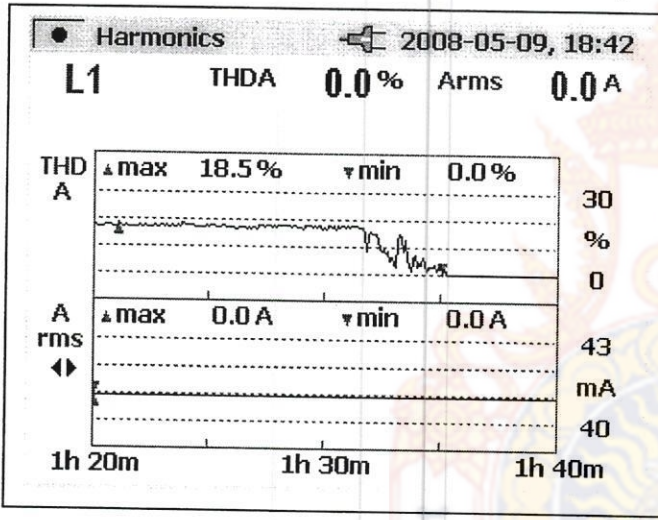
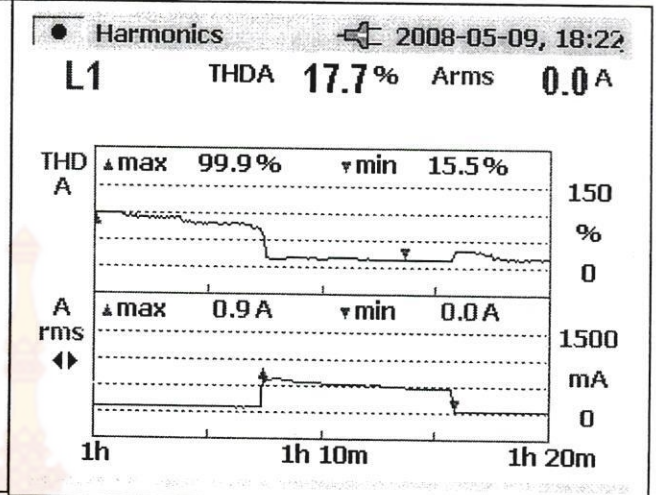
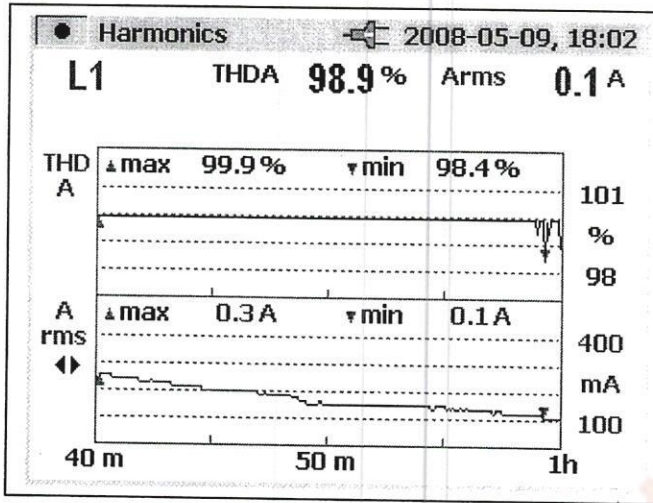


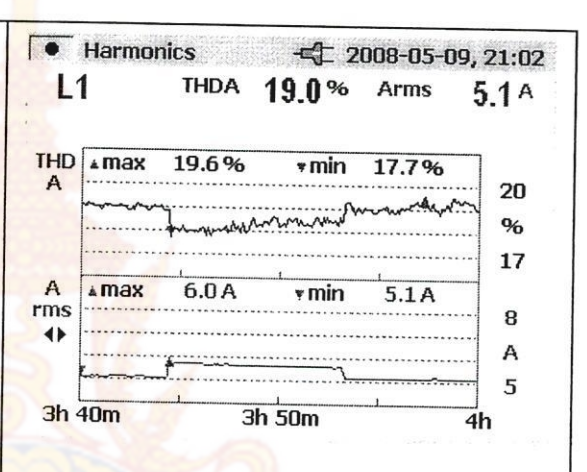
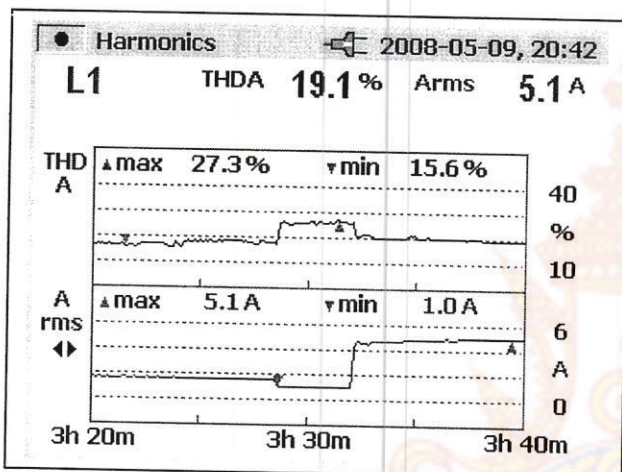
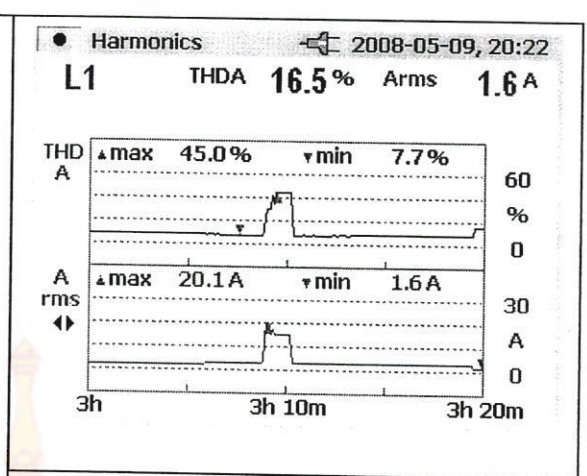
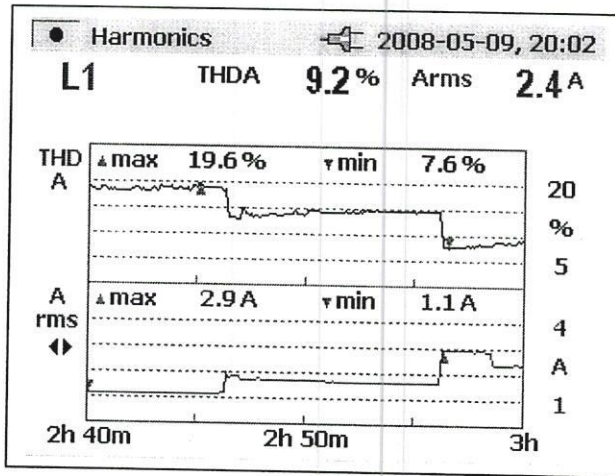
ครั้งที่ 7

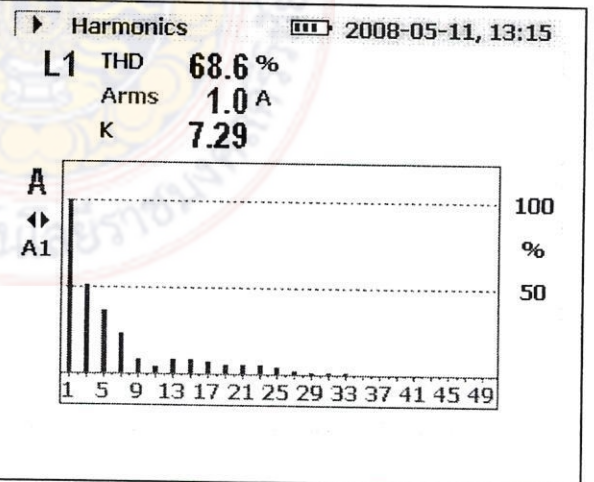
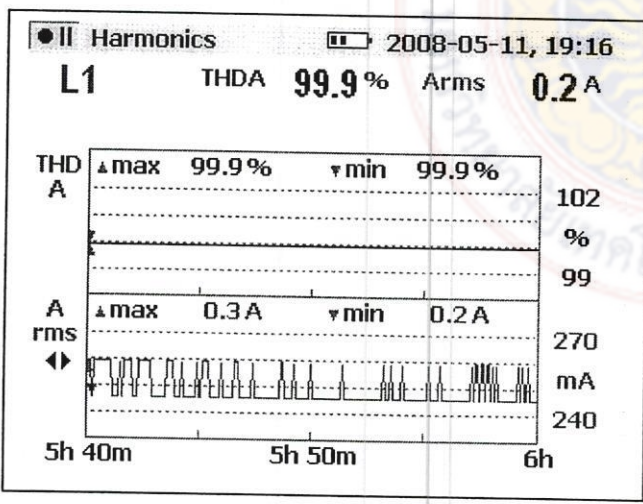
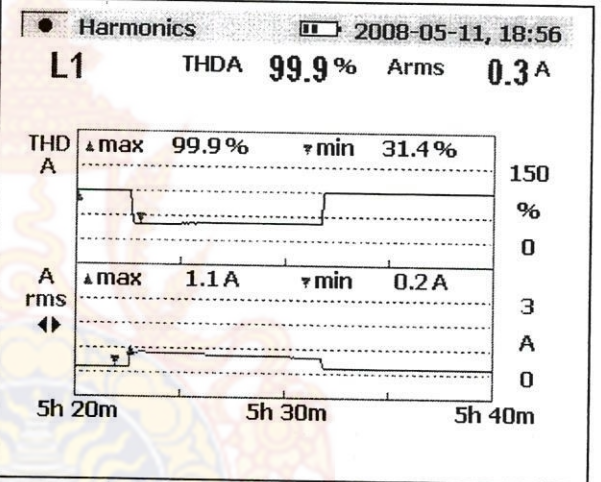
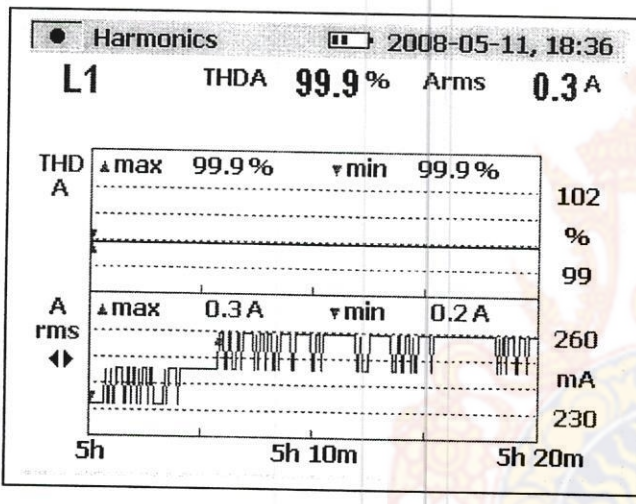
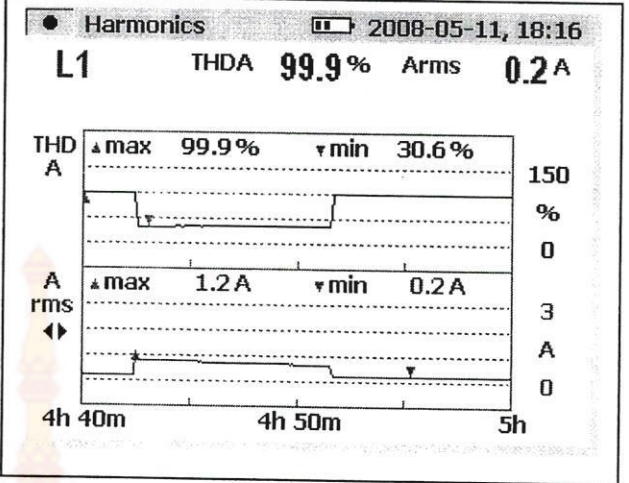
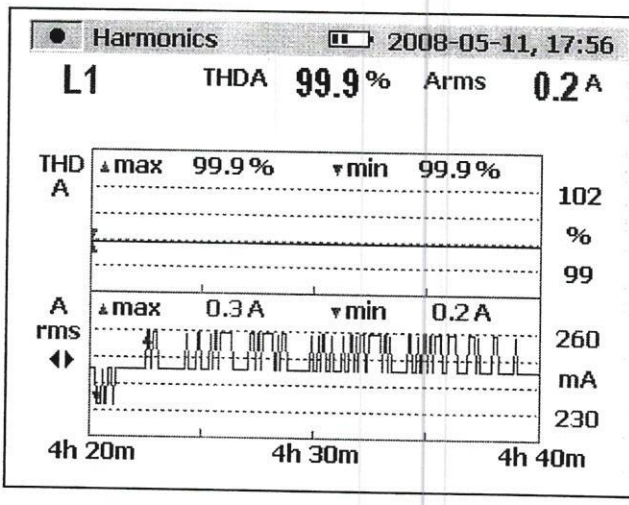




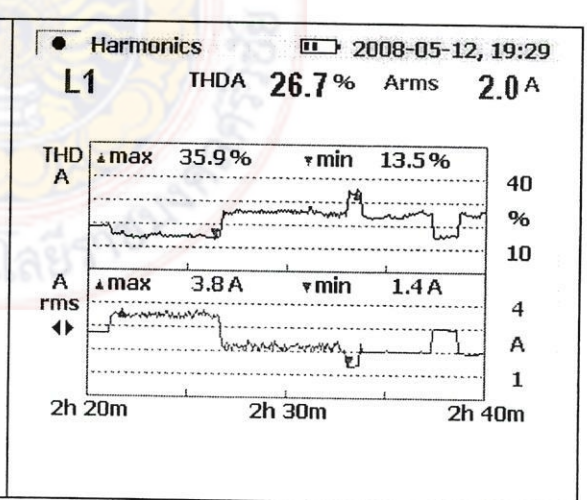
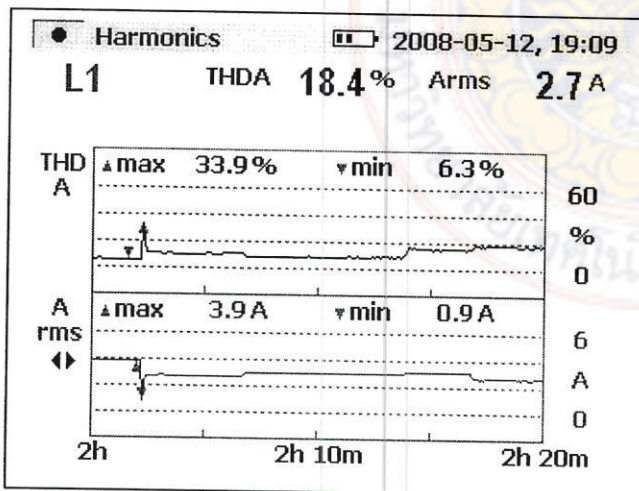
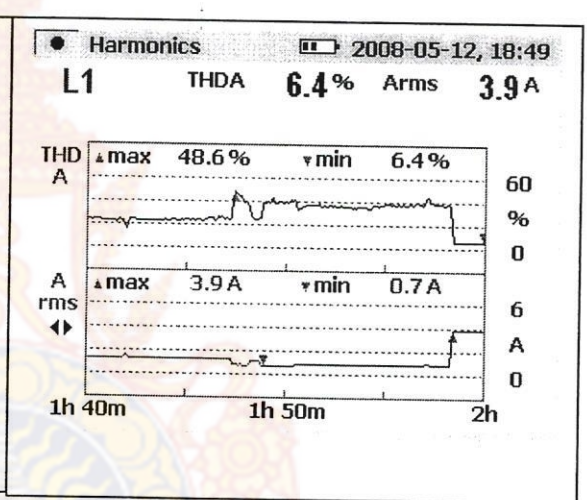
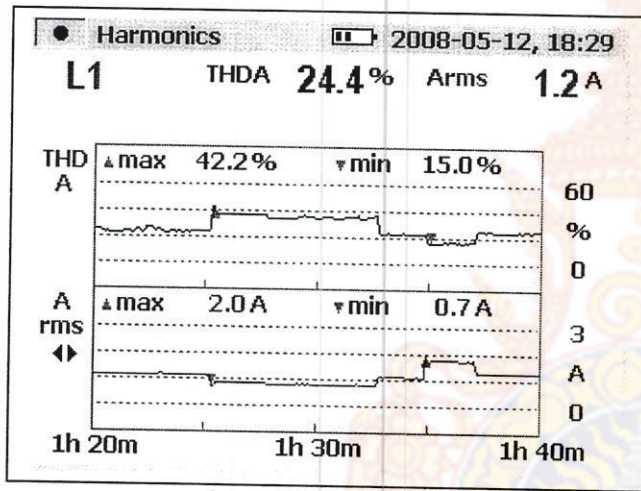
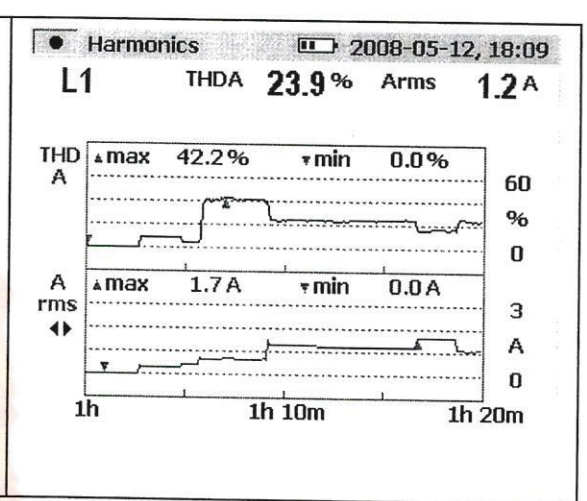
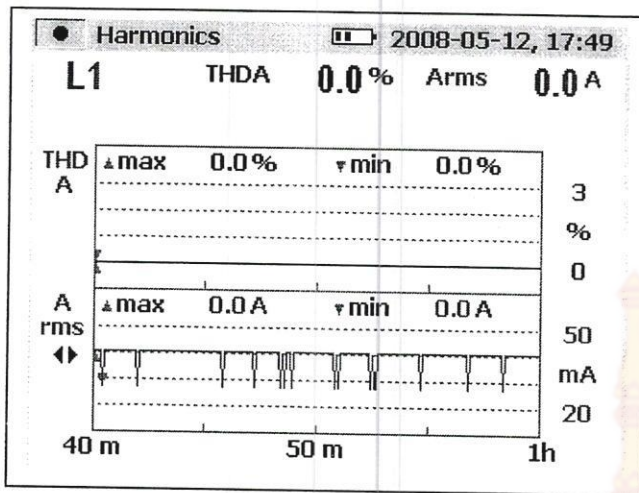
ครั้งที่ 8

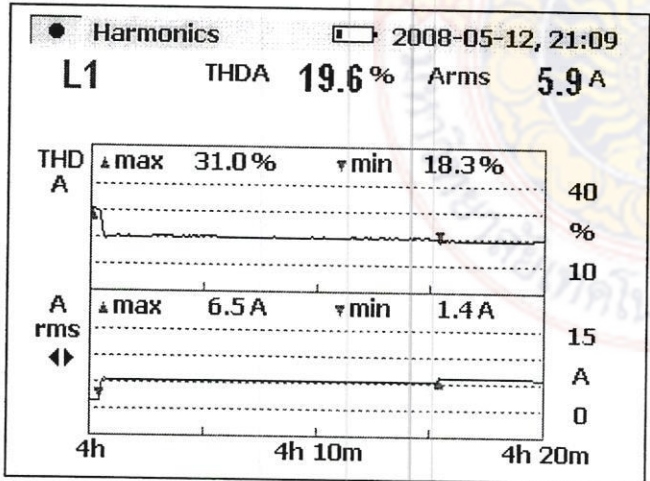
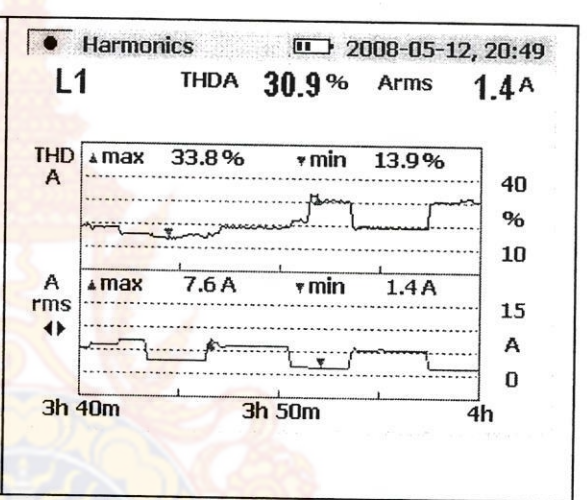
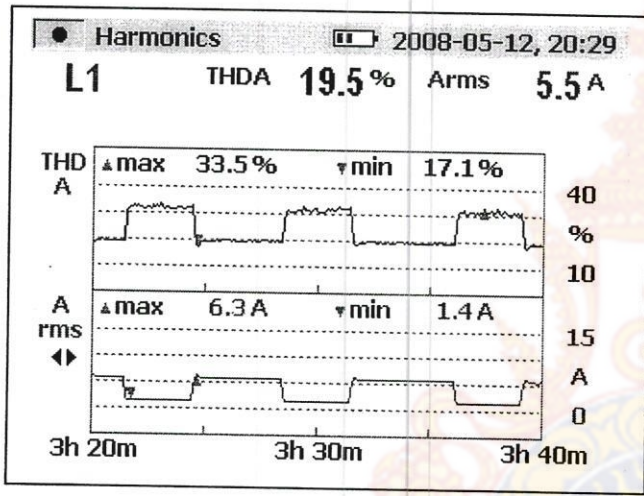
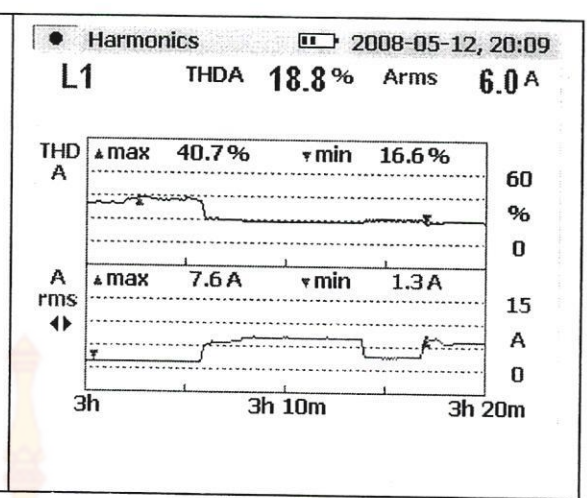
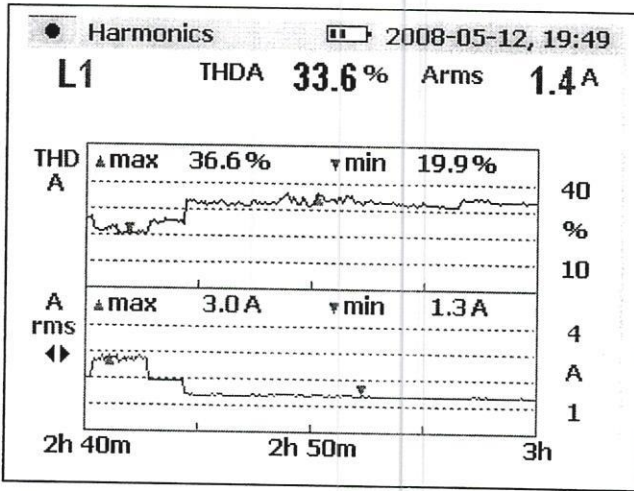


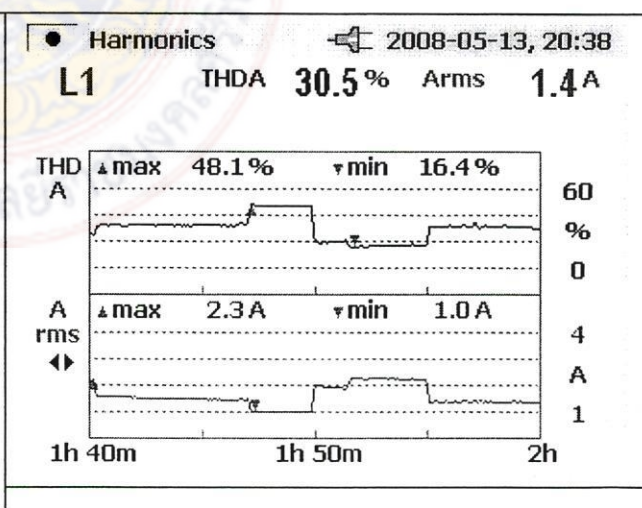
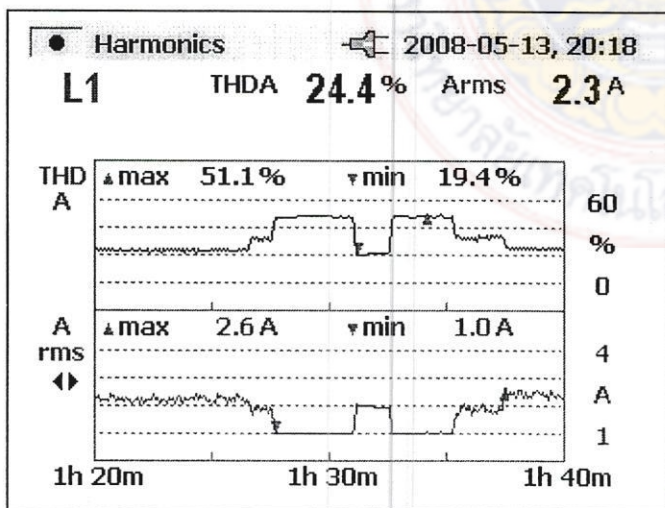
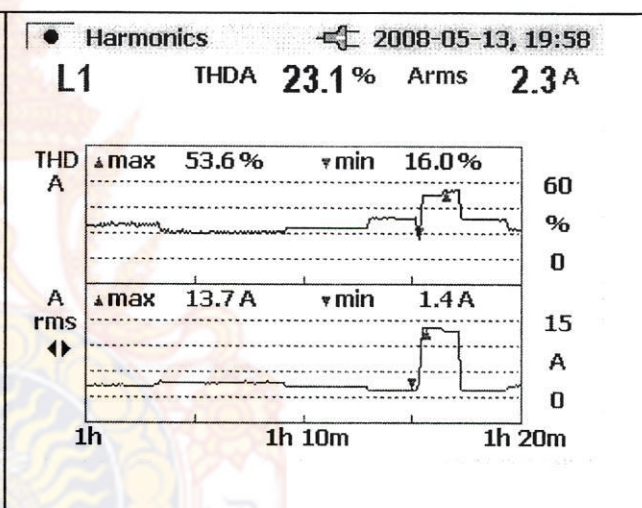
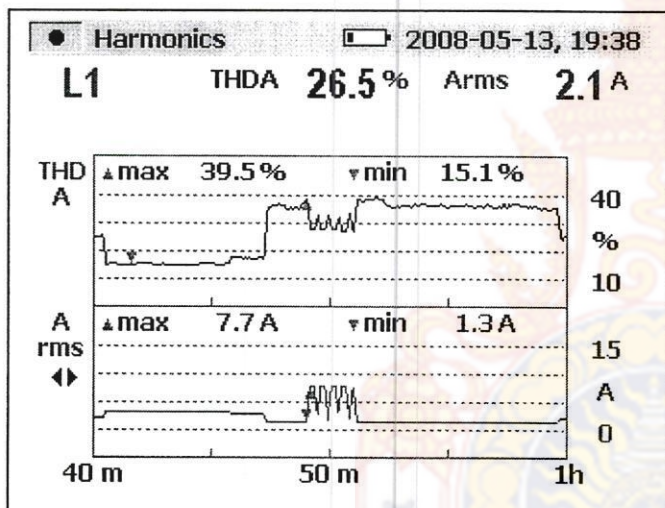
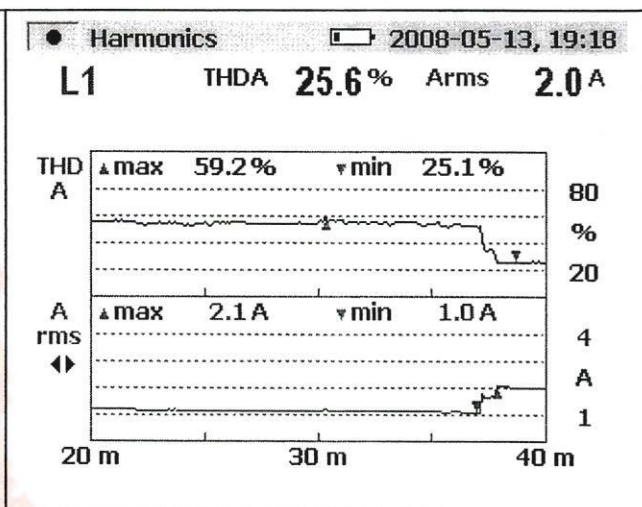
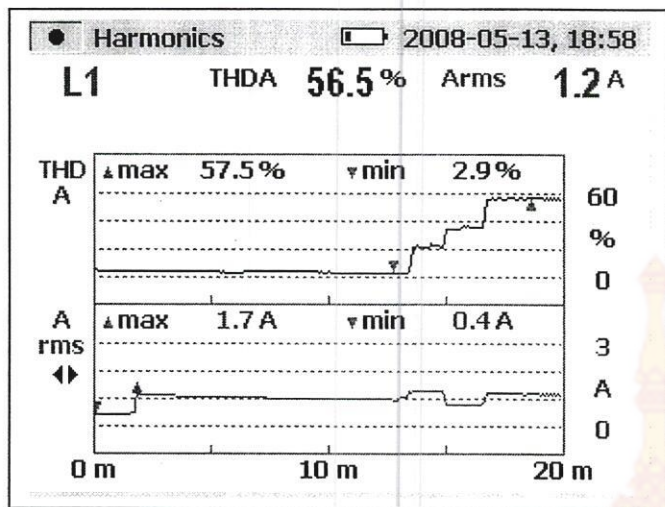






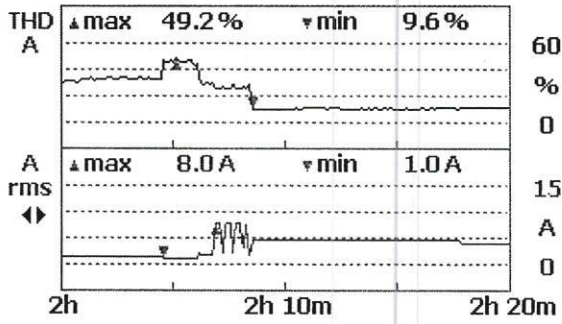






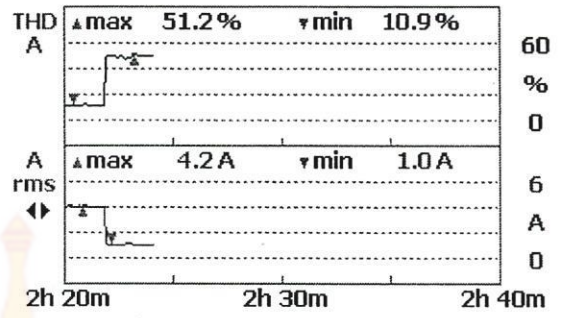
● Harmonics 2008-05-13, 20:58

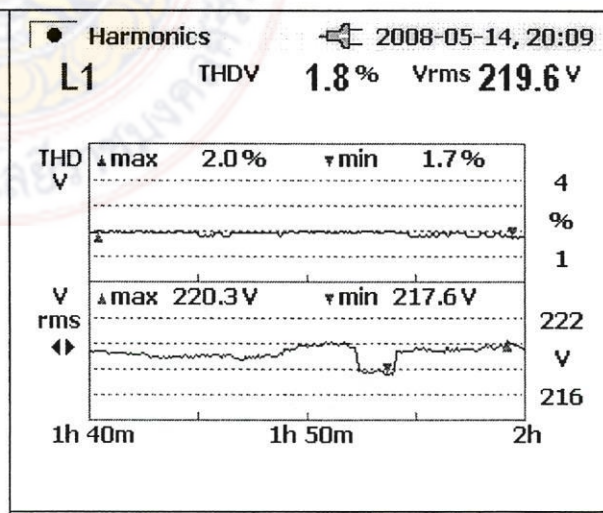
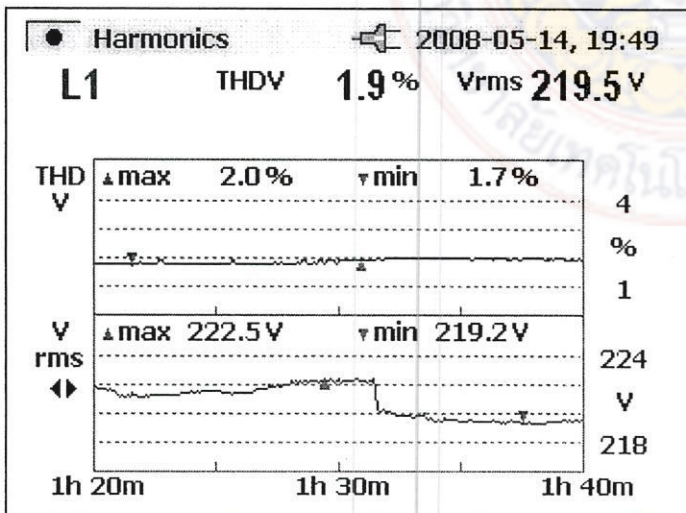
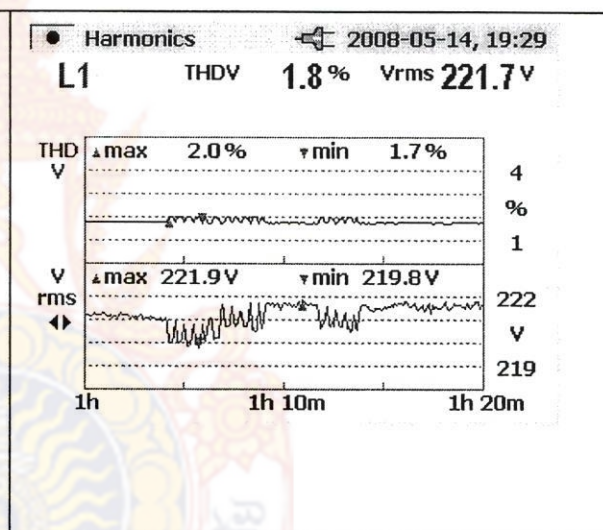
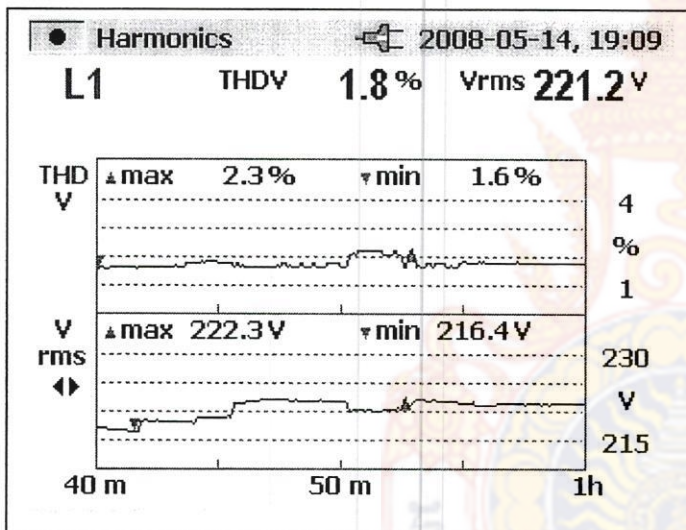
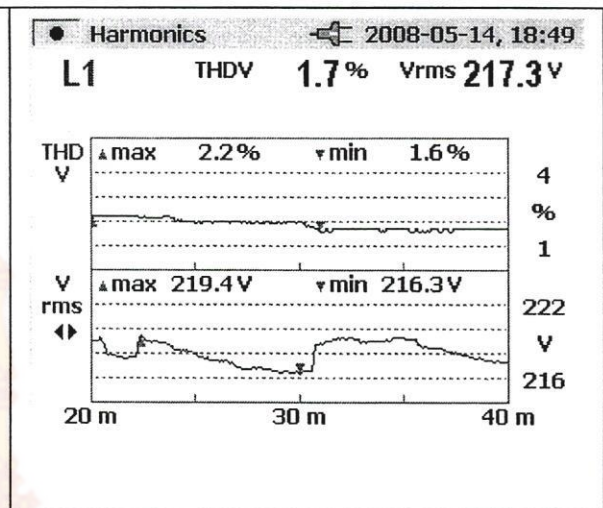
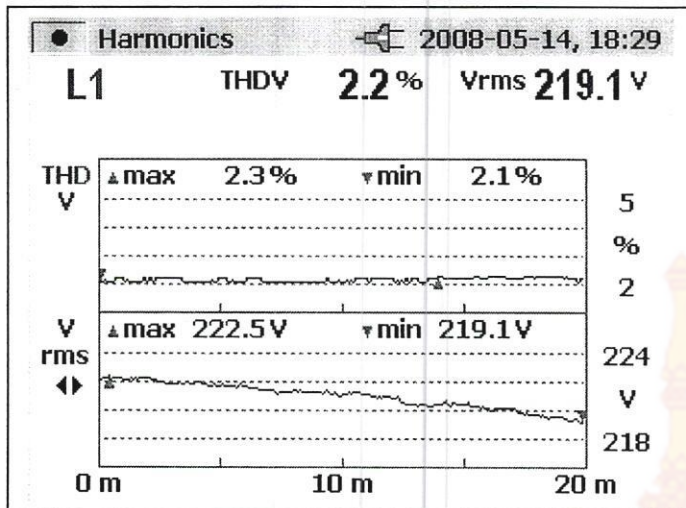
L1 THDA 11.4% Arms 4.1 A

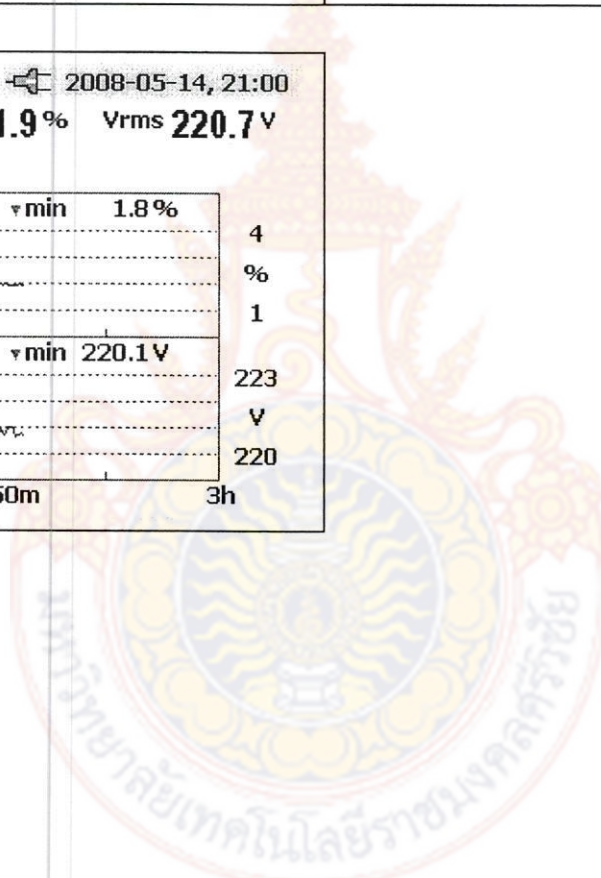
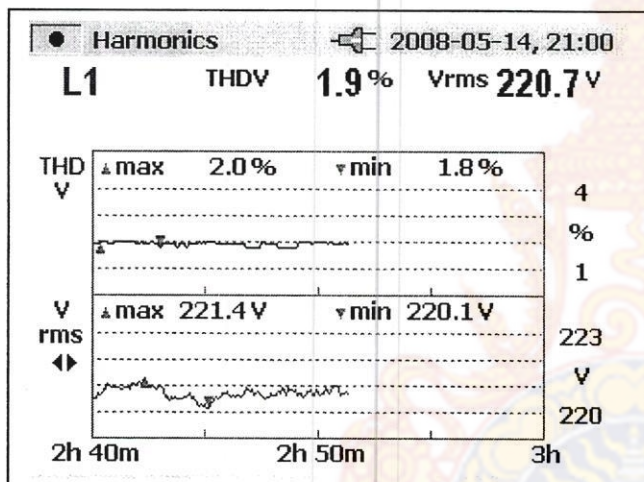
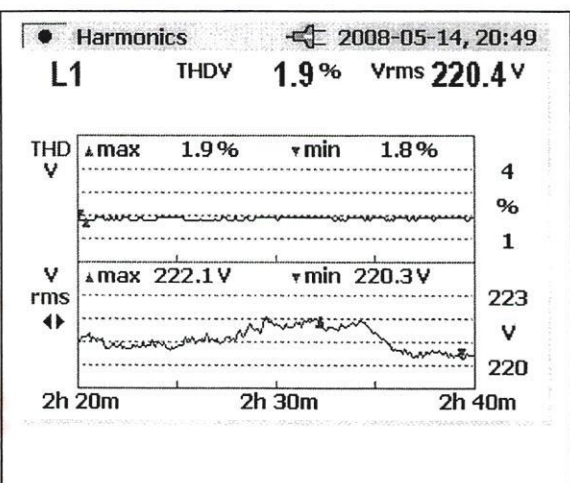
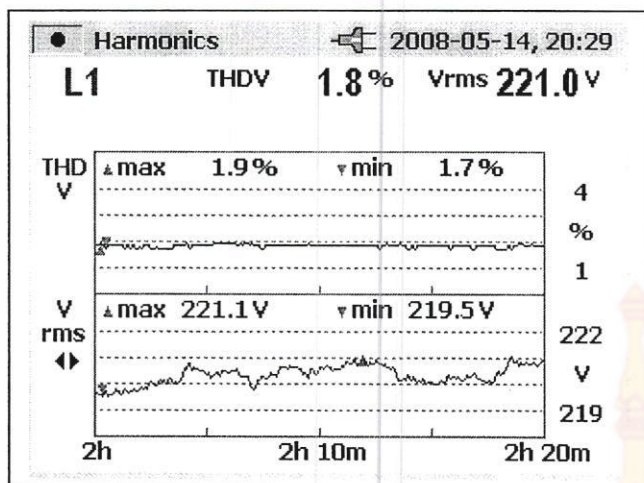


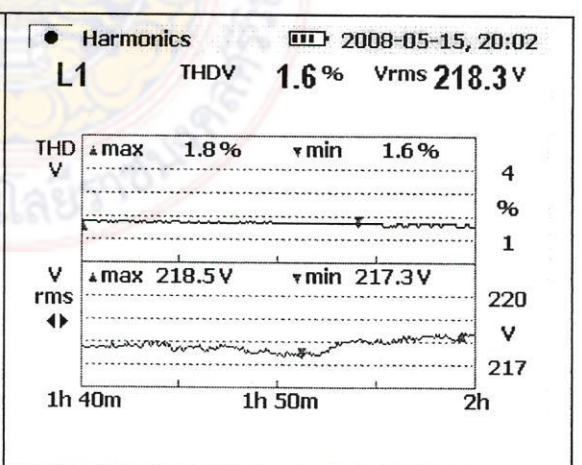
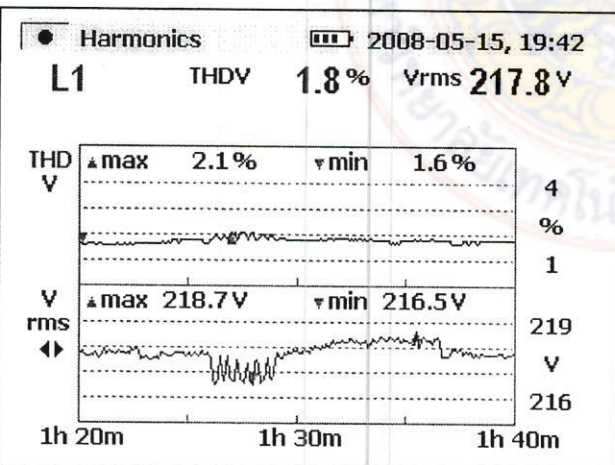
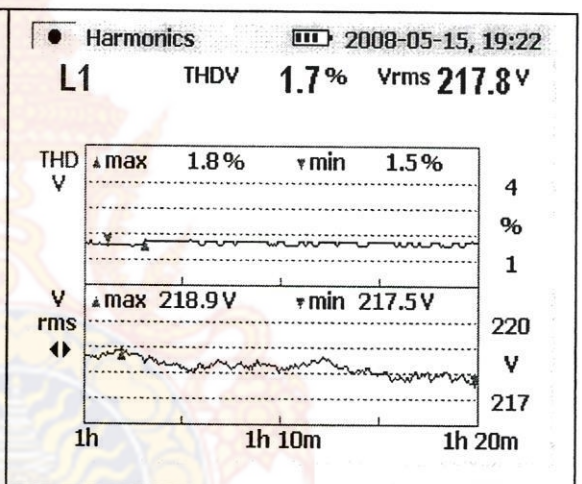
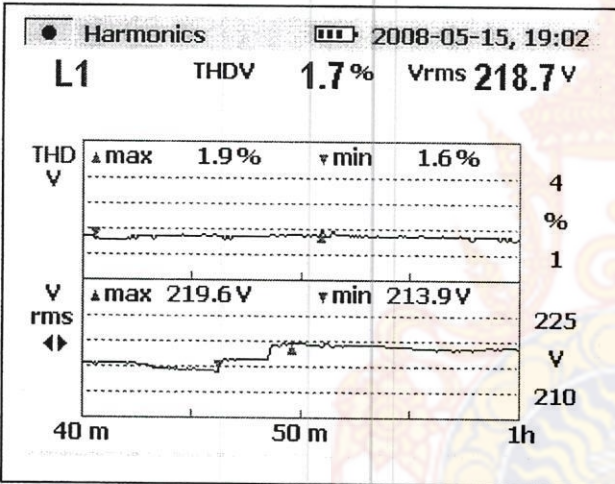
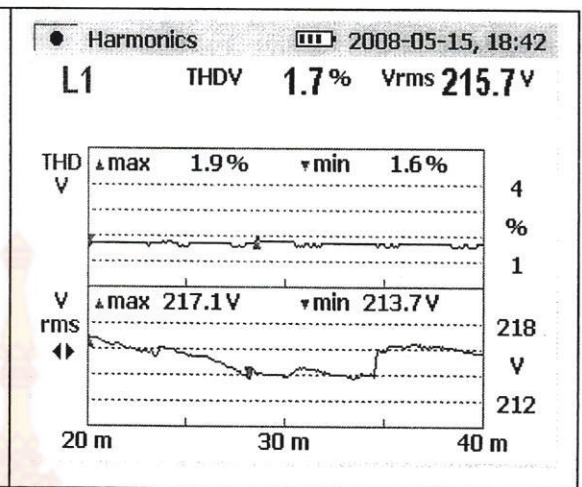
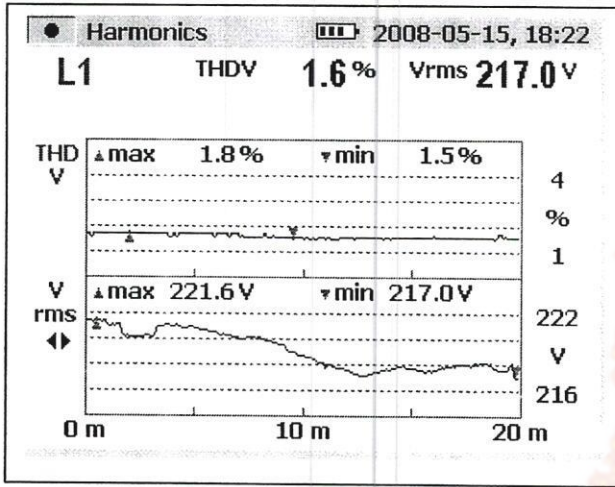
● Harmonics 2008-05-13, 21:02

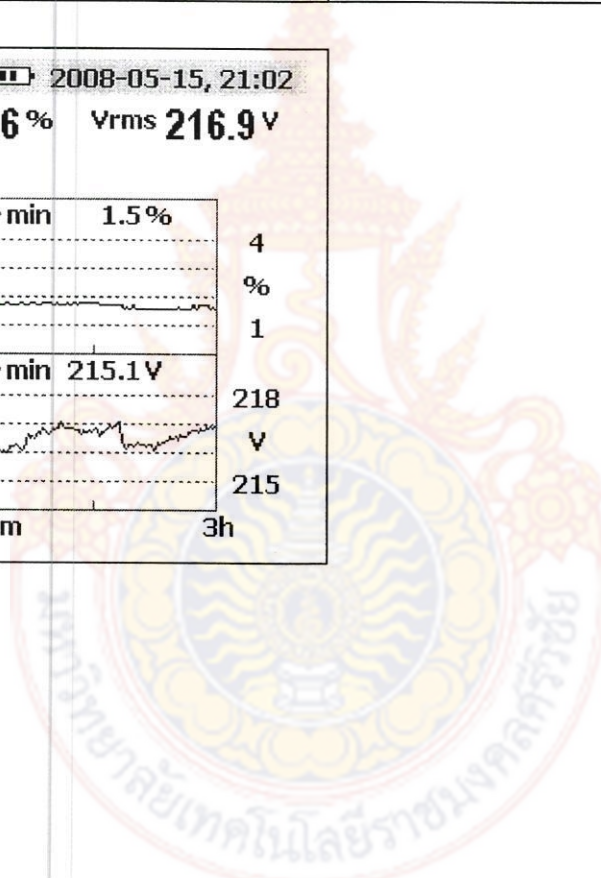
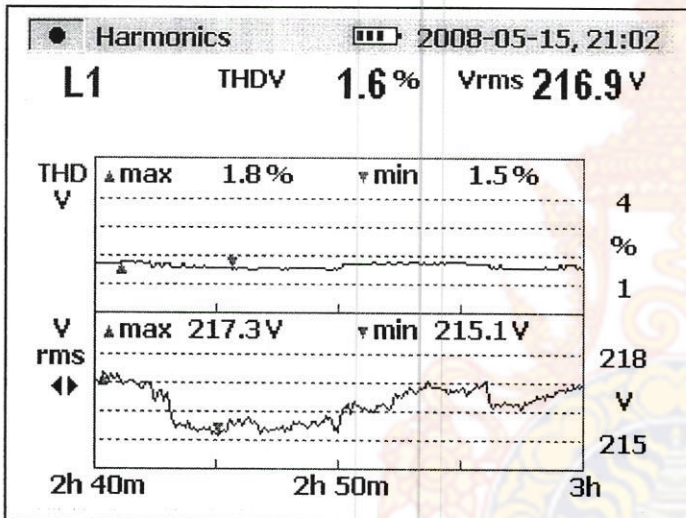
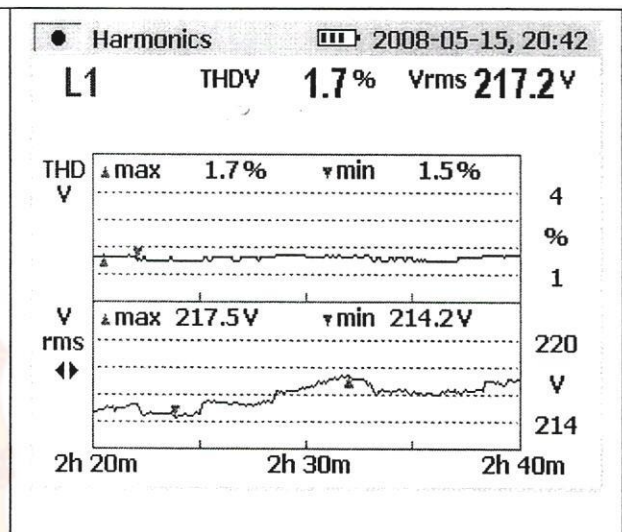
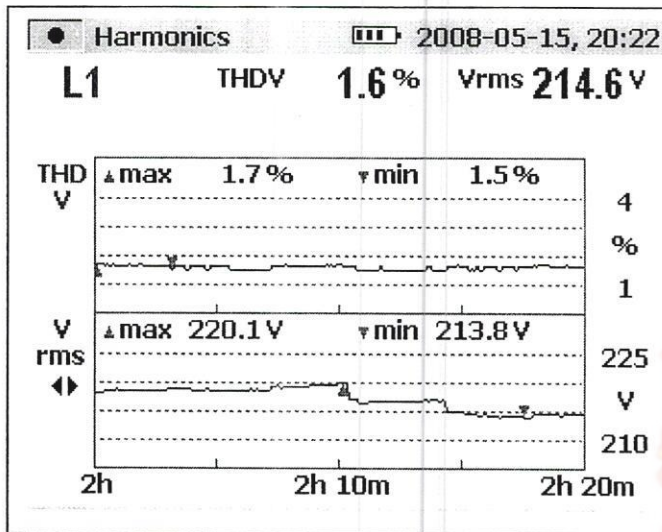
L1 THDA 49.5% Arms 1.1 A



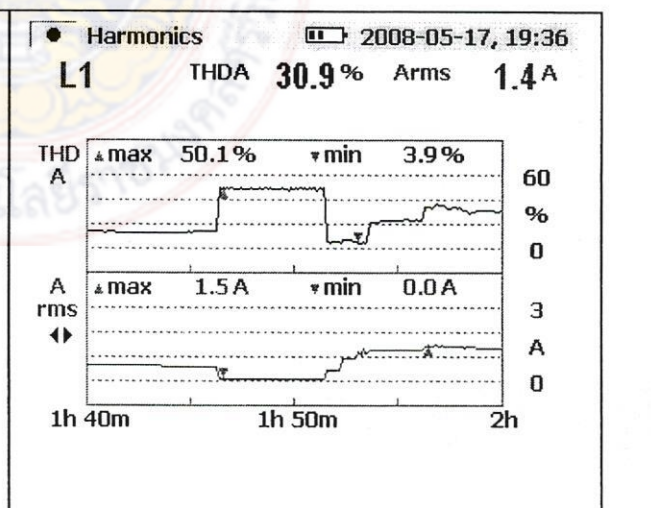
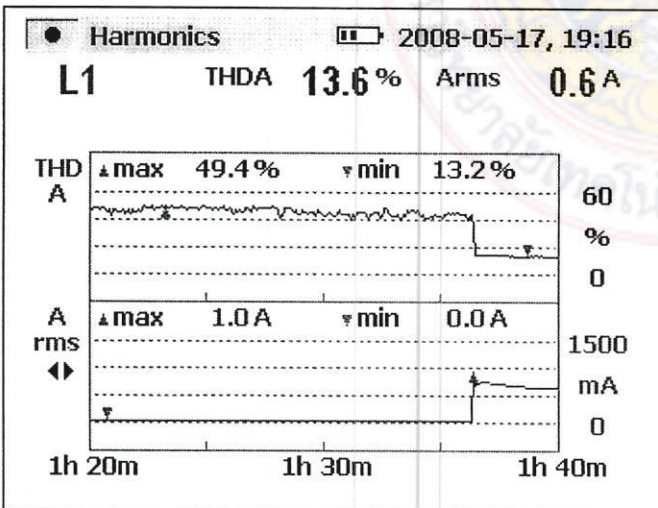
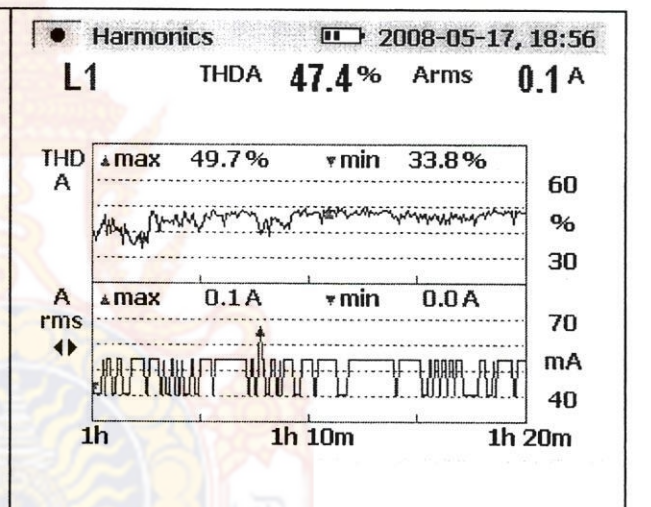
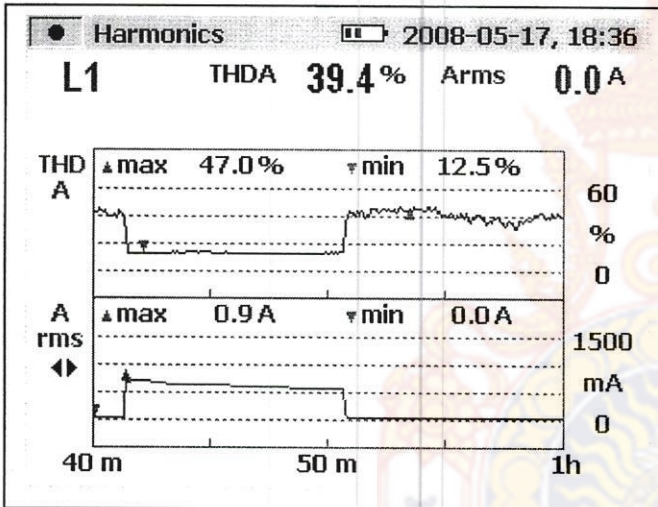
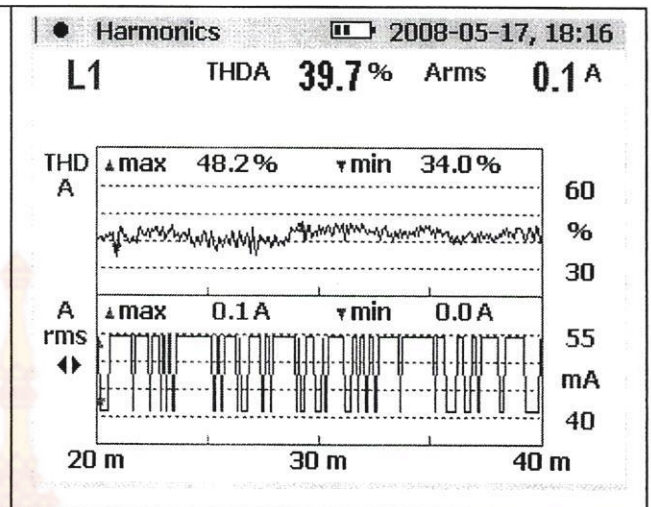
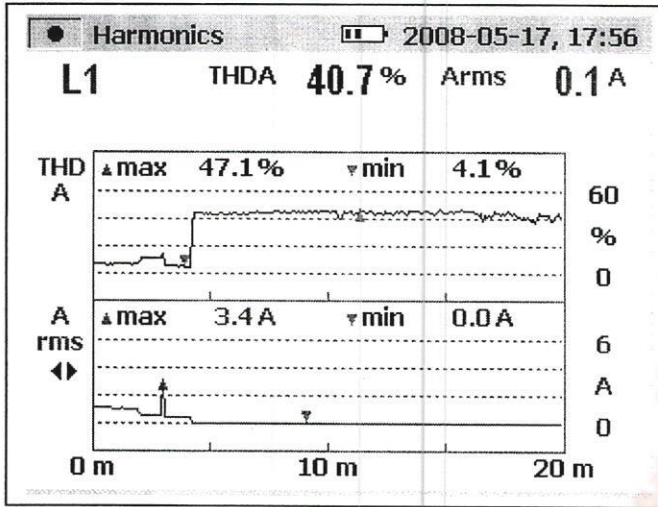


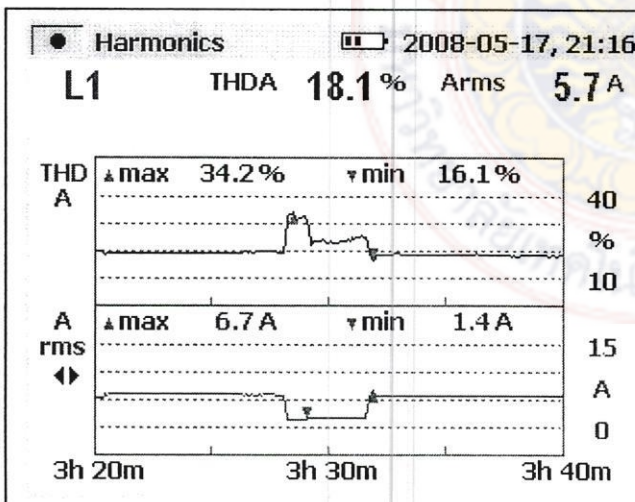
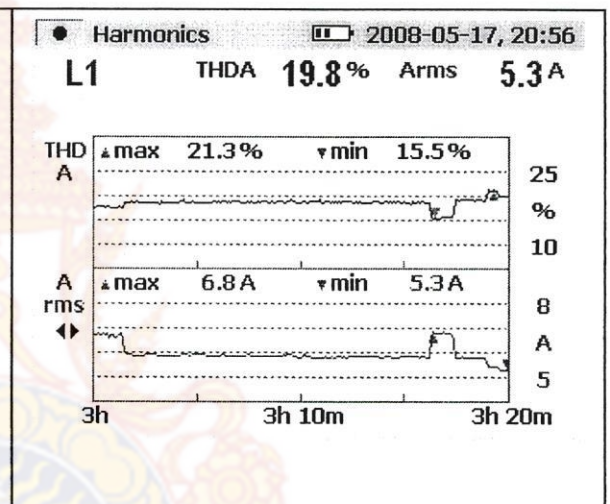
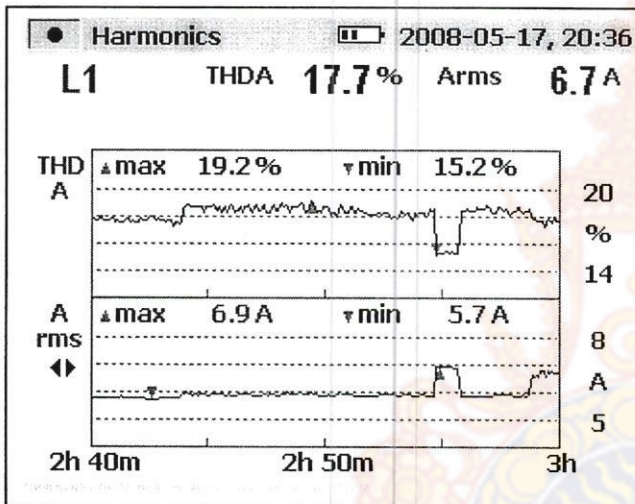
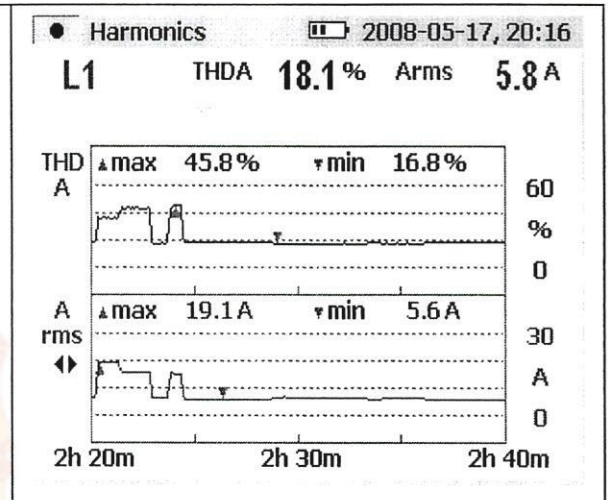
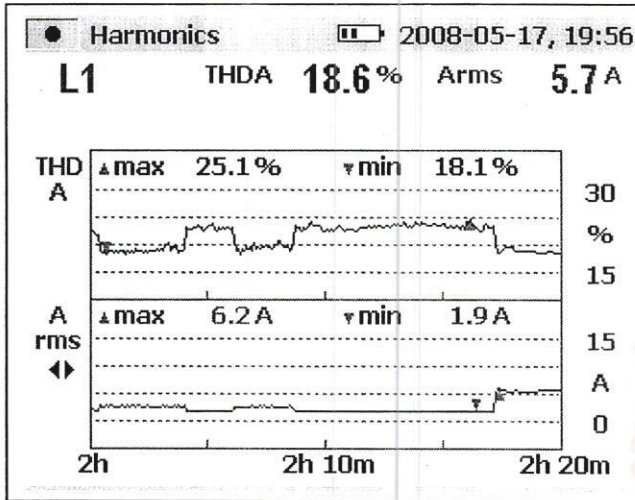




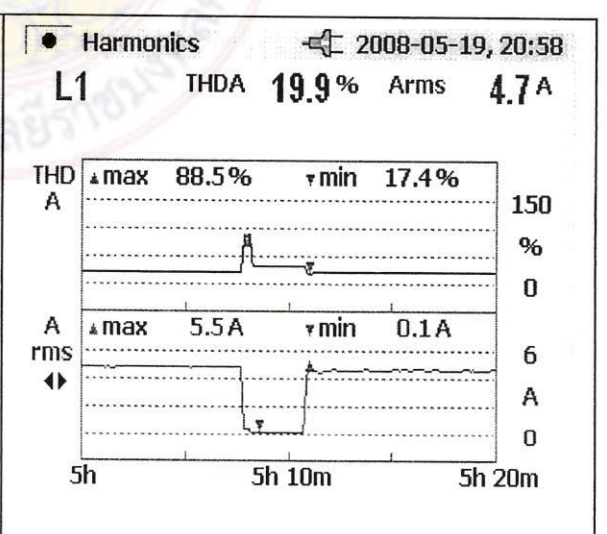
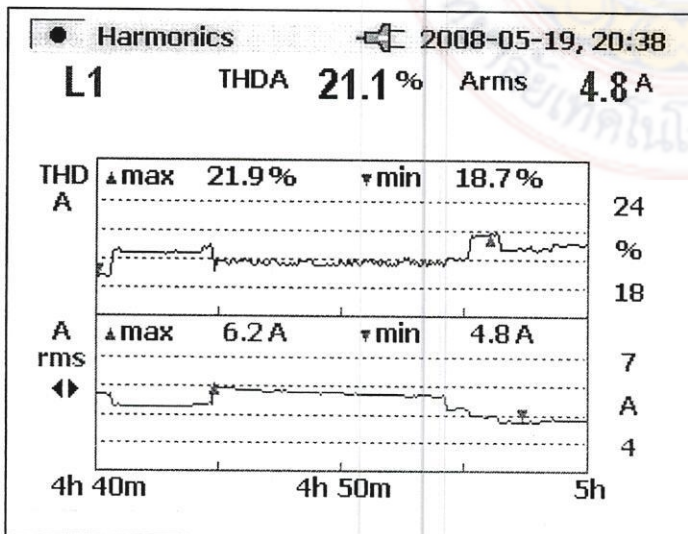
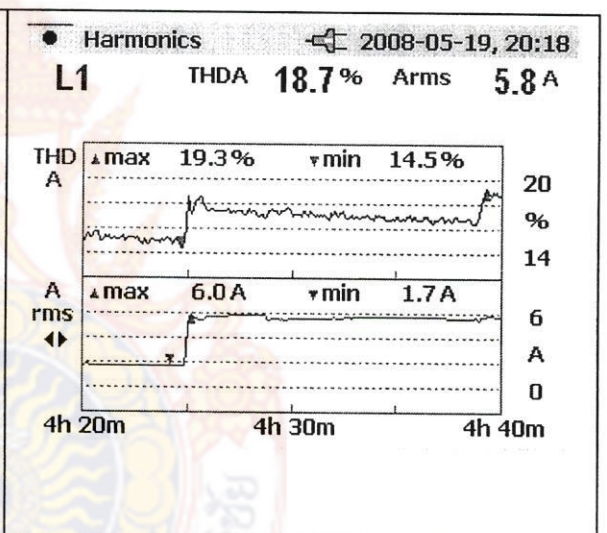
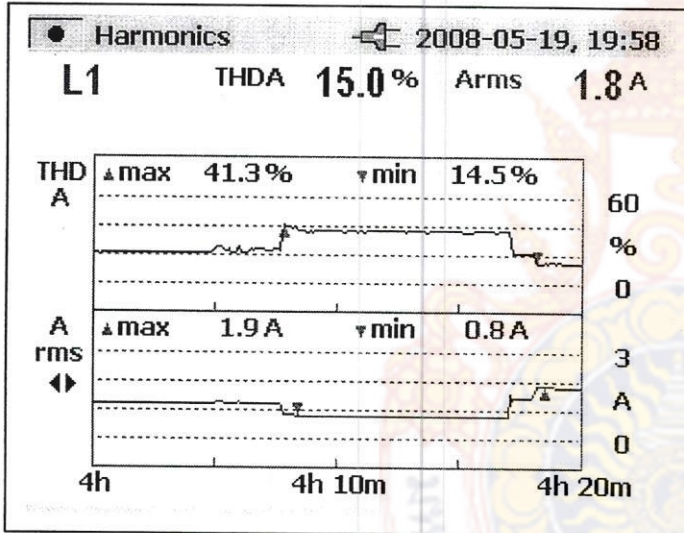
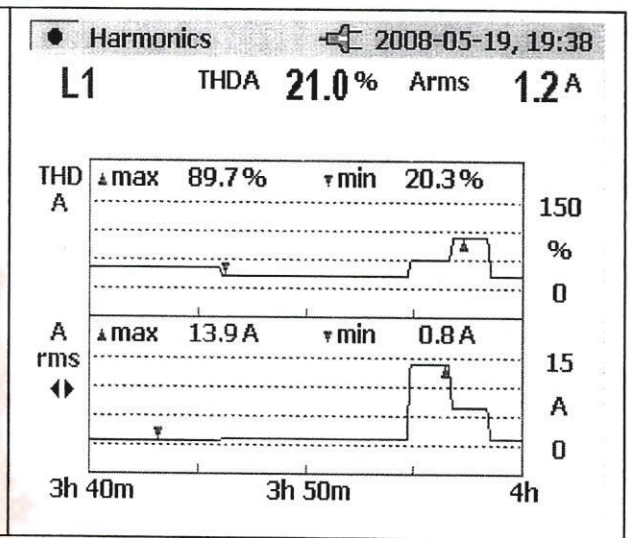
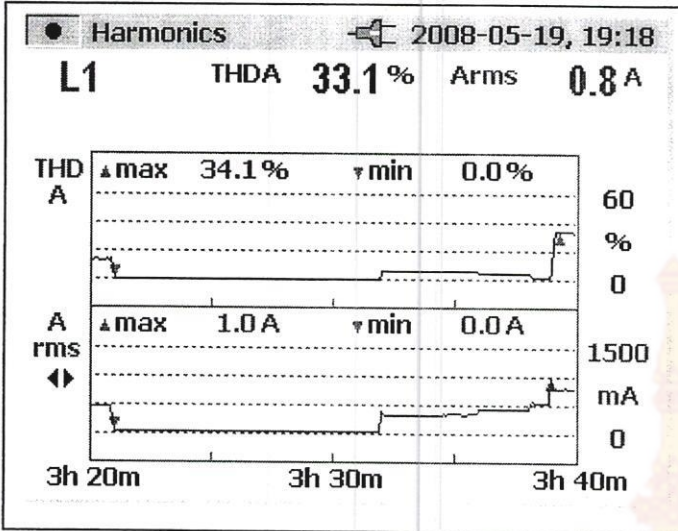


ครั้งที่ 14



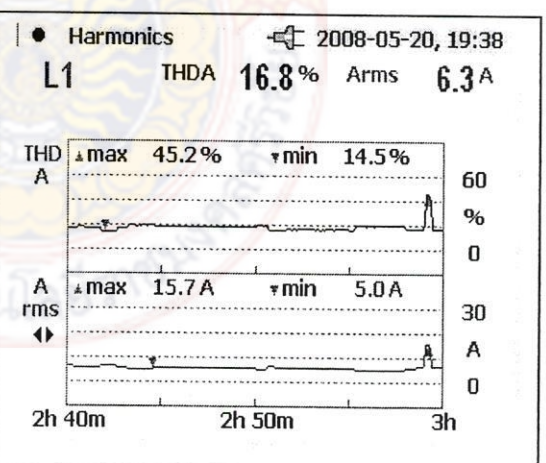
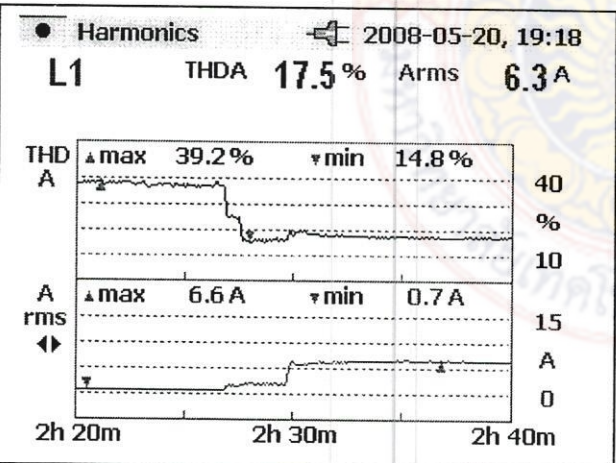
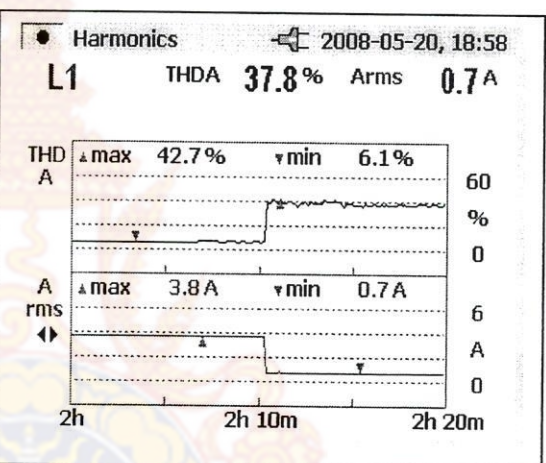
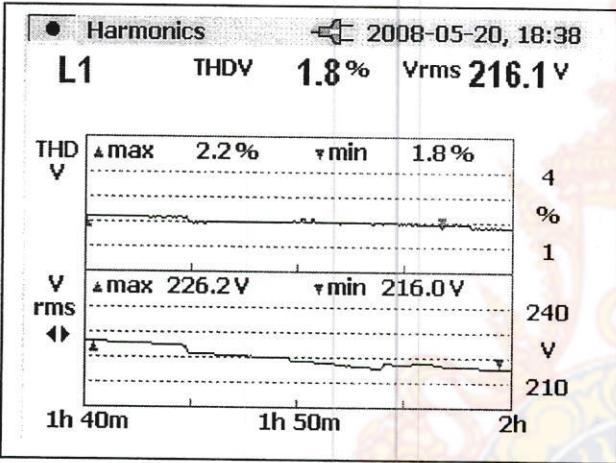
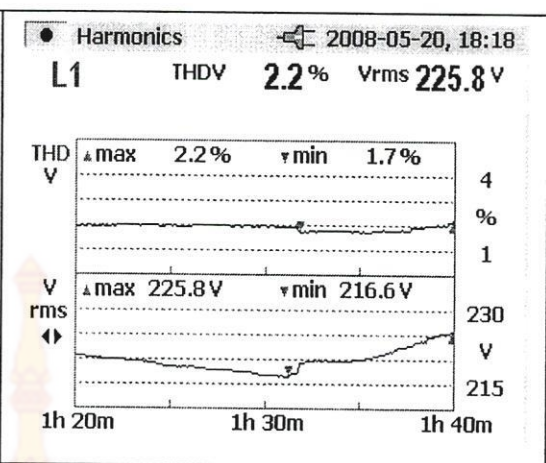
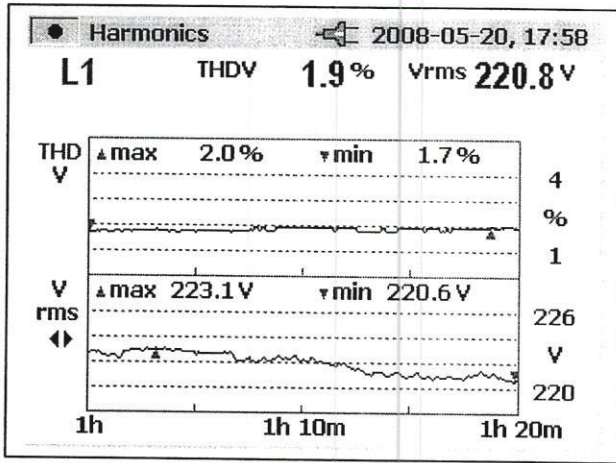


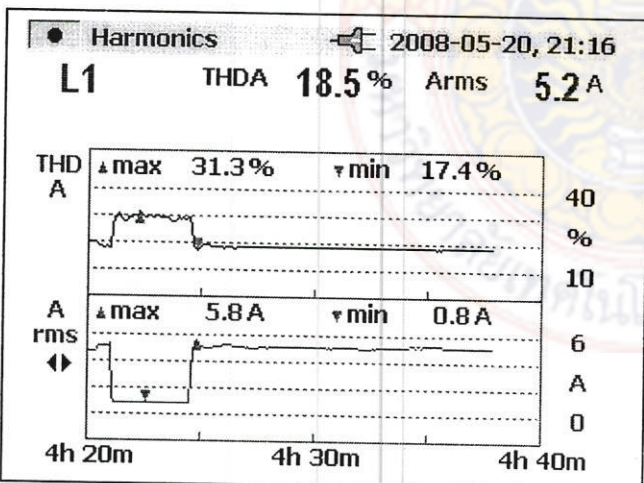
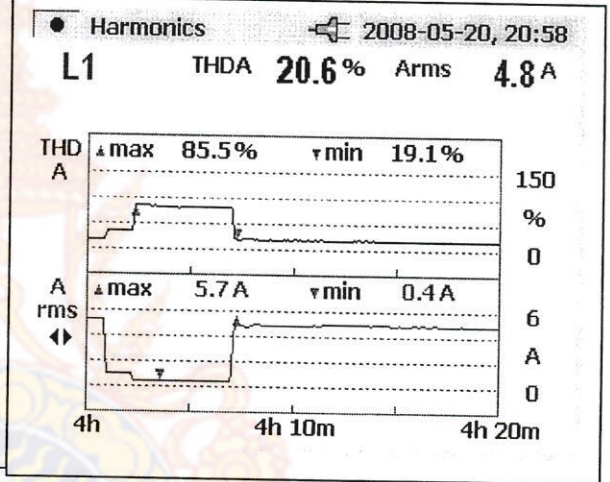
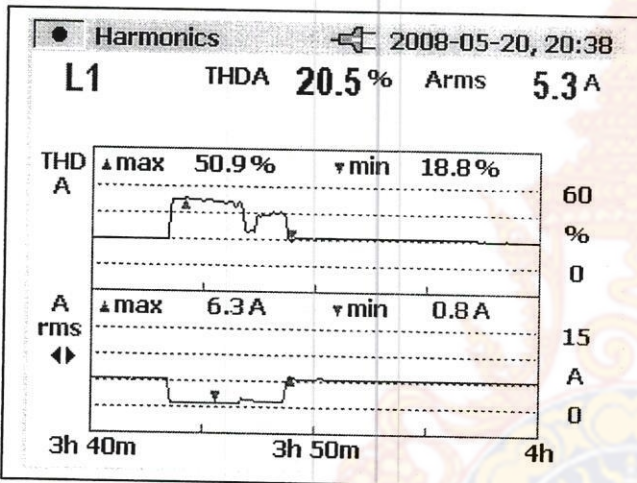
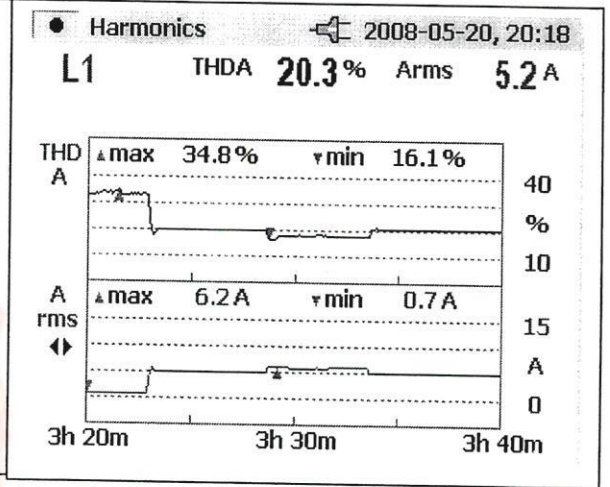
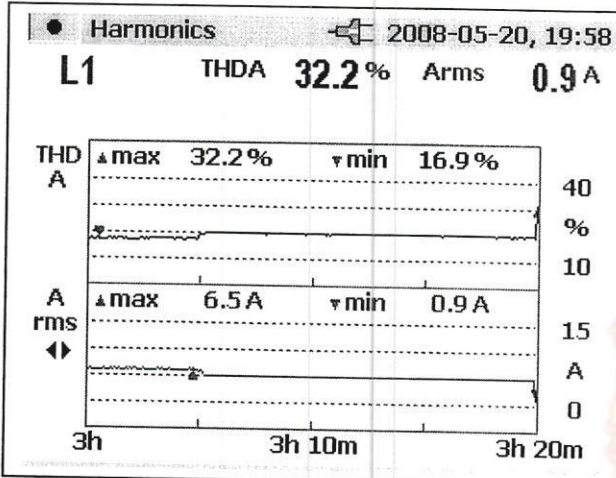
ครั้งที่ 15



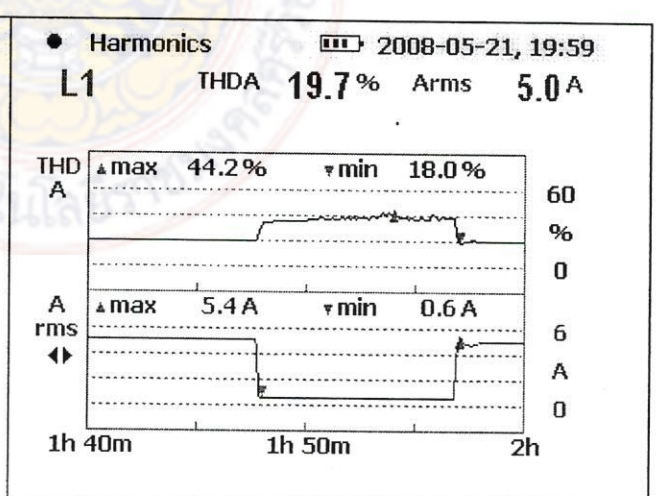
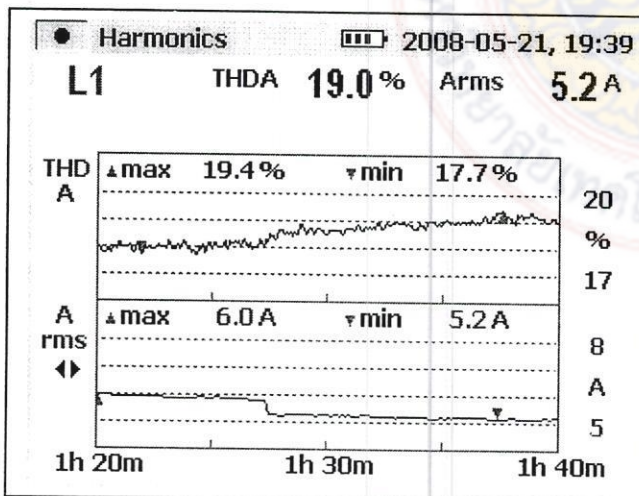
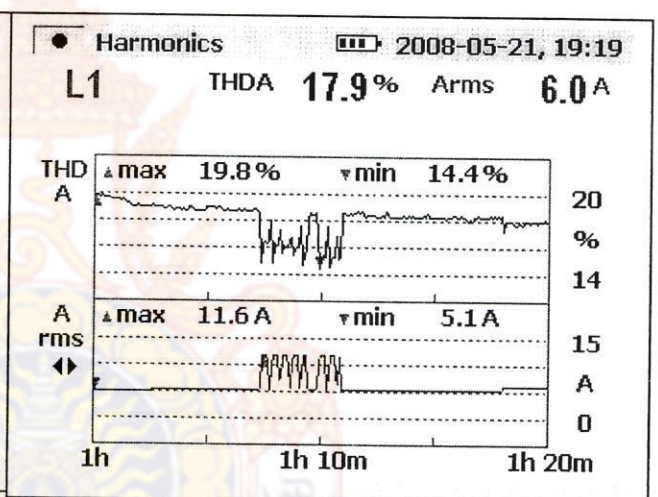
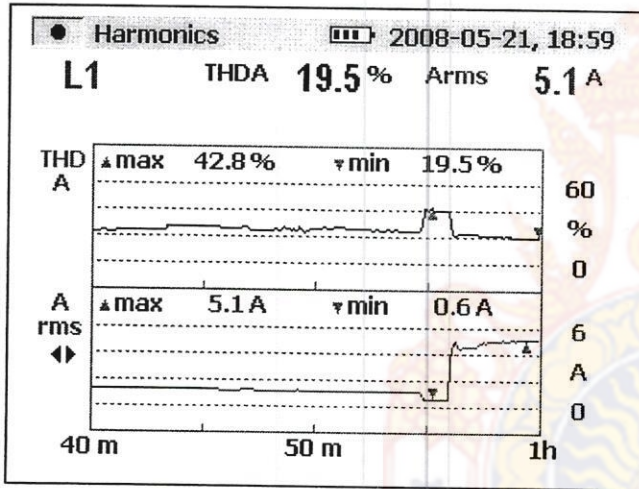
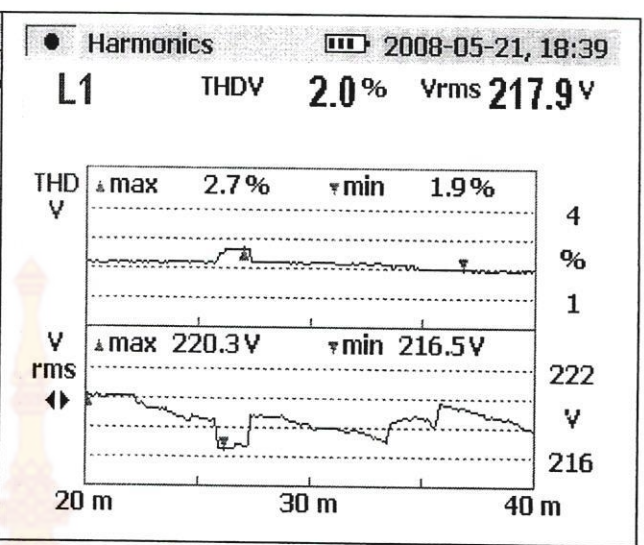
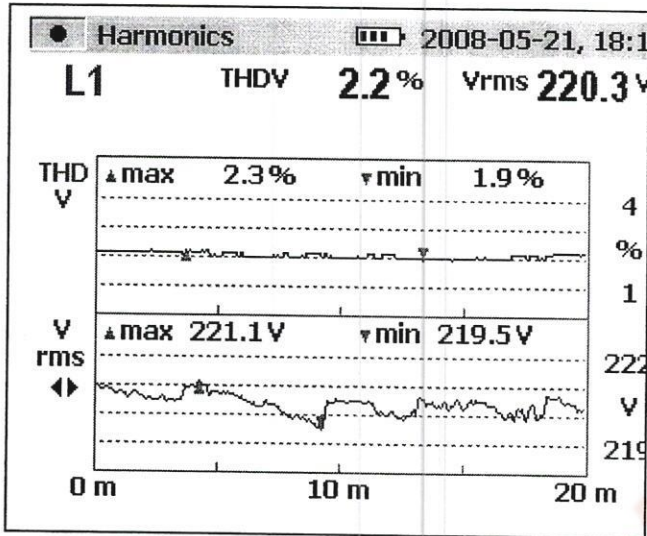


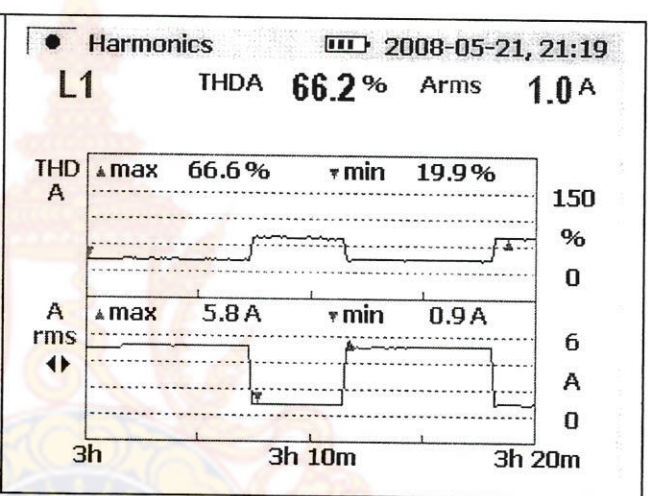
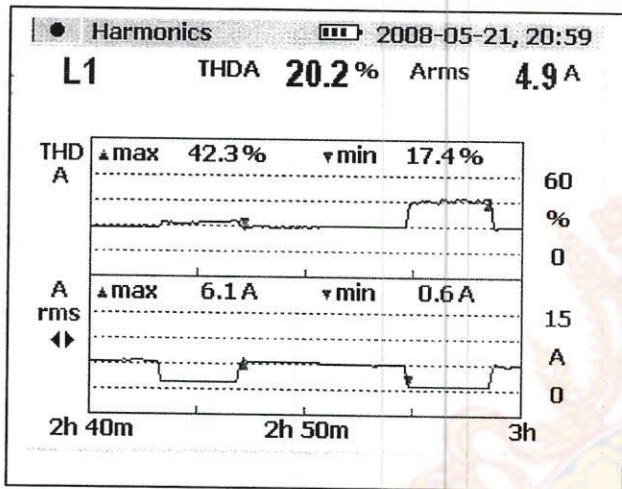
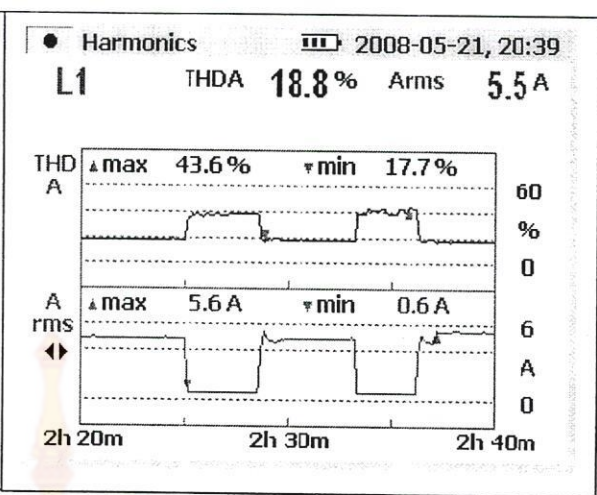
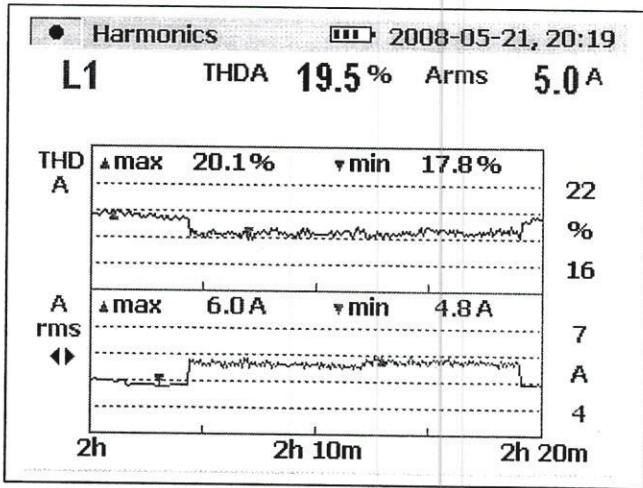
ครั้งที่ 16



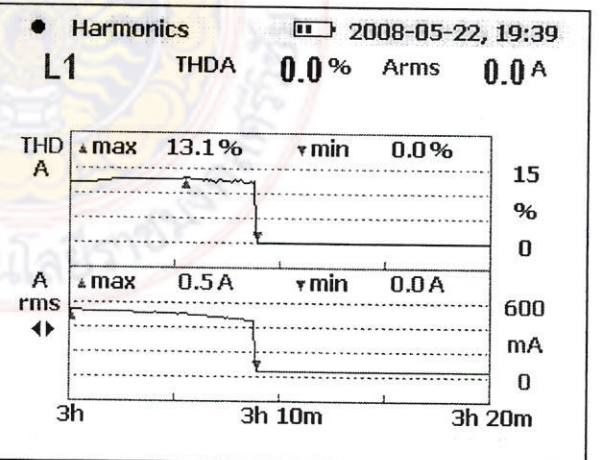
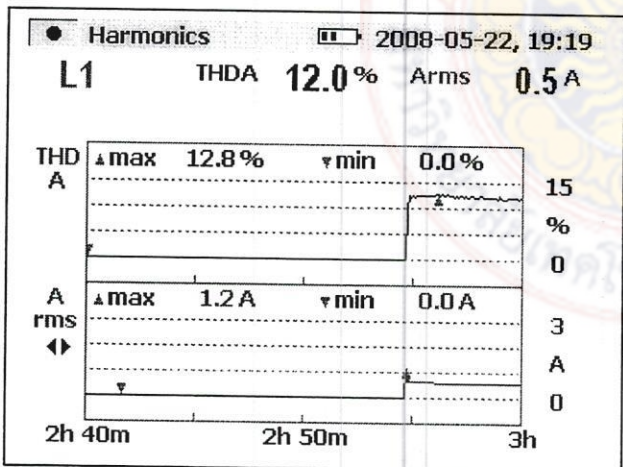
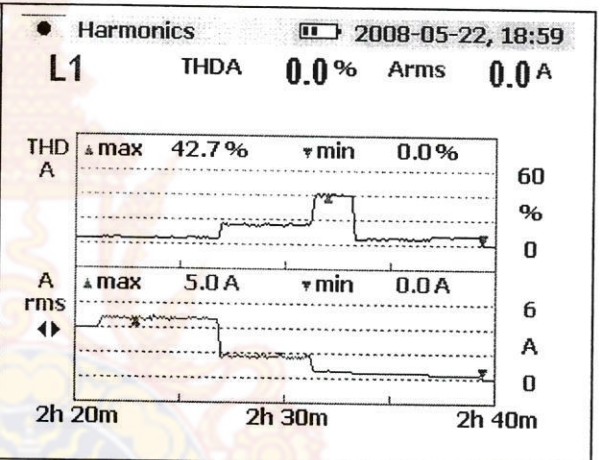
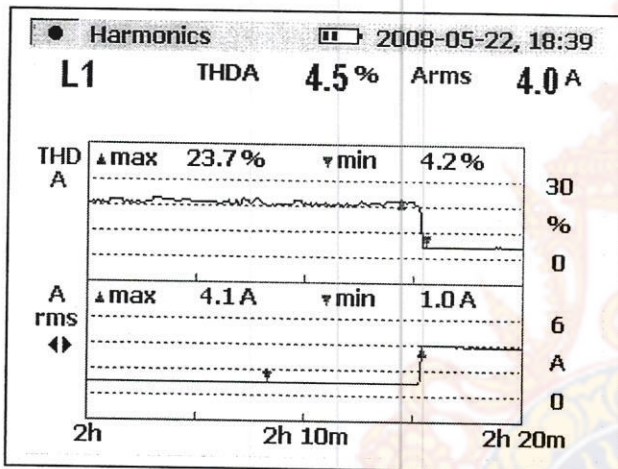
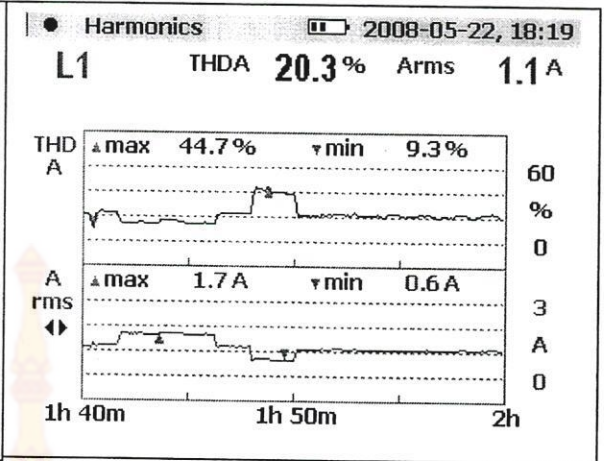
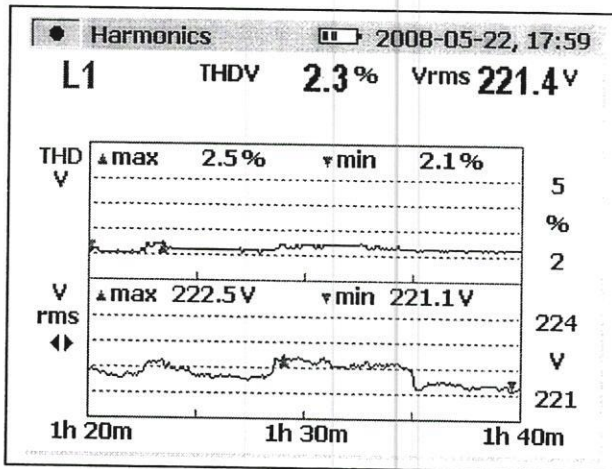


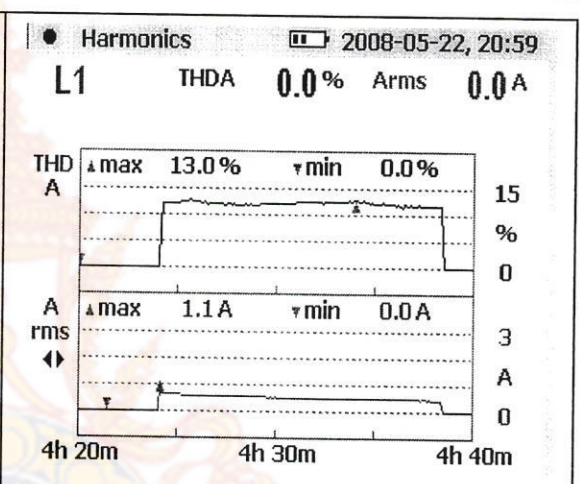
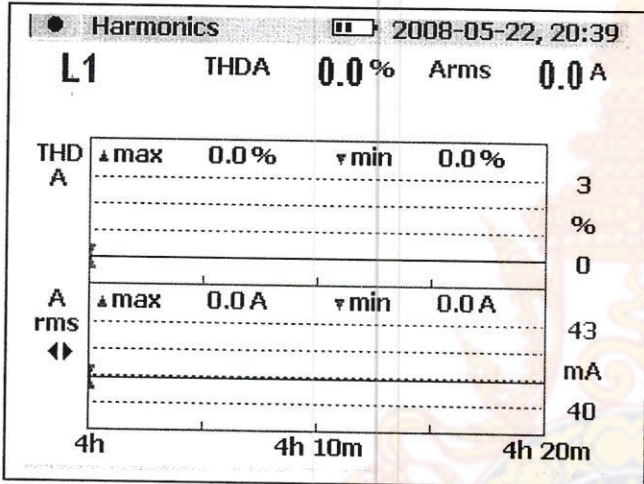
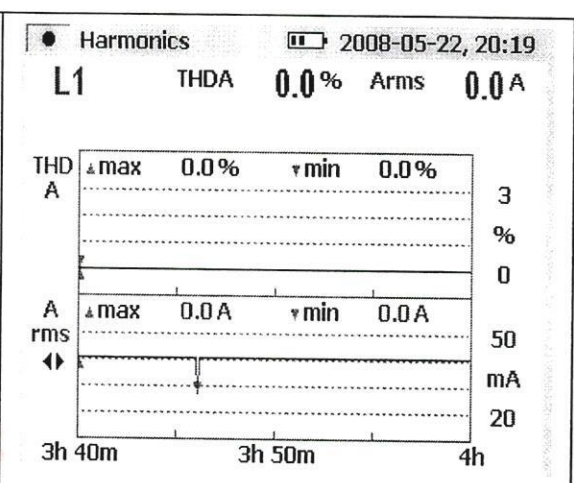
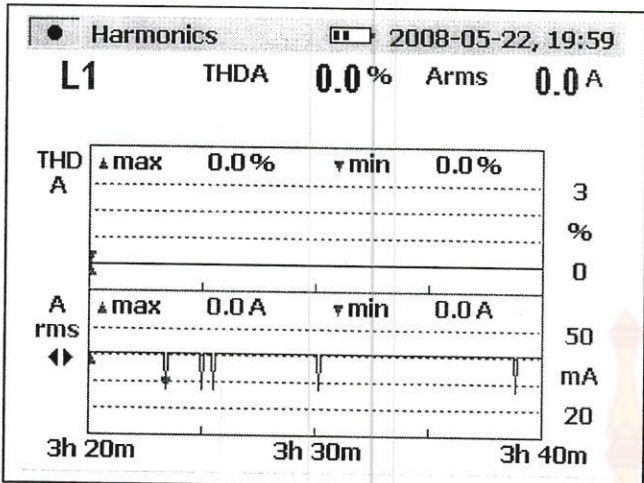
ครั้งที่ 17

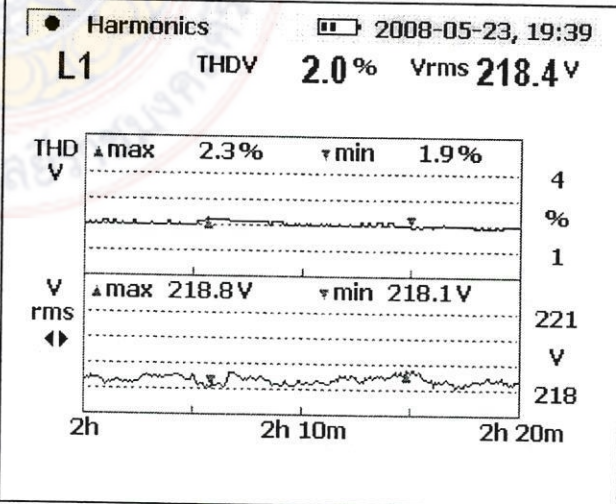
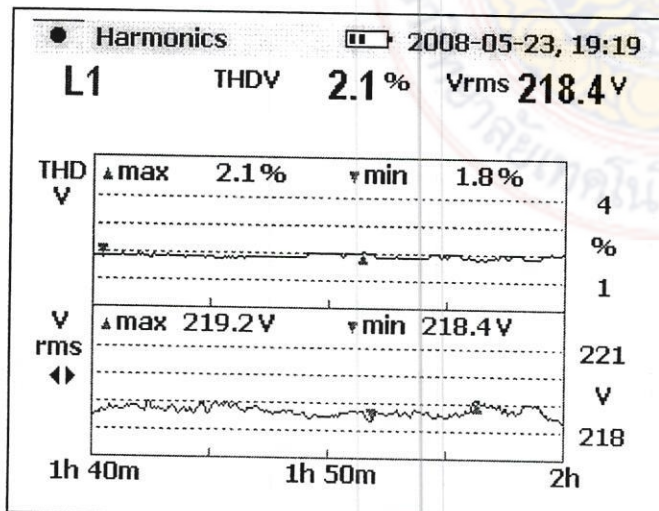
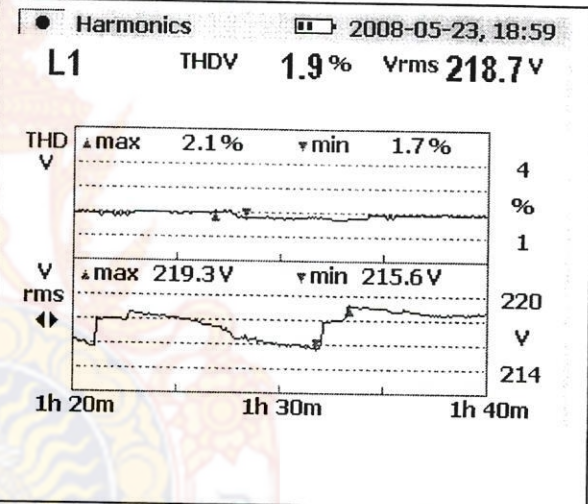
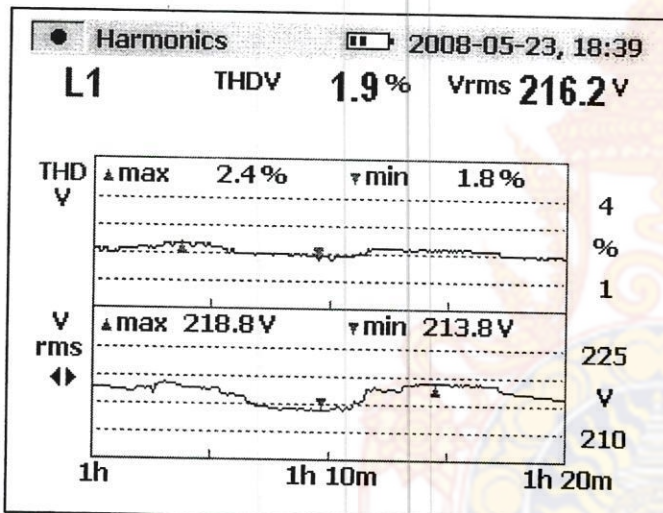
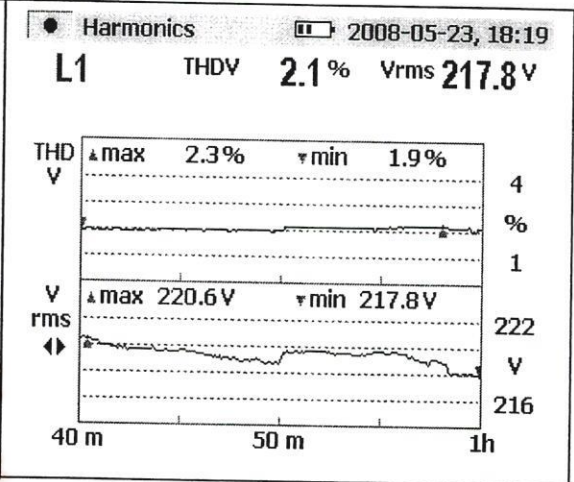
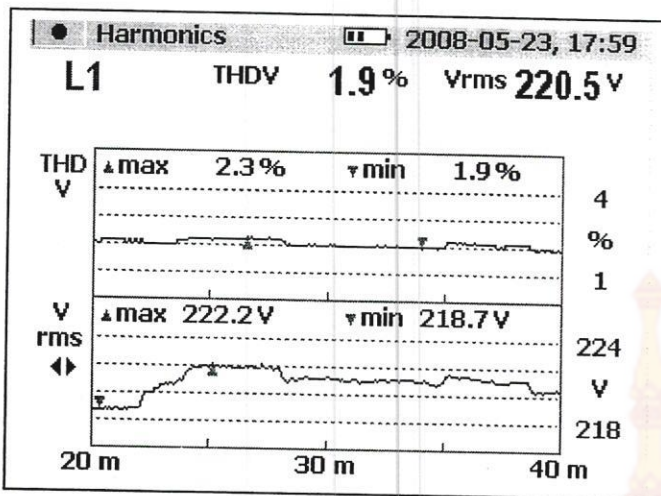


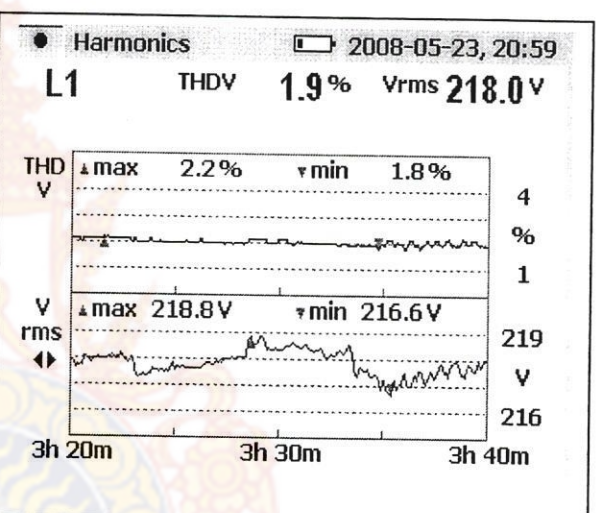
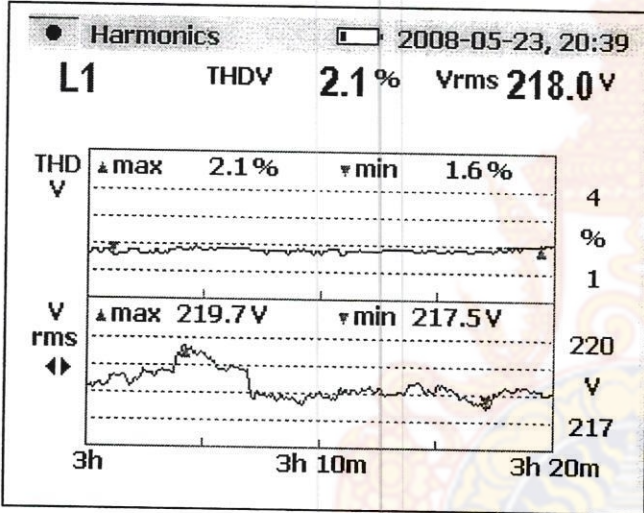
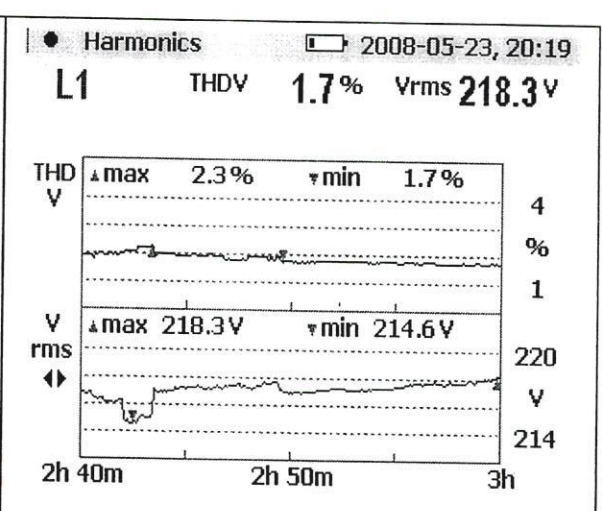
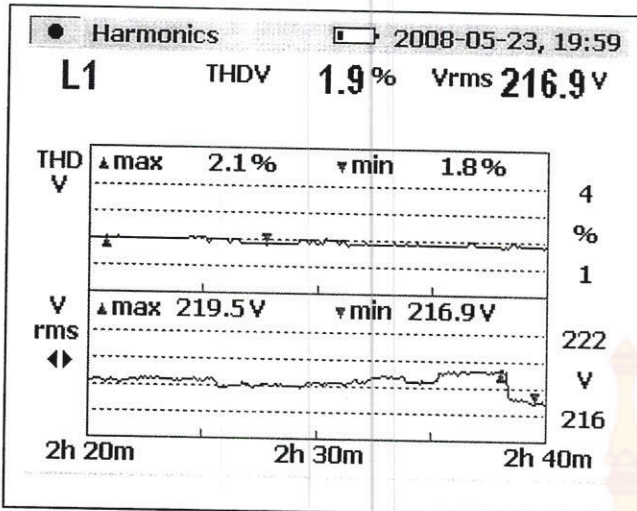


ครั้งที่ 18

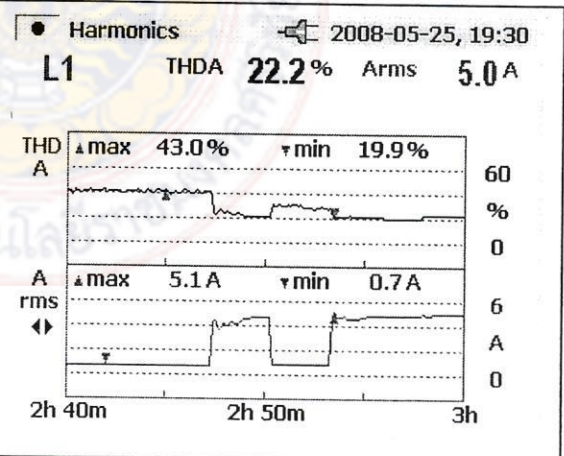
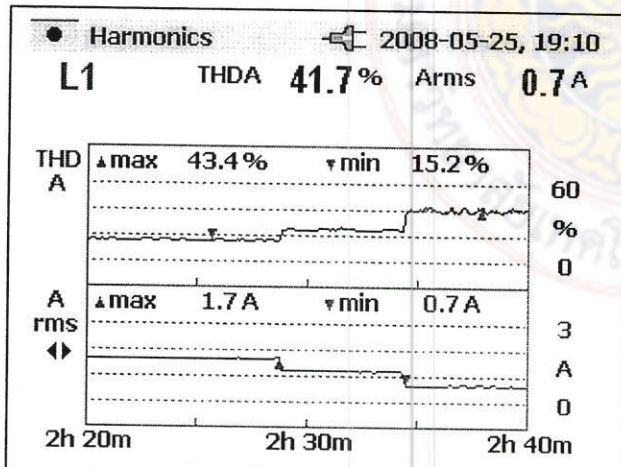
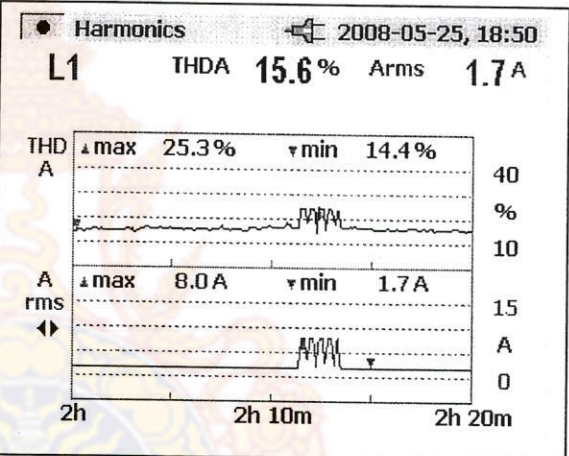
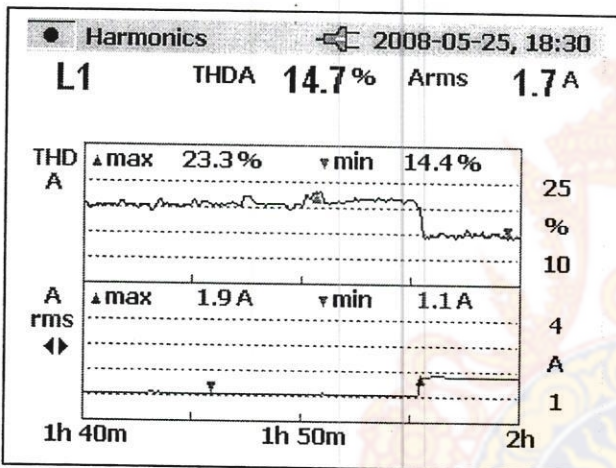
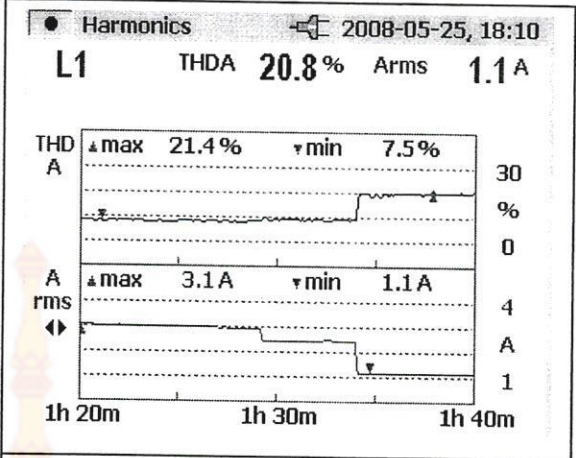
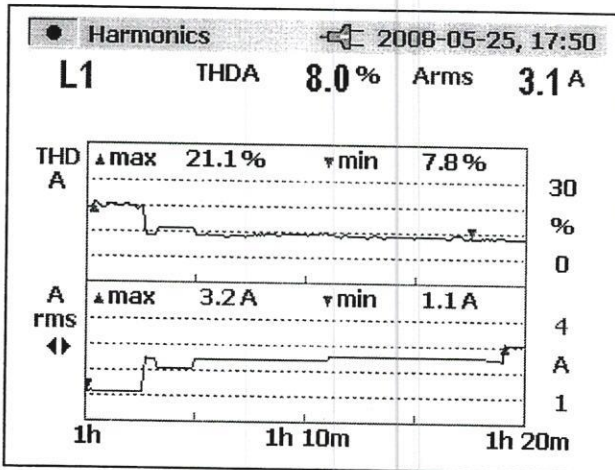


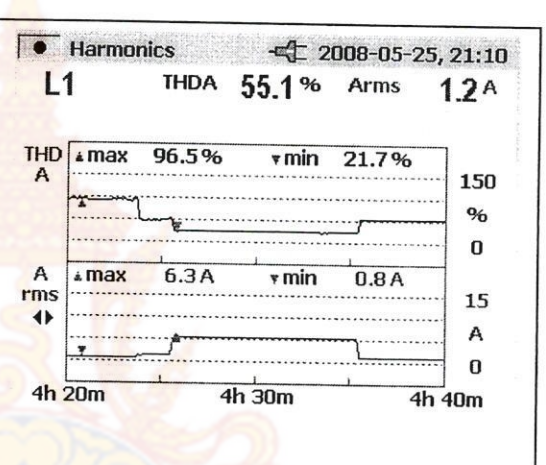
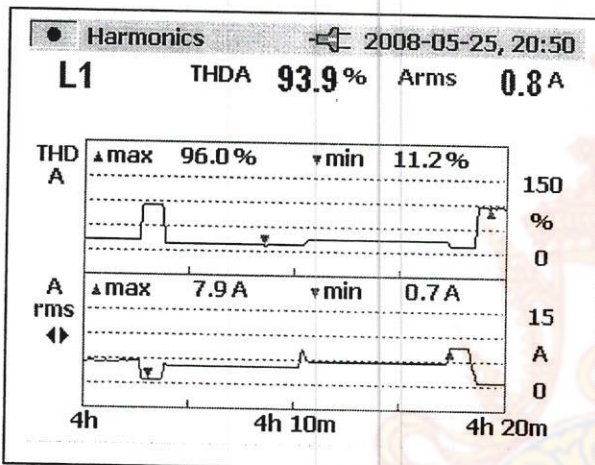
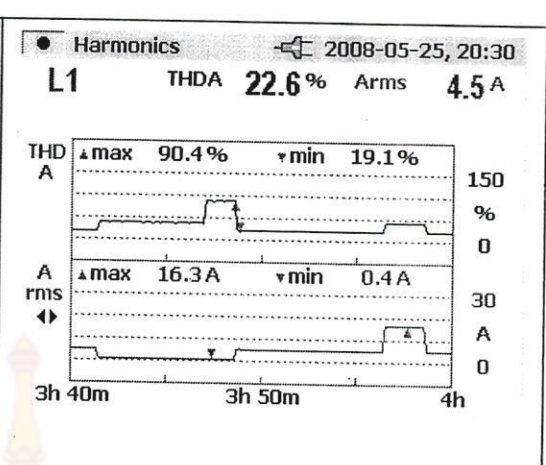
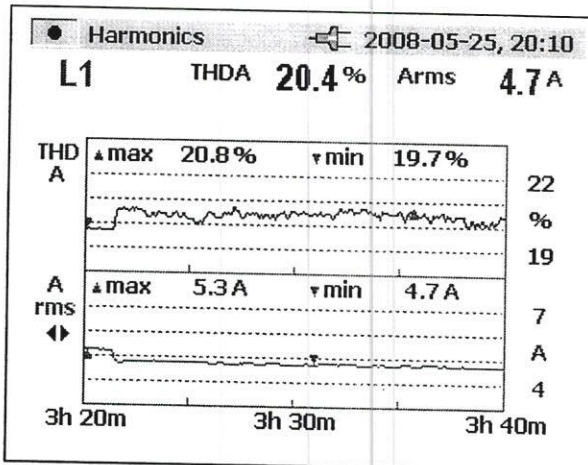






ครั้งที่ 20





ภาคผนวก ข



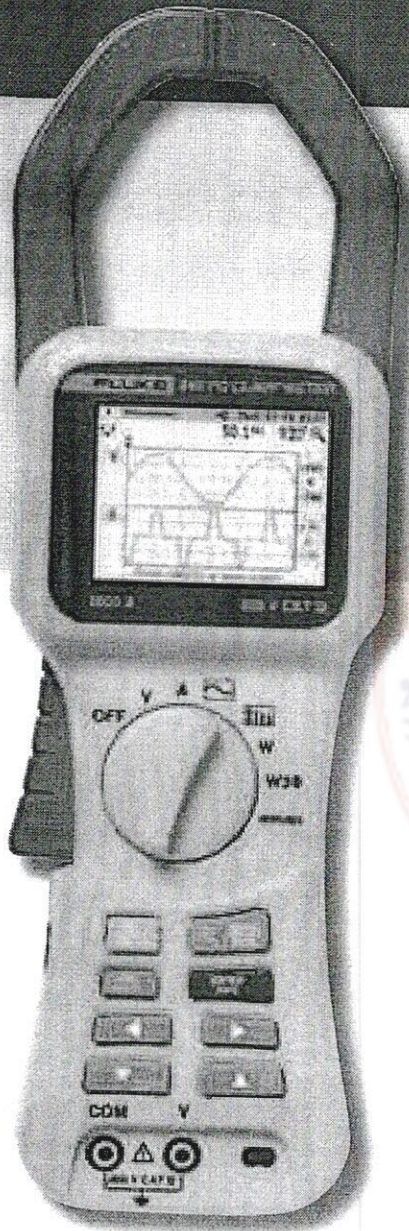
FLUKE®

Fluke 345 Power Quality Clamp Meter

Technical Data

The ideal meter for commissioning and troubleshooting modern electrical loads

With a bright color display to analyze the harmonic spectrum, a low-pass filter to remove high frequency noise, and a high EMC immunity design, the Fluke 345 is ideal for measurements on switching loads such as variable frequency drives, electronic lighting and UPS systems. Additionally, the Hall Effect measurement system makes measurement of dc current possible without the need to break the circuit, and the internal memory enables long-term logging for analysis of trends or intermittent problems.



- **AC/DC current:** Clamp-on measurement of ac current up to 1400 A rms and dc current up to 2000 A without breaking the circuit
- **Highest safety rating:** 600 V CAT IV rated for use at the service entrance
- **Accurate in noisy environments:** Even with distorted waveforms present on electronic loads with low-pass filter
- **Data logging:** Identify intermittent faults by logging any power parameters for minutes or months, including harmonics
- **Verify batteries:** Direct measurement of dc ripple (%) for battery and dc systems
- **Troubleshoot harmonics:** Analyze and log harmonics digitally or graphically
- **Inrush current:** Capture and analyze nuisance tripping, from 3 seconds to 300 seconds
- **Easy to use:** Easily confirm instrument setup with large backlit color display of waveforms and trends
- **3-Phase power:** Built in capability for balanced loads
- **View graphs and generate reports:** With included Power Log software



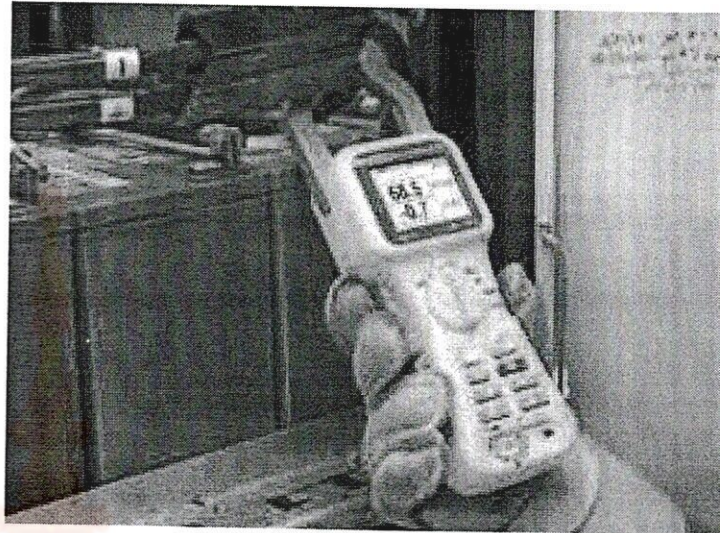
Applications

Set up and troubleshoot variable frequency drives and UPS systems - Verify correct operation by measuring key parameters

Harmonics measurements - Uncover harmonic issues that can damage or disrupt critical equipment

Inrush capture - Check start-up current where spurious resets or nuisance circuit breaker tripping occurs

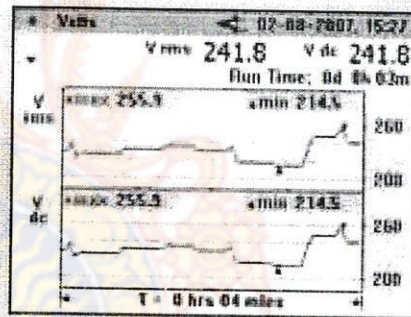
Load studies - Verify electrical system capacity before adding loads



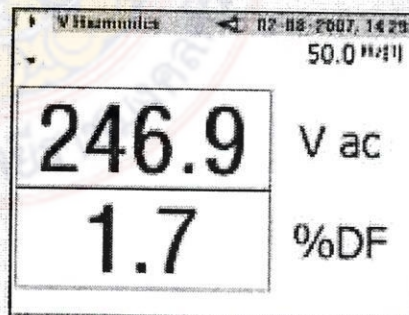
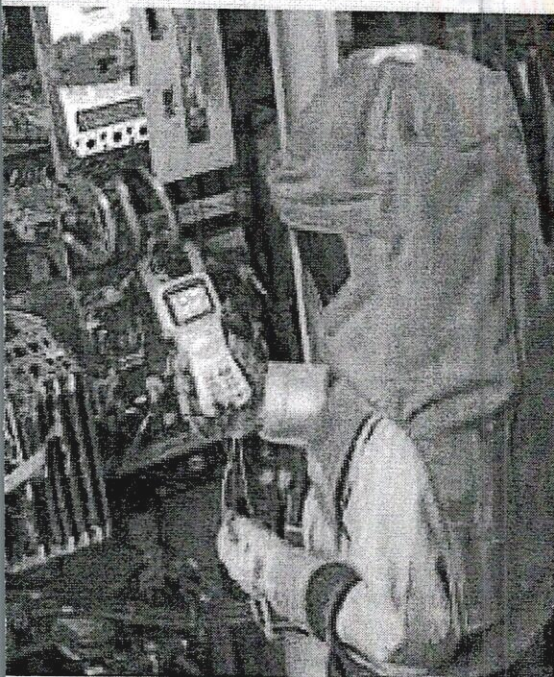
Log measured parameters

All voltage, current, power, and harmonic measurements can be logged for minutes, hours, or months. Measurement averaging periods from 1 second to 15 minutes can be selected depending on the application.

Measured parameters can be logged into three separate recording memory areas. If longer recordings are required, the three areas may be combined into one. Stored measurements can be recalled and displayed on-screen in normal screen format or downloaded using the Power Log software package.



Log parameters over time to track down intermittent faults.



Harmonics measurements—view key harmonic factors such as distortion factor and total harmonic distortion, as well as individual harmonics up to the 30th harmonic.

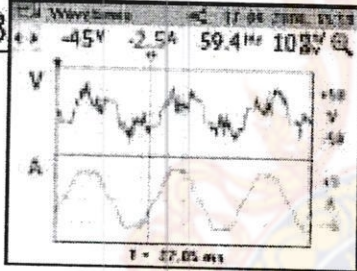
Flexible and easy to use

The 345 measures a wide range of electrical parameters and can be used for many applications in today's modern electrical environment. Measuring mode is selected by a simple turn of the rotary switch and the large color display presents data in a clear, easy-to-understand way.

By default the display will show the most common measurements, in very large format. If more detailed views are required they are available with the press of a single key (up to six measurements at once).

Power Index			50.0 Hz
KW	KVA	KVAR	
7.40	7.53	1.39	
V RMS	A RMS	PF	
243.3	30.96	+0.98	

Equipment performance measurement - power consumed by single- and three-phase balanced loads.

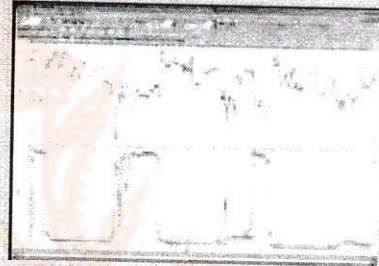


View waveforms for equipment checking and setup.

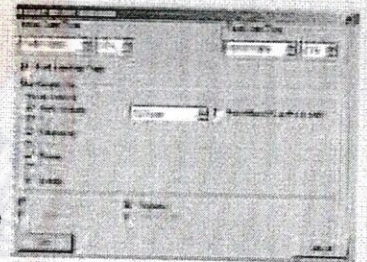
Analysis and reporting software

Designed to quickly view recorded data, the included Power Log software displays all recorded parameters on interactive trends. Generate professional reports with the 'Report Writer' function, or copy and paste images into report document manually.

- Easy-to-use tabbed window format allows quick data evaluation.
- One-step download and display capability
- Waveform, harmonics, and trend download
- Simple data export to other applications



View recorded data in simple graphs and tables.



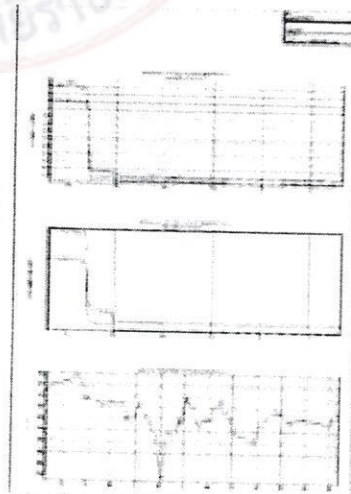
Easily customize the report.

Inrush current

Diagnose equipment start-ups with the inrush current mode. The inrush current trigger level is set prior to recording. Once the level has been exceeded, the meter will begin capture. Recordings from 3 seconds to 300 seconds may be captured, and up to 1000 inrush events may be stored in the instruments memory.

Screen captures and data logging

Any measurement can be stored in memory for later viewing, or downloaded to a PC. Simply press 'SAVE' to capture the current screen to memory - up to 50 screen shots can be saved for quick and simple documentation. Additionally, over 50,000 individual measurements can be logged for later viewing on the display or on a PC using Power Log software.



Create professional reports.

General Specifications

Display

Color transmissive LCD 320 x 240 pixels (70 mm diagonal) with 2 level backlight

Power supply

Battery type 1.5 V Alkaline AA MN 1500 or IEC LR6 x 6	
Battery life typically	> 10 hours (backlight on full)
	> 12 hours (backlight reduced)
Battery Eliminator BE345	
Input	110 V/230 V, 50/60 Hz
Output	15 V dc, 300 mA

Ambient conditions (For indoor use only)

Reference conditions	All accuracies stated at 23 °C ± 1 °C (73.4 °F ± 1.8 °F)
Operating temperature	0 °C to 50 °C (32 °F to 122 °F)
Temperature coefficient of current	≤ ± 0.15 % of rdg per °C
Temperature coefficient of voltage	≤ ± 0.15 % of rdg per °C
Maximum relative humidity	80 % for temperatures up to 31 °C (87 °F) decreasing linearly to 50 % relative humidity at 40 °C (104 °F)
Maximum operating altitude	2000 m

Electrical safety

Safety IEC 61010-1 600 V CAT IV, double or reinforced insulation, pollution degree 2	
Protection IP40; EN60529	
Maximum safe working voltages	
Current measurement	600 V ac rms or dc between uninsulated conductor and ground
Voltage measurement	600 V ac rms or dc between either input terminal and ground, or 825 V between energized phase voltages (delta power config.)

EMC

Emission	IEC/EN 61326-1:1997 class B
Immunity	IEC/EN 61326-1:1997

Mechanical

Dimensions (length x width x depth)	300 mm x 98 mm x 52 mm (12 in x 3.75 in x 2 in)
Weight including batteries	820 g/1.8 lb
Jaw opening	60 mm
Jaw capacity	58 mm diameter
Cleaning	The unit can be cleaned with an Isopropanol impregnated cloth. Do not use abrasives or other solvents.

Specifications

Electrical data

All accuracies stated at 23 °C ± 1 °C (73.4 °F ± 1.8 °F). See Ambient conditions specifications for temperature coefficients.

Current measurement (dc, dc rms, ac rms)

Measuring range	0 to 2000 A dc or 1400 ac rms
Autorange facility	40 A/400 A/2000 A
Resolution	10 mA in 40 A range 100 mA in 400 A range 1 A in 2000 A range
Accuracy	
DC and dc rms	
I > 10 A	± 1.5 % rdg ± 5 digits
I < 10 A	± 0.2 A
AVG	
I > 10 A	± 3 % rdg ± 5 digits
I < 10 A	± 0.5 A
Pk	
I > 10 A	± 5 % rdg ± 5 digits
I < 10 A	± 0.5 A
AHr	
I > 10 A	± 2 % rdg ± 5 digits
I < 10 A	± 0.5 AHr
CF (Crest Factor)	
1.1 ≤ CF < 3	± 3 % rdg ± 5 digits
3 ≤ CF < 5	± 5 % rdg ± 5 digits
Resolution	0.01
RPL (Ripple)	
2 % ≤ RPL < 100 %	± 3 % rdg ± 5 digits
100 % ≤ RPL < 600 %	± 5 % rdg ± 5 digits
Resolution	0.1 %
I _{dc} > 5 A, I _{ac} > 2 A	

All measurements dc and 15 Hz to 1 kHz
 Maximum overload 10,000 A or rms x frequency < 400,000
 Amps rms is a true-rms measurement (ac + dc)

Voltage measurement (dc, dc rms, ac rms)

Measuring range	0 to 825 V dc or ac rms
Autorange facility	4 V/40 V/400 V/750 V
Resolution	1 mV in 4 V range
	10 mV in 40 V range
	100 mV in 400 V range
	1 V in 750 V range
Accuracy	
DC and dc rms	
V > 1 V	± 1 % rdg ± 5 digits
V < 1 V	± 0.02 V
AVG	
V > 1 V	± 3 % rdg ± 5 digits
V < 1 V	0.03 V
Pk	
V > 1 V	± 5 % rdg ± 5 digits
V < 1 V	± 0.03 V
CF (Crest Factor)	
1.1 ≤ CF < 3	± 3 % rdg ± 5 digits
3 ≤ CF < 5	± 5 % rdg ± 5 digits
Resolution	0.01
RPL (Ripple)	
2 % ≤ RPL < 100 %	± 3 % rdg ± 5 digits
100 % ≤ RPL < 600 %	± 5 % rdg ± 5 digits
Resolution	0.1 %
$V_{dc} > 0.5 V, V_{ac} > 0.2 V$	
All measurements dc and 15 Hz to 1 kHz Maximum overload 1,000 V rms Volts rms is a true-rms measurement (ac + dc)	

Harmonics

THD (Total Harmonic Distortion)	
1 % ≤ THD < 100 %	± 3 % rdg ± 5 digits
100 % ≤ THD < 600 %	± 5 % rdg ± 5 digits
Resolution	0.1 %
DF (Distortion Factor)	
1 % ≤ DF < 100 %	± 3 % rdg ± 5 digits
Resolution	0.1 %
$H02 \leq V_{harm} < H13$	± 5 % rdg ± 2 digits
$H13 \leq V_{harm} \leq H30$	± 10 % rdg ± 2 digits
All measurements up to 30th harmonic (40th harmonic for 15 Hz to 22 Hz) Frequency range F_0 15 Hz to 22 Hz and 45 Hz to 65 Hz $V_{acrms} > 1V$	

Watts measurement (single- and three-phase) (dc, dc rms, ac rms)

Measuring range	0 to 1650 kW dc or 1200 kW ac
Autoranging facility	4 kW, 40 kW, 400 kW, 1650 kW ac
Resolution	1 W in 4 kW 10 W in 40 kW 100 W in 400 kW 1 kW in 1200 kW
Accuracy	2.5 % rdg ± 5 digits W1Ø < 2 kW ± 0.08 kW W3Ø < 4 kW ± 0.25 kW

VA measurement (single- and three-phase) (dc, dc rms, ac rms)

Measuring range	0 to 1650 kVA dc or 1200 kVA ac
Autorange facility	4 kVA, 40 kVA, 400 kVA, 1650 kVA
Resolution	1 VA in 4 kVA 10 VA in 40 kVA 100 VA in 400 kVA 1 kVA in 1200 kVA
Accuracy	VA > 2 kVA 2,5 % rdg ± 5 digits VA < 2 kVA ± 0.08 kVA

VAR measurement (single- and three-phase)

Measuring range	0 to 1250 kVAR
Autorange facility	4 kVAR, 40 kVAR, 400 kVAR, 1200 kVAR
Resolution	1 VAR in 4 kVAR 10 VAR in 40 kVAR 100 VAR in 400 kVAR 1 kVAR in 1200 kVAR
Accuracy	VAR > 4 kVAR ± 2.5 % rdg ± 5 digits VAR < 4 kVAR ± 0.25 kVAR
Power factor range	0.3 < PF < 0.99

Power factor (single- and three-phase)

Power factor

Measuring range	0.3 capacitive and 1.0 to 0.3 inductive (72.5° capacitive and 0° to 72.5° inductive)
Resolution	0.001
Accuracy	± 3°
Frequency range	15 Hz to 1 kHz

Displacement power factor

Measuring range	0.3 capacitive and 1.0 to 0.3 inductive (72.5° capacitive and 0° to 72.5° inductive)
Resolution	0.001
Accuracy	± 3°
Frequency range	15 Hz to 22 Hz and 45 Hz to 65 Hz

Kilowatt hour (kWhr)

Measuring range	40,000 kWhr
Autorange facility	1 kWhr, 40 kWhr, 400 kWhr, 4,000 kWhr, 40,000 kWhr
Resolution	1 WHr in 4 kWhr
	10 WHr in 40 kWhr
	100 WHr in 400 kWhr
	1 kWhr in 4,000 kWhr
	10 kWhr in 40,000 kWhr
Accuracy	
kWhr > 2 kWhr	± 3 % ± 5 digits
kWhr < 2 kWhr	± 0.08 kWhr
All Watts /VA /VAR /PF measurements	
Frequency range	DC and 15 Hz to 1 kHz
Current range	10 A to 1400 A rms
Voltage range	1 V to 825 V rms
Maximum input	825 V rms/1400 A rms
Maximum overload	1000 V rms/10,000 A

Frequency measurement (from current or voltage sources)

Measuring range	15 Hz to 1 kHz
Resolution	0,1 Hz
Accuracy	15 to 22 Hz ± 0.5 % rdg
	40 Hz to 70 Hz ± 0.5 % rdg
	15 Hz to 1000 Hz ± 1% rdg
Current range	10 A to 1400 A rms
Voltage range	1 V to 825 V rms

Scope function

Current measurement	
Ranges	10 A/20 A/40 A/100 A/200 A/400 A/1000 A/2000 A
Resolution	1 A in 40 A
	10 A in 400 A
	50 A in 2000 A
Accuracy	± 3 % rdg ± 1 pixel
Maximum overload	10,000 A
Voltage measurement	
Ranges	4 V/10 V/20 V/40 V/100 V/200 V/400 V/1000 V
Resolution	100 mV in 4 V
	1 V in 40 V
	10 V in 400 V
	31.25 V in 1000 V
Accuracy	± 2 % rdg ± 1 pixel
Maximum overload	1000 V rms
Frequency range	DC and 15 Hz to 600 Hz
Time base	2.5 ms, 5 ms, 10 ms, 25 ms, 50 ms/div
Refresh rate	0.5 seconds
Maximum sampling rate	15.625 kHz

Inrush current function

Ranges	40 A, 400 A, and 2000 A
Resolution	10 mA in 40 A range
	100 mA in 400 A range
	1 A in 2000 A range
Accuracy	
I > 10 A	± 5 % rdg ± 1 pixel
I < 10 A	± 0.5 A
All measurements dc and 15 Hz to 1 kHz	
Maximum overload	Maximum overload 10,000 A or rms x frequency < 400,000
Amps rms is a true-rms measurement (ac + dc)	
Capture time	1 s, 3 s, 10 s, 30 s, 100 s, and 300 s
Maximum sampling rate	15.625 kHz

Interface

USB Interface to a PC
Power Log software for download, analysis, and reporting
345 Upgrade Utility for installing a new firmware version

Logging Memory

Logging areas	Three areas that can be used individually or combined into one large area
Averaging periods	1 s, 2 s, 5 s, 10 s, 30 s, 1 min, 5 min, 10 min, 15 min, and custom



Logging times

Volts and current mode		
Average time	Logging time (1 area)	Logging time (3 areas)
1 s	1 h 49 m	5 h 12 m
2 s	3 h 38 m	10 h 24 m
5 s	9 h 06 m	1 d 2 h 00 m
10 s	18 h 12 m	2 d 04 h 00 m
30 s	2 d 06 h 36 m	6 d 12 h 01 m
1 min	4 d 13 h 12 m	13 d 00 h 03 m
5 min	22 d 18 h 00 m	65 d 00 h 15 m
10 min	45 d 12 h 00 m	130 d 00 h 30 m
15 min	68 d 06 h 00 m	195 d 00 h 45 m

V & A harmonics mode		
Average time	Logging time (1 area)	Logging time (3 areas)
1 s	0 h 34 m	1 h 38 m
2 s	1 h 08 m	3 h 16 m
5 s	2 h 52 m	08 h 11 m
10 s	5 h 44 m	16 h 23 m
30 s	17 h 13 m	2 d 01 h 11 m
1 min	1 d 10 h 26 m	4 d 02 h 23 m
5 min	7 d 04 h 10 m	20 d 11 h 25 m
10 min	14 d 08 h 20 m	81 d 0 h 50 m
15 min	21 d 12 h 30 m	121 d 13 h 15 m

single- and three-phase power mode		
Average Time	Logging Time (1 area)	Logging Time (3 areas)
1 s	1 h 40 m	4 h 47 m
2 s	3 h 21 m	9 h 34 m
5 s	8 h 22 m	23 h 57 m
10 s	16 h 45 m	1 d 23 h 54 m
30 s	2 d 02 h 17 m	5 d 23 h 42 m
1 min	4 d 04 h 35 m	11 d 23 h 25 m
5 min	20 d 22 h 55 m	59 d 21 h 05 m
10 min	41 d 21 h 50 m	119 d 18 h 10 m
15 min	62 d 20 h 45 m	179 d 15 h 15 m

Ordering information

Fluke-345 Power Quality Clamp Meter

- Includes**
- Soft carrying case
 - Power Log software
 - Test leads
 - Alligator clips
 - Test probes
 - USB cable
 - International ac adapter / battery eliminator
 - Printed English language user manual
 - Multi-language manual CD

Recommended Accessories:

TP220 SureGrip™ Industrial Test Probes - One pair (red, black) of Industrial test probes. Sharp, 12 mm stainless steel tip provides reliable contact. Use with TL224 test leads.

AC220 SureGrip™ Alligator Clips - One pair (red, black) of small, insulated, nickel plated jaws. Blunt tip grabs round screw heads up to 9.5 mm. Use with TL224 test leads.

TP1 Slim Reach Test Probes - One pair (red, black) of slender probe bodies for probing closely spaced or recessed terminals. Hard stainless steel probe tips with flat blade design to hold securely in blade type electrical wall sockets.

L200 Probe Light - Small, rugged, and light the L200 easily attaches to any Fluke test probe. Bright white LED illuminates contact area and frees hands for work.

L210 Probe Light and Probe Extenders - Includes L200 Probe Light and TP280 Test Probe Extenders to keep hands away from live circuits and light work area

3550 Tool Bag - Steel reinforced frame with heavy duty hardware and large zippered storage compartment includes 25 pockets. Allows you to carry all your tools to the job site.

TLK291 - Fused Test Leads provide extra safety with retractable sheath protecting contact points.



Fluke. Keeping your world up and running.™

Fluke Corporation
 PO Box 9090, Everett, WA USA 98206
 Fluke Europe B.V.
 PO Box 1186, 5602 BD
 Eindhoven, The Netherlands

For more information call:
 In the U.S.A. (800) 443-5853 or
 Fax (425) 446-5116
 In Europe/M-East/Africa +31 (0) 40 2675 200 or
 Fax +31 (0) 40 2675 222
 In Canada (800) 36-FLUKE or
 Fax (905) 890-6866
 From other countries +1 (425) 446-5500 or
 Fax +1 (425) 446-5116
 Web access: <http://www.fluke.com>

©2007 Fluke Corporation. All rights reserved.
 Specifications subject to change without notice.
 Printed in U.S.A. 1/2007 2643038 D-EN-N Rev C