บทที่ 4

ผลการทดลอง

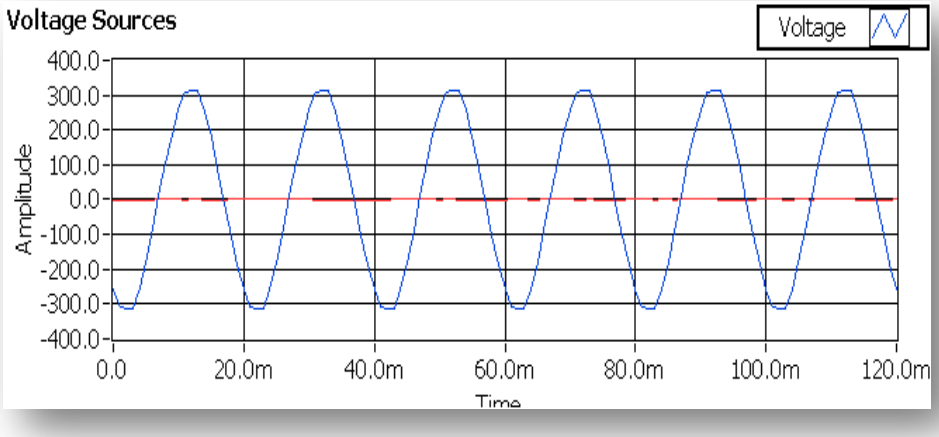
บทนำ

บทที่ 4 ประกอบไปด้วยการผลการทดลองในการใช้ระบบติดตามและเฝ้าดูการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบโฟโตโวลตาอิกแบบเชื่อมต่อกริดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคแบบออนไลน์ โหลดที่ใช้ในการทดลองประกอบไปด้วย โหลดต่างๆชนิดกัน การวัดค่ากำลังไฟฟ้าจากระบบโฟโตโวลตาอิกและการแสดงผลแบบออนไลน์

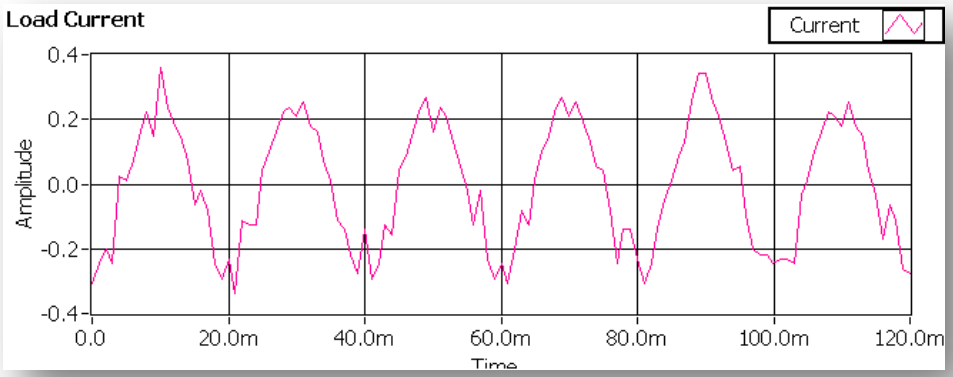
4.1 ผลการทดลองที่ได้จากการวัดโปรแกรม Lab View

4.1.1 ผลการทดลองกับโหลดพัดลมตั้งโต๊ะ

จากรูปที่ 4.1 แสดงการวัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220V $50H_z$ เมื่อแรงดันสูงสุดที่วัดได้โดยประมาณ 320V คือแรงดันสูงสุด (V_{max}) ที่วัดได้และแสดงออกมาที่หน้าจอเครื่องคอมพิวเตอร์ในแบบของรูปคลื่นไซน์ ด้วยขนาดแรงดันประสิทธิผล หรือบางที่จะเรียกว่าแรงดัน Root means square (RMS) (V_{rms}) 225V ความถี่ 50Hz หรือคาบเวลา 20ms สำหรับค่ากระแสไฟฟ้าสามารถวัดได้ ตามรูปที่ 4.1 ซึ่งเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าที่ต่อให้กับพัดลมตั้งโต๊ะ ส่วนขนาดของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับพัดลมตั้งโต๊ะ สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 4.2 ซึ่งแสดงรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าของโหลดพัดลม โดยมีค่ากระแสประสิทธิผล หรือกระแส RMS ที่ 0.18 Amps และกระแสล้าหลังแรงดัน (Lagging) เป็นมุม -7.76 องศา นั่นหมายความว่า พัดลมตั้งโต๊ะ เป็นโหลดหรือ ภาระทางไฟฟ้าประเภทเหนี่ยวนำ หรือ Inductive Load

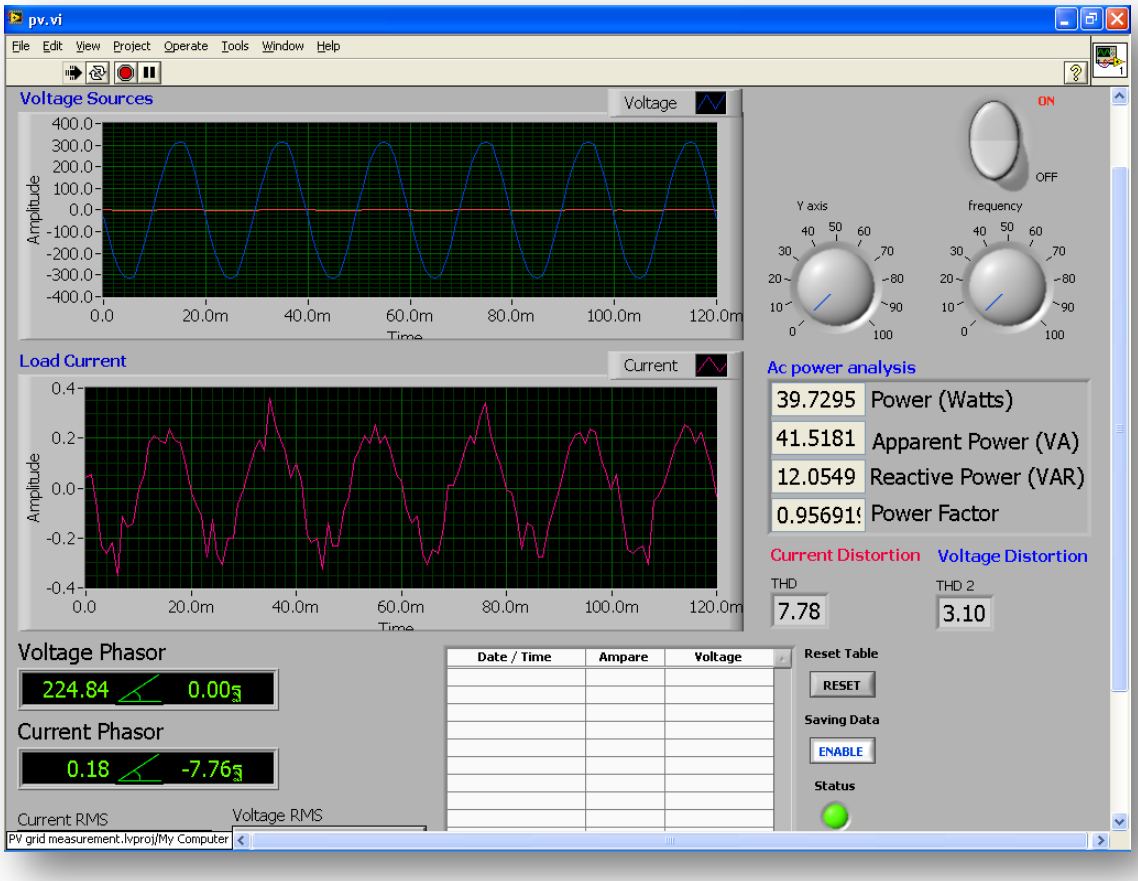


รูปที่ 4.1 แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากโปรแกรม PV Monitoring System

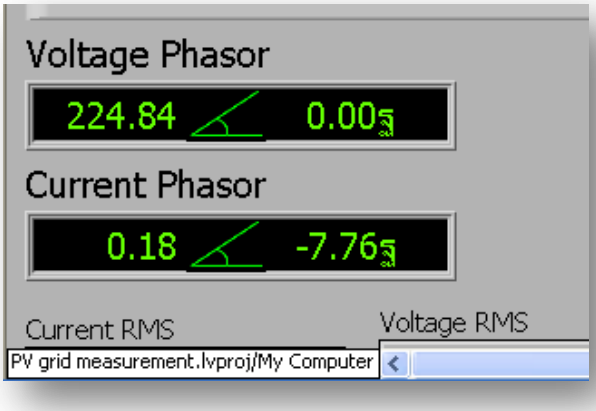


รูปที่ 4.2 ขนาดรูปคลื่นกระแสของพัดลมตั้งโต๊ะ

จากรูปที่ 4.2 แสดงรูปคลื่นกระแสของพัดลมตั้งโต๊ะ พบว่ารูปคลื่นกระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากการใช้งานของพัดลม จะมีความผิดเพี้ยนไปจากรูปคลื่นหลักมูล (Fundamental Sinusoidal) ไปเพียงเล็กน้อย หรือคิดที่ค่าความผิดเพี้ยนของรูปคลื่น Total Harmonic Distortion (THD) มีค่าร้อยละ 7.78 ทางด้านรูปคลื่นแรงดัน มีความผิดเพี้ยนที่น้อยกว่า โดยมีค่าร้อยละ 3.10

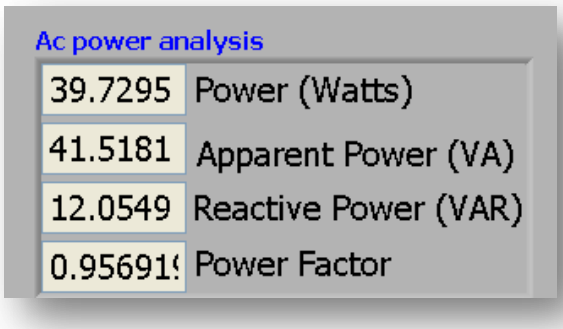


รูปที่ 4.3 ข้อมูลระบบไฟฟ้าโดยรวมที่วัดได้จากพัดลมตั้งโต๊ะ



รูปที่ 4.4 แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ V_{rms} และกระแสโหลด I_{rms}

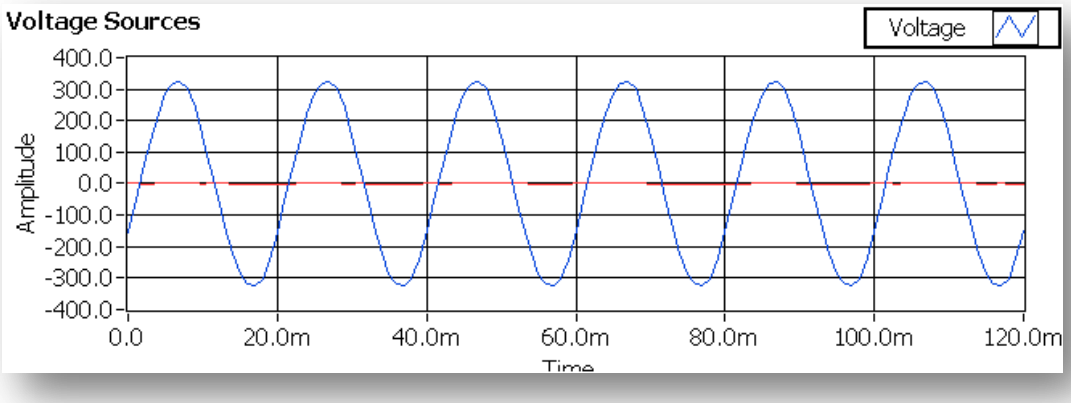
รูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้า ที่วัดได้จากโปรแกรม โดยค่าที่วัดได้มีค่าเป็น RMS โดยมีลักษณะของโหลดเหนี่ยวนำ รูปที่ 4.5 คือค่ากำลังไฟฟ้าทั้งสามแบบที่วัดได้จากโปรแกรม ซึ่งพิจารณาได้ว่า กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานของพัดลมตั้งโต๊ะ ประกอบด้วย กำลังไฟฟ้าจริง (Real Power) มีค่า 39.73 Watts กำลังไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Reactive Power) มีค่า 12.05 Vars กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Appearance Power) มีค่า 41.52 VA ตัวประกอบกำลัง (Power Factor) 0.96



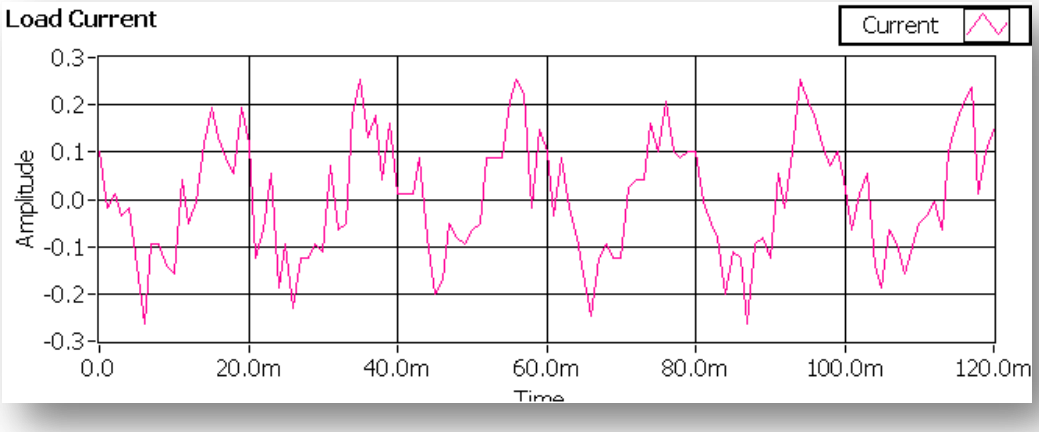
รูปที่ 4.5 ค่ากำลังไฟฟ้า P, Q, S

4.1.2 ผลการทดลองกับโหลดหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 18 วัตต์ บัลลาสต์แบบอิเล็กทรอนิกส์

หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 18 วัตต์ บัลลาสต์แบบอิเล็กทรอนิกส์ เป็นหลอดไฟฟ้าที่มีตัวประกอบกำลังสูง สตาร์ทติดง่าย ผลของการทดลองเพื่อทดสอบการใช้งานของโปรแกรมพบว่า แรงดันไฟฟ้ามีรูปคลื่นที่ใกล้เคียงรูปคลื่นหลัก มีความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นน้อย แตกต่างจากรูปคลื่นกระแสของโหลดหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่มีบัลลาสต์แบบอิเล็กทรอนิกส์มาก เนื่องจากผลของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ประกอบอยู่ในบัลลาสต์ ทำให้รูปคลื่นของกระแสมีความผิดเพี้ยนไปจากรูปคลื่นไซน์มากที่สุด ดังแสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.7



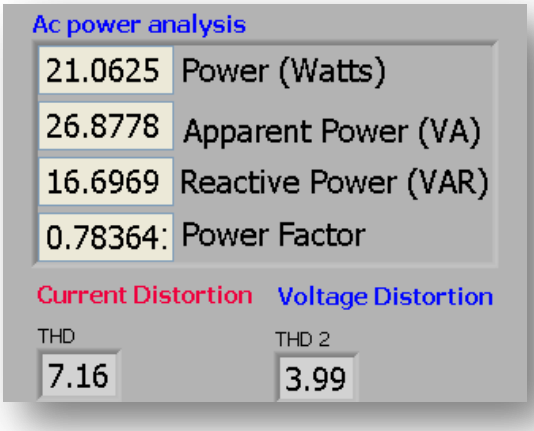
รูปที่ 4.6 ค่าแรงดันไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 18 วัตต์ บัลลาสต์แบบอิเล็กทรอนิกส์



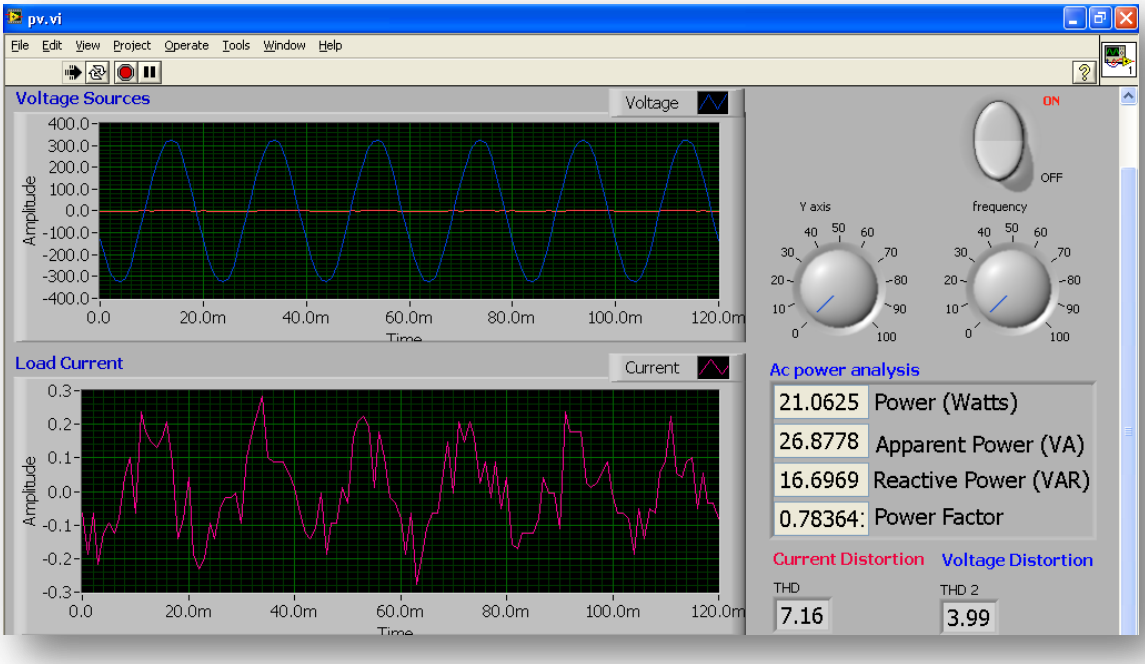
รูปที่ 4.7 ค่ากระแสไฟฟ้ากระแสสลับโหลด หลอดฟลูออเรสเซนต์ 18 วัตต์
บัลลาสต์แบบอิเล็กทรอนิกส์

จากรูปที่ 4.6, 4.7 แสดงถึงค่ากระแสไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่ใช้บัลลาสต์แบบอิเล็กทรอนิกส์ พบว่ารูปคลื่นของกระแสไฟฟ้า จะมีรูปร่างที่เปลี่ยนไปมากเมื่อเทียบกันกับรูปคลื่นของแรงดันที่วัดได้ โดยมีค่าผิดเพี้ยนของรูปคลื่นที่ ร้อยละ 7.16

จากรูปที่ 4.8 ค่ากำลังไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 18 วัตต์แบบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ พบว่าค่ากำลังไฟฟ้าจริง 21.06 Watts ค่ากำลังไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 16.70 Vars กำลังไฟฟ้าปรากฏ 26.88 VA โดยมีตัวประกอบกำลังที่ 0.78



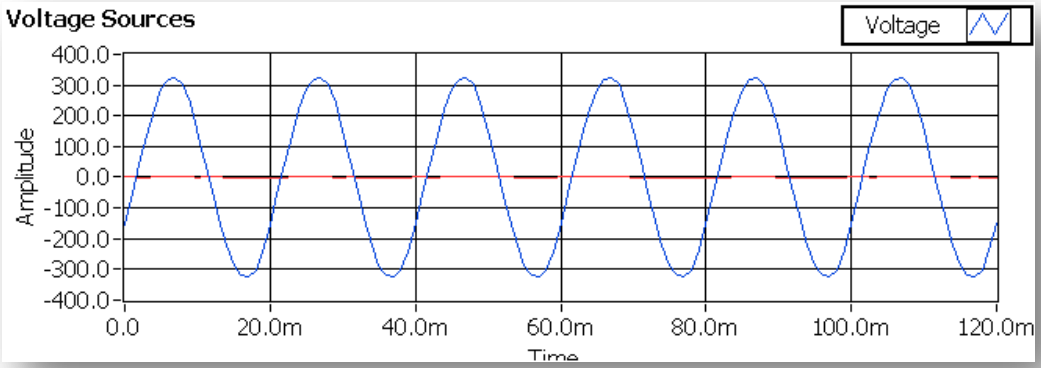
รูปที่ 4.8 กำลังไฟฟ้าทั้งสามแบบ P, Q, S ของโหลด FL 18W Electronics Ballast



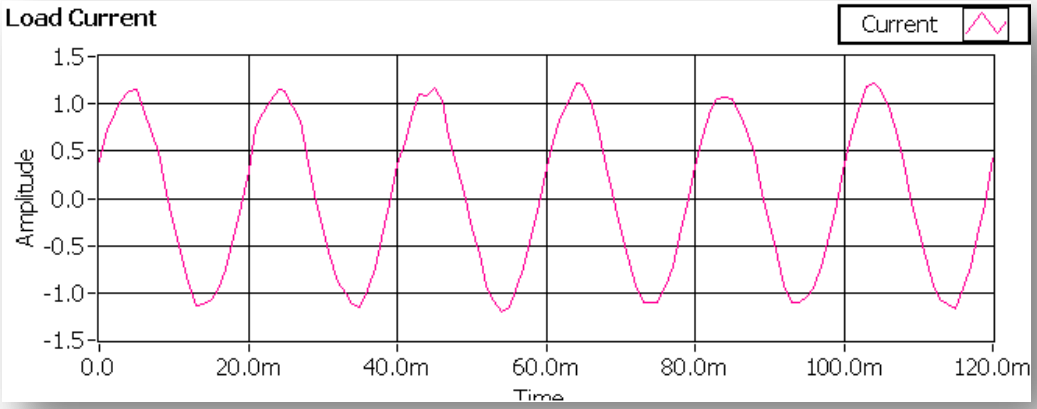
รูปที่ 4.9 ค่ากระแสไฟฟ้าและรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับโหลด หลอดฟลูออเรสเซนต์ 18 วัตต์ บัลลาสต์แบบอิเล็กทรอนิกส์

4.1.3 ผลการทดลองกับโหลดหลอดไส้ ขนาด 200 วัตต์

หลอดไส้ ขนาด 200 วัตต์ ถือเป็นโหลดชนิด ความต้านทานทำให้กระแสไฟฟ้า กับแรงดันไฟฟ้า มีมุมเดียวกัน หรือมีมุมตามกัน (In Phase) ตามทฤษฎีรูปคลื่นกระแสกับแรงดันจะต้องมีรูปร่างใกล้เคียงกัน



รูปที่ 4.10 ค่าแรงดันไฟฟ้าของหลอดไส้ ขนาด 200 วัตต์

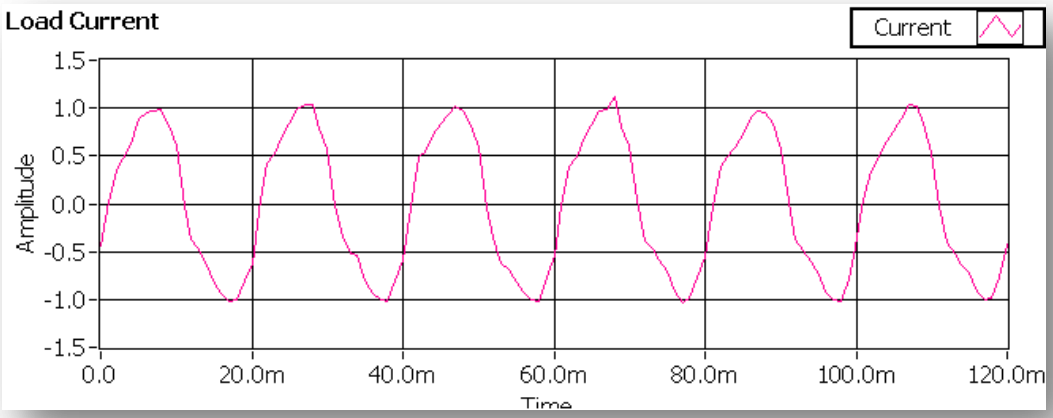


รูปที่ 4.11 ค่ากระแสไฟฟ้ากระแสสลับโหลด หลอดไส้ 200 วัตต์

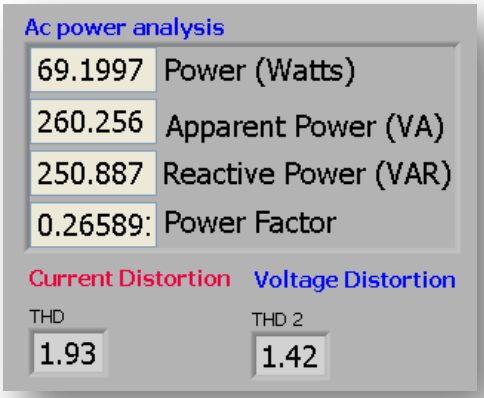
จากรูปที่ 4.11 แสดงให้เห็นถึงค่ากระแสไฟฟ้าของหลอดไส้ ขนาด 200 วัตต์ ซึ่งมีขนาดกระแสประมาณ 0.85 Amps รูปคลื่นกระแสไม่แตกต่างจากรูปคลื่นแรงดันมากนัก

4.1.4 ผลการทดลองกับโหลดหลอดโซเดียม (Sodium) 110 Watts

หลอดโซเดียม ถือเป็นหลอดแบบคายประจุ (Discharge) ขนาด 110 วัตต์ เพื่อศึกษาลักษณะและพฤติกรรมของกระแสโหลด กับแรงดันไฟฟ้า ตามรูปที่ 4.12 แสดงรูปคลื่นกระแสของหลอดโซเดียม ซึ่งมีลักษณะเป็นยอดแหลม มีขนาดประมาณ 1 Amps ของกระแสที่ยอดคลื่น และมีค่าประมาณ 2 Amps (Peak to Peak) คาบเวลา 20 mS หรือ 50 H_z ซึ่งเป็นความถี่ในการใช้งานของระบบไฟฟ้าของประเทศไทย สำหรับรูปที่ 4.12 แสดงให้เห็นถึงค่ากระแสไฟฟ้าของโหลดโซเดียม ซึ่งค่ากระแสที่วัดได้จะมีรูปร่างใกล้เคียงกับ รูปคลื่นไซน์มาก



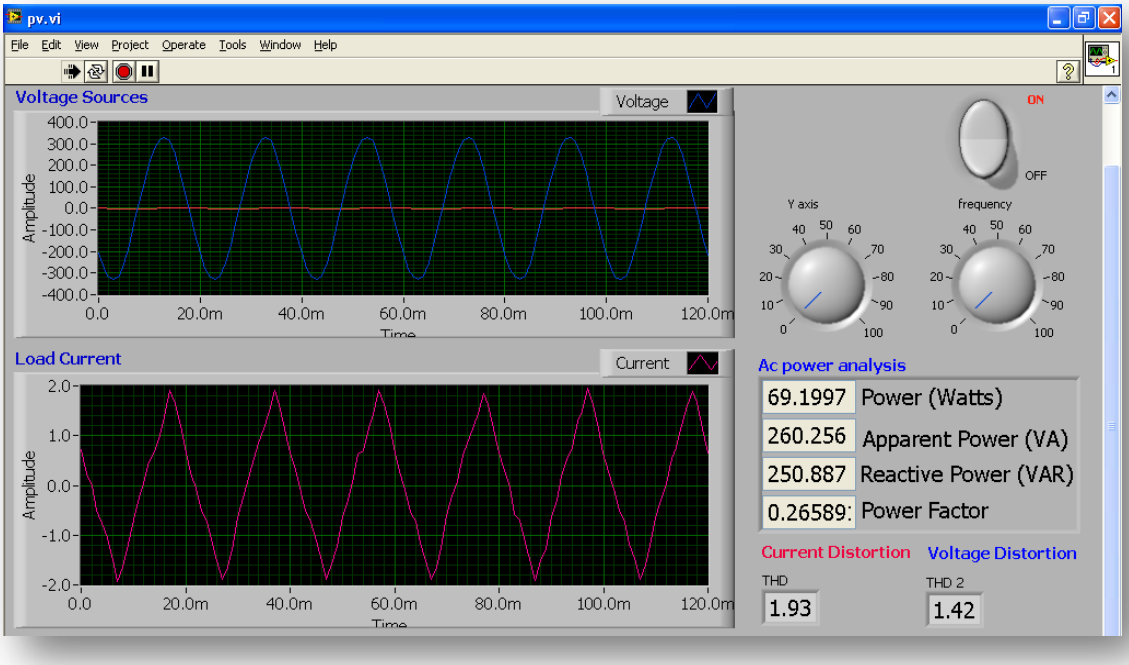
รูปที่ 4.12 รูปคลื่นกระแสไฟฟ้าของหลอด Sodium 110W



รูปที่ 4.13 ค่ากำลังไฟฟ้า P, Q, S ของโหลด Sodium 110 Watts

จากรูปที่ 4.13 แสดงให้เห็นถึงค่ากำลังไฟฟ้าทั้งสามแบบคือ กำลังไฟฟ้าจริงมีขนาด 69.2 Watts กำลังไฟฟ้าปรากฏ 260.26 VA กำลังไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 250.89 Var ตัวประกอบกำลังค่อนข้างต่ำคือ 0.267 ซึ่งสามารถคำนวณหาค่า มุมต่างเฟสระหว่างแรงดันและกระแสไฟฟ้าได้ดังนี้

$$\theta = cos^{-1}0.267 = 74.51$$

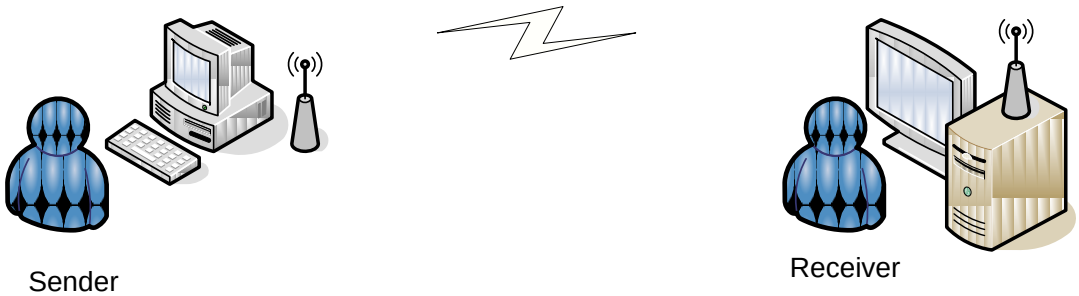


รูปที่ 4.14 ค่ากระแสไฟฟ้าของหลอด Sodium 110W

จากรูปที่ 4.14 แสดงให้เห็นว่า รูปคลื่นกระแสไฟฟ้ามีความผิดเพี้ยนไปไปจากรูปคลื่นของแรงดันอยู่ที่ร้อยละ 1.93 รูปคลื่นกระแสของหลอดโซเดียมมีความผิดเพี้ยนไปจากรูปคลื่นแรงดัน

4.2 ผลการทดลองการแสดงผลแบบออนไลน์

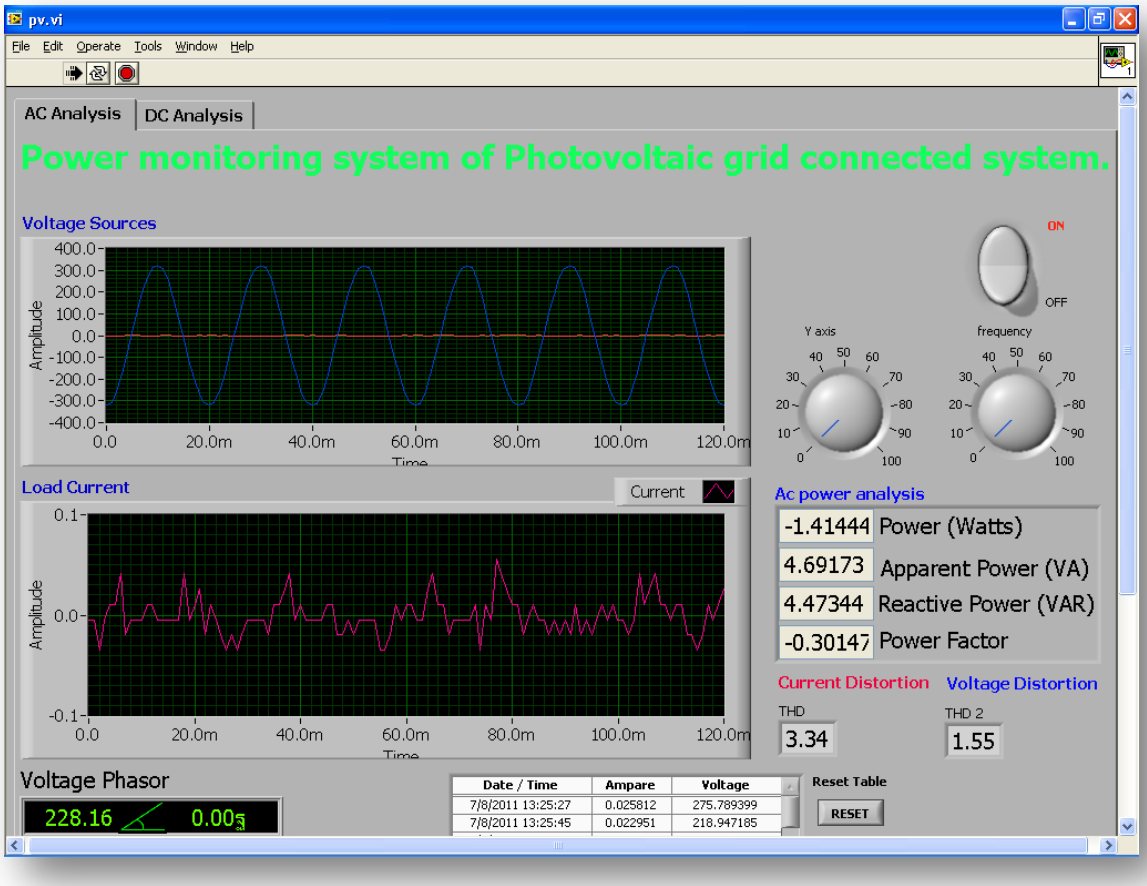
การแสดงผลแบบออนไลน์ พบว่าขณะทำการทดสอบสามารถเชื่อมต่อระบบชุดเครื่องมือวัดระบบไฟฟ้าได้ดี โดยสังเกตว่าสามารถแสดงหน้าจอการทำงานของเครื่องได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่อาจจะพบว่าบางช่วงในการทำงาน ระบบสื่อสารอาจจะมีปัญหา เนื่องจากสัญญาณอาจจะล่มหรือติดขัดซึ่งจะทำให้การสื่อสารระหว่างเครื่องทางฝั่ง Sender กับทาง Receiver มีปัญหาในการสื่อสารได้ จากรูปทางผู้ส่ง Sender จะทำหน้าที่ในการติดตั้งเครื่องมือวัดไฟฟ้า และสั่งให้โปรแกรมทำงานเท่านั้น



รูปที่ 4.15 การเชื่อมต่อของระบบออนไลน์

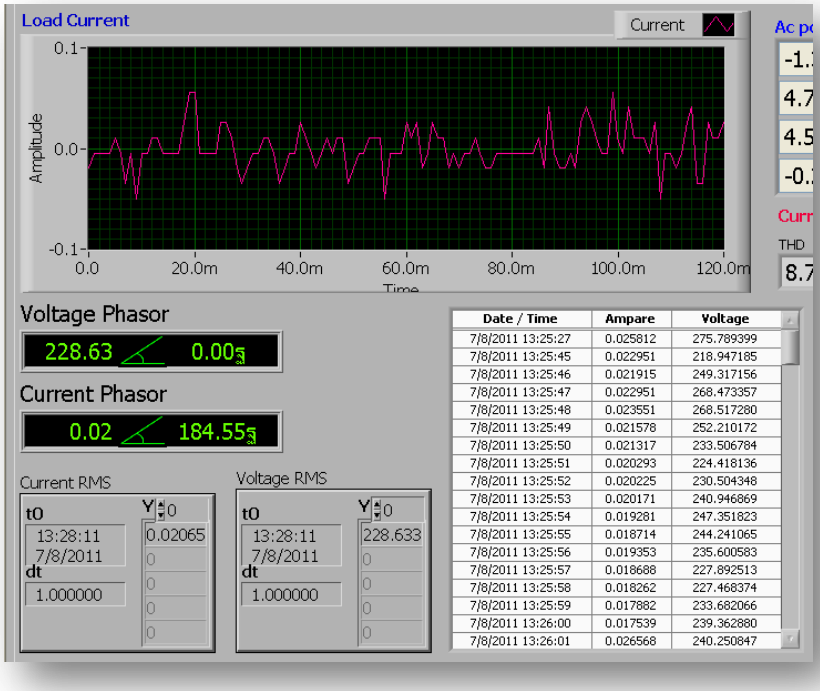
ทางฝั่งของผู้ดู Receiver สามารถดูหน้าจอของผู้ส่ง และสั่งงานผ่านระบบสื่อสารได้ เมื่อทางฝั่งของผู้ส่งต้องการให้แก้ปัญหาหน้างาน

จากรูปที่ 4.15 แสดงให้เห็นถึง การเชื่อมต่อของข้อมูลทางฝั่งของผู้ส่งซึ่ง ทำงานอยู่หน้างาน การเชื่อมต่อเพื่อส่งข้อมูลให้กับทางฝั่งผู้รับ เพื่อแสดงผลการทำงานผ่านระบบสื่อสาร (อินเตอร์เน็ต หรือ 3G Wireless mobile)

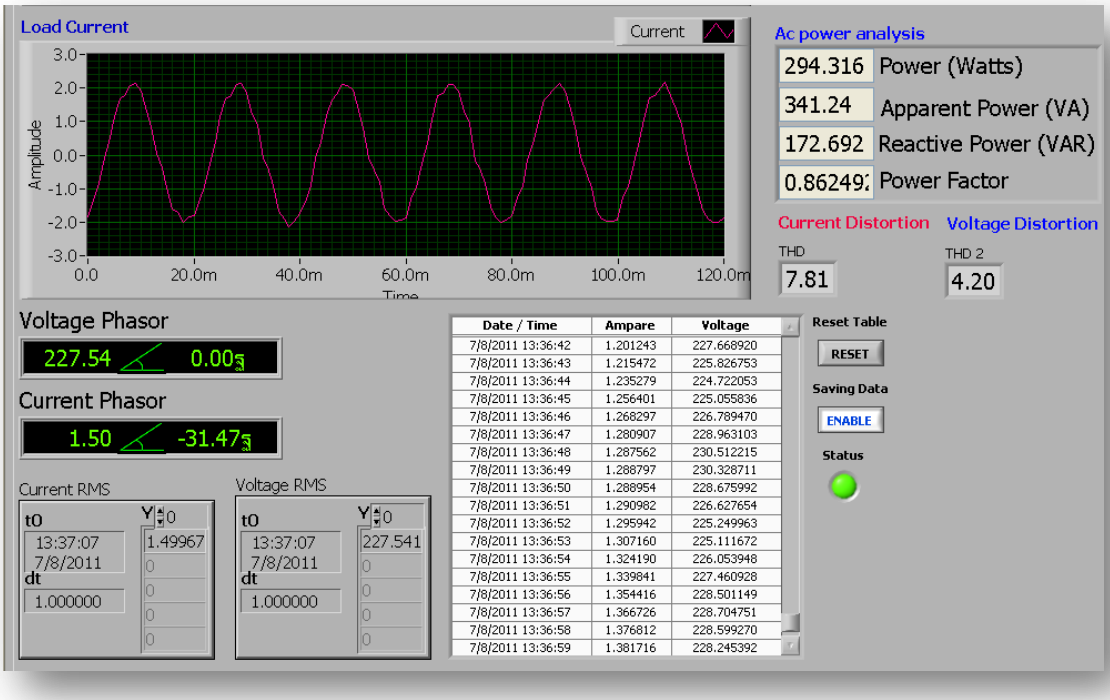


รูปที่ 4.16 การวัดค่ากำลังไฟฟ้าทางฝั่งผู้ส่ง

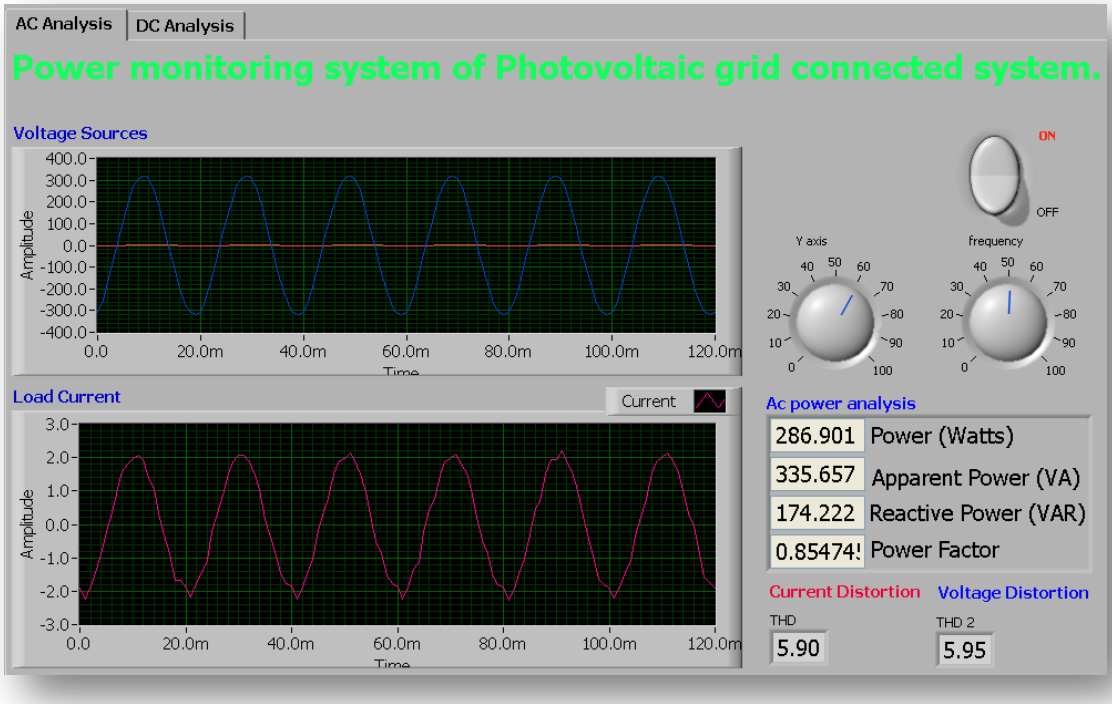
รูปที่ 4.16 แสดงให้เห็นหน้าจอของโปรแกรม ขณะทำการวัดค่ากำลังไฟฟ้า โดยขณะทำการวัดได้ปิดระบบเชื่อมต่อกับสายแรงต่ำออก จะพบว่าค่าแรงดันไฟฟ้าจะมีแรงดัน 228.16 Volts และไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลในสาย ซึ่งขณะนั้นได้ตัด เซอร์กิตเบรกเกอร์ของฝั่งด้านไฟฟ้ากระแสสลับออกทำให้วัดได้เฉพาะแรงดันไฟฟ้า อย่างไรก็ดีต้องใช้เวลาประมาณ 5 นาที เพื่อให้อินเวอร์เตอร์ทำงานโดยจะป้อนกระแสไฟฟ้า (กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบ = Electrical Power has been produced by the system) เนื่องจากอินเวอร์เตอร์ เมื่อปิดเครื่องไปแล้ว อินเวอร์เตอร์จะทำงานได้ใหม่โดยต้องใช้เวลาในการ Restarting The System ทำให้ขณะทำการวัดช่วงแรกจะไม่มี กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้



รูปที่ 4.17 ระบบไฟฟ้าที่ทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าเริ่มต้น

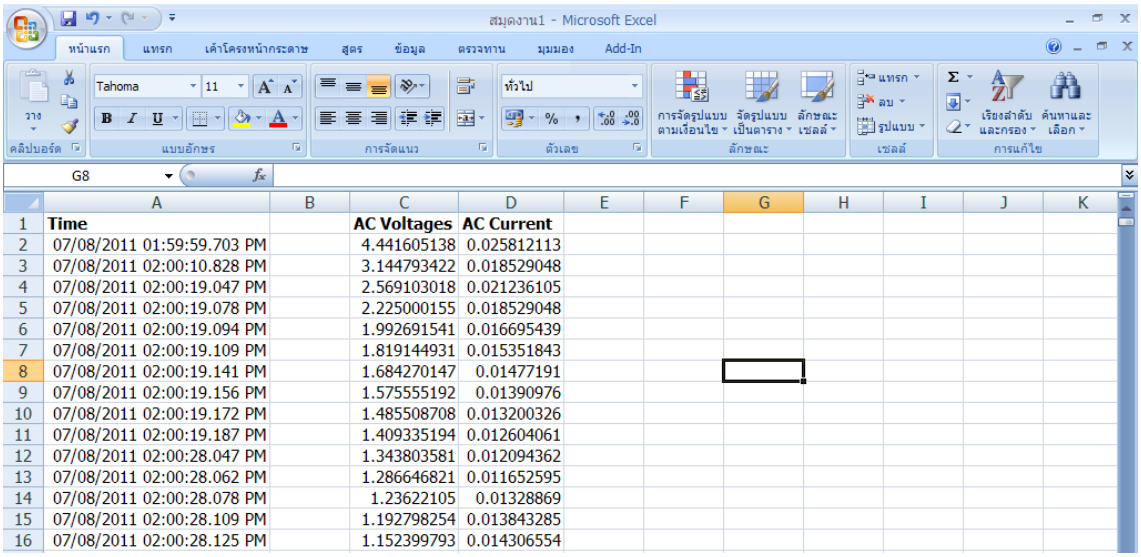


รูปที่ 4.18 รูปคลื่นกระแสของระบบเมื่อทำการจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ให้กับระบบไฟฟ้า



รูปที่ 4.19 รูปคลื่นกระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้

จากรูปที่ 4.19 แสดงถึงรูปคลื่นแรงดันและกระแสไฟฟ้าของระบบโฟโตโวลตาอิกชนิดเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า ที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ โดยค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้คือค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายออกไปให้กับสายแรงต่ำ 220 Volts 50Hz จากรูปขณะทำการวัด พฤติกรรมการผลิตกำลังไฟฟ้าของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าระบบผลิตกำลังไฟฟ้าได้ 286.9 Watts กำลังไฟฟ้าปรากฏ 335.66 VA และกำลังไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 174.22 Vars มีตัวประกอบกำลัง 0.85



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Time		AC Voltages	AC Current							
2	07/08/2011 01:59:59.703 PM		4.441605138	0.025812113							
3	07/08/2011 02:00:10.828 PM		3.144793422	0.018529048							
4	07/08/2011 02:00:19.047 PM		2.569103018	0.021236105							
5	07/08/2011 02:00:19.078 PM		2.225000155	0.018529048							
6	07/08/2011 02:00:19.094 PM		1.992691541	0.016695439							
7	07/08/2011 02:00:19.109 PM		1.819144931	0.015351843							
8	07/08/2011 02:00:19.141 PM		1.684270147	0.01477191							
9	07/08/2011 02:00:19.156 PM		1.575555192	0.01390976							
10	07/08/2011 02:00:19.172 PM		1.485508708	0.013200326							
11	07/08/2011 02:00:19.187 PM		1.409335194	0.012604061							
12	07/08/2011 02:00:28.047 PM		1.343803581	0.012094362							
13	07/08/2011 02:00:28.062 PM		1.286646821	0.011652595							
14	07/08/2011 02:00:28.078 PM		1.23622105	0.01328869							
15	07/08/2011 02:00:28.109 PM		1.192798254	0.013843285							
16	07/08/2011 02:00:28.125 PM		1.152399793	0.014306554							

รูปที่ 4.20 ข้อมูลเชิงตัวเลขของระบบไฟฟ้าที่วัดได้

จากรูปที่ 4.20 แสดงข้อมูลทางระบบไฟฟ้าที่วัดได้จากโปรแกรม ซึ่งสามารถนำไป Plot Graph ในโปรแกรม Excel ใน Microsoft Office 2007

4.3 สรุป

บทที่ 4 ผลการทดลอง พบว่าระบบติดตามและเฝ้าดูการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบโฟโตโวลตาอิก สามารถวัดและทำงานได้ตามเงื่อนไขที่ต้องการ ซึ่งจากการทดสอบกับโหลดต่างชนิดกัน เช่น หลอดไส้ (Incandescent Lamp) หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Fluorescent with Electronics Ballast) หลอดโซเดียม (Sodium Lamp) พัดลมตั้งโต๊ะ (Desk Fan) สามารถวัดค่ากระแสไฟฟ้าได้ทั้งแบบรูปคลื่นไซน์ และค่าประสิทธิผล RMS รวมทั้งคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าจริง (True Power) กำลังไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Reactive Power) กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power) แบบออนไลน์ การวัดค่าไฟฟ้ากระแสตรง กำลังไฟฟ้าทางด้านไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งทั้งหมดนี้ล้วนมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในการวัด และวิเคราะห์การผลิตกำลังไฟฟ้าของระบบโฟโตโวลตาอิกชนิดเชื่อมต่อกับกริดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค