ระบบแจ้งเตือนการใช้พลังงานแบบดิจิตอลอัตโนมัติโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 เพื่อหาประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง และระบบทำความเย็นปรับอากาศภายในอาคารสำนักงาน

Energy Digital Consumption Warning System by ARM7 Microcontroller for Efficiency of Energy Saving in Office of Air Refrigeration and Lighting System

ชำนิ ใจประดิษฐ์ธรรม[1]* และ ชัชชัย อุทัยวศิน[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 1761 ถ.พัฒนาการ เขตสวนหลวง กทม.10250
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ 19/1 ถ.เพชรเกษม เขตหนองแขม กทม.10160
*e-mail: j_chamni@hotmail.com, e-mail: chatchaiu@sau.ac.th โทร. 02-3216930, Fax.02-3214444

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอถึงระบบแจ้งเตือนการใช้พลังงานแบบดิจิตอลกิโลวัตต์เอาว์มิเตอร์ 1 เฟส เพื่อหาประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้าภายในอาคารสำนักงานที่ใช้ระบบทำความเย็นและระบบแสงสว่าง แล้วแสดงผลเป็นจำนวนเงินบาท สามารถบอกเตือนเป็นเสียงสัญญาณเมื่อมีการใช้พลังงานในแต่ละวัน ผู้ใช้สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าในเดือนต่อไปได้ ซึ่งอุปกรณ์แจ้งเตือนการใช้พลังงานนี้สามารถวัดค่าสัญญาณกระแสเพาเวอร์แฟกเตอร์เพื่อส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 ที่มีตัวแปลงสัญญาณอนาล็อคเป็นดิจิตอล(Analog to Digital Converter) หาความต้องการใช้พลังงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าและการควบคุมเมื่อหยุดการใช้พลังงาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลไปยังหน้าจอLCD เพื่อแสดงผลเป็นปริมาณการใช้ไฟฟ้าในหน่วยกิโลวัตต์เอาว์ชั่วโมง(kw/hr) โดยค่าไฟฟ้าคิดเป็นจำนวนเงินบาทของเครื่องปรับอากาศและหลอดแสงสว่างภายในอาคารที่ใช้กำลังไฟฟ้าสูญเสีย ทำให้ผู้ใช้และผู้อาศัยภายในอาคารสำนักงานสามารถประหยัดพลังงานได้

คำหลัก: ระบบทำความเย็น ไมโครคอนโทรลเลอร์ ระบบแจ้งเตือนการใช้พลังงาน ประหยัดพลังงาน

Abstract

This paper is electrical energy consumption warning system like model of kilowatt digital takes. I phase for user in using power indoor measurement in air condition and lighting system already good result comes out to are amount of baht money. Which user understand warning equipment type digital and can lay plans to use the electricity bill saving by kilowatt digital take original meter aforementioned have will the work distribute. The part are value signal trend pretty litter stump measurement for send go to still the cow carries the telephone that has Analog to Digital Converter within from that time the cow carries, the screen of view data for show come out using electricity quantity in please the kilowatt takes. The electricity bill thinks to are the baht and the electric power loss that use at that time.

Keywords: refrigeration system, microcontroller, energy consumption warning system, energy saving.

1. บทนำ

ในปัจจุบันนี้ได้มีการรณรงค์ให้มีการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบต่างๆ เพื่อที่จะลดปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้าในส่วนที่ฟุ่มเฟือยลง ถ้าพิจารณาในส่วนของอาคารที่พักอาศัยจะเห็นได้ว่าพฤติกรรมของผู้ใช้ที่มีการใช้ปริมาณกำลังไฟฟ้าแตกต่างกัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า และจิตสำนึกของผู้ใช้ด้วยเหตุผลนี้ ทำให้บทความวิจัยนี้ได้เห็นถึงความสำคัญดังกล่าว จึงสนใจที่จะออกแบบวงจรของอุปกรณ์แจ้งเตือนการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร โดยทำการวัดการใช้กำลังไฟฟ้าที่แสดงผลออกมา ทำให้สามารถทราบได้ว่าในช่วงเวลาหนึ่งได้มีการใช้กำลังไฟฟ้าไปเป็นจำนวนเงินเท่าไร และสามารถควบคุมค่าใช้จ่ายต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศ และระบบแสงสว่างภายในอาคารที่ใช้กำลังไฟฟ้าสูญเสีย ทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ในอนาคตได้

2. หลักการ

ต้นทุนในการใช้อาคารสำนักงานคือพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ถ้าแต่ละอาคารสามารถลดต้นทุนด้านพลังงานลงได้ ผลกำไรจะมากขึ้นและช่วยประหยัดพลังงานเพื่อลดค่าใช้จ่ายให้กับผู้ใช้ไฟฟ้า

2.1 การลดปริมาณพลังงานไฟฟ้า [1]

การลดปริมาณพลังงานไฟฟ้าสามารถทำได้โดยลดการสูญเสียและลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบ เช่น ปิดเครื่องจักรในขณะไม่ใช้งาน เลือกขนาดอุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับงาน และติดตั้งระบบอัตโนมัติควบคุมการเปิด-ปิดไฟฟ้าอย่างเหมาะสม

2.2 การลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด

ตัวประกอบโหลด(Load Factor: LF)มีความสำคัญในการคิดหาต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้า เมื่อหากตัวประกอบโหลดมีค่าสูง แสดงว่าค่าความต้องการในการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม หากมีการปรับปรุงค่าตัวประกอบโหลดให้สูงขึ้น ทำให้ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยจะลดลง ตัวประกอบโหลดหาได้จากการวัดใช้พลังงานไฟฟ้าในรอบเดือน หาได้ดังนี้

$$\text{โหลดแฟกเตอร์ (LF)} = \frac{P_{mean}}{P_{max}} 100 \qquad (1)$$

โดย

P_{mean} (โหลดเฉลี่ย) คือ ค่าความต้องการกำลังโดยเฉลี่ย(mean demand) ในช่วง 1 เดือน (kW)

P_{max} (โหลดสูงสุด) คือ ค่าความต้องการกำลังโหลดสูงสุด (max. demand) ในช่วง 1 เดือน (kW)

(ก) ยี่ห้อ Haier รุ่น Fancoil

(ข) ยี่ห้อ SHARP รุ่น PS

รูปที่ 1 เครื่องปรับอากาศ แบบติดผนัง ภายในอาคาร ชนิดประหยัดไฟเบอร์ 5

ควรใช้หลอดไฟฟ้าและบัลลาสต์แกนเหล็กที่มีประสิทธิภาพสูงในระบบแสงสว่าง เพื่อช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด จึงจะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าตลอดเวลาในขณะที่ใช้งานในช่วงเวลานั้นได้ [1]

2.3 การวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้า

- ค่าพลังงานไฟฟ้าโดยปกติแล้วประเภทอาคารโรงงานอุตสาหกรรม หาได้จากสมการที่(2) ดังนี้

$$C_1 = DC(P + EC) E$$
$$= 256.07(P + 1.7034)E \qquad (2)$$

โดย

C_1 คือ ค่าไฟฟ้าที่คิดพลังงานสูงสุดที่ใช้ (บาท)

DC คือ อัตราค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (บาทต่อกิโลวัตต์)

P คือ ความต้องการพลังงานสูงสุด (กิโลวัตต์)

EC คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)

E คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย)

รูปที่ 2 เครื่องมือวัด Power Factor

ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทธุรกิจ โรงแรม โรงงานอุตสาหกรรม อาคารสำนักงานและกิจการให้เช่าห้องพัก มีอัตราการใช้ค่าไฟฟ้าแบบTOU ของการไฟฟ้านครหลวง(กฟน.) คือ เงื่อนไขให้ผู้ใช้ไฟฟ้าเสียค่าไฟฟ้าตามอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ไฟฟ้า ค่าไฟฟ้าจะแพงในช่วงที่ระบบมีความต้องการใช้ไฟฟ้ามาก(On Peak) ดังนั้นหาค่าไฟฟ้าต่อหน่วยของอัตราTOU หาได้จากสมการที่(3) ดังนี้

$$C_T = DC\,(P+EC_1)E_1+EC_2 x E_2 \qquad (3)$$

โดย

EC_1 คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าในช่วง On Peak (บาทต่อหน่วย)

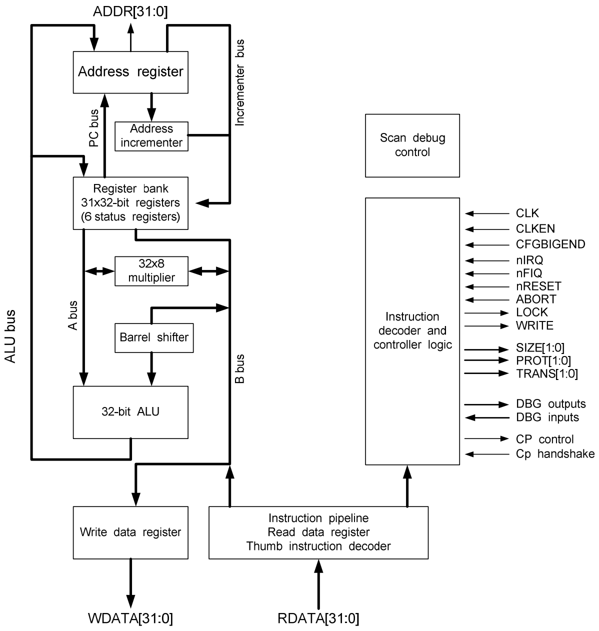
E_1 คือ ปริมาณค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วง On Peak (หน่วย)

E_2 คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงOff Peak

EC_2 คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าในช่วง Off Peak (บาทต่อหน่วย)

2.4 วงจรควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 เป็นซีพียูแบบRISC ขนาด 32 บิต ภายในมีบัสขนาด 32 บิต สามารถรับส่งข้อมูลและคำสั่ง ชุดคำสั่งจะมีขนาด 32 บิตคงที่ ในขณะที่ข้อมูลสามารถเลือกได้ว่าจะมีขนาด 8 ,16 หรือ 32 บิต โดยแกนกลาง(core)ของซีพียู ARM7 ดังรูปที่ 3 โครงสร้างของARM7 จะเป็นแบบที่เรียบง่ายและมีชุดคำสั่งไม่มากนัก ซึ่งลักษณะโครงสร้างสถาปัตยกรรมของ ARM7 จะเป็นแบบการประมวลผลข้อมูลใดๆจะต้องผ่านรีจิสเตอร์เริ่มต้นด้วยการโหลดค่าจากหน่วยความจำไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ และนำค่ามาประมวลผลเสร็จแล้วจึงเก็บค่าในหน่วยความจำ [2]



รูปที่ 3 โครงสร้างแกนกลางของซีพียู ARM7

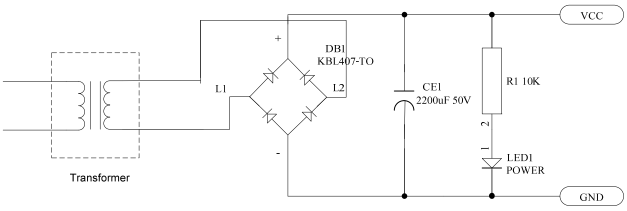
2.5 หลักการทำงานของส่วนวัดค่าพลังงานไฟฟ้า (ADE 7755) แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ [2]

2.5.1 ส่วนรับค่าสัญญาณอนาล็อกอินพุทที่เป็นค่ากระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้า

2.5.2 ส่วนค่าพลังงานไฟฟ้าที่วัดได้จะถูกส่งไปยังชุดอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7

2.6 วงจร Power Supply

เมื่อป้อนแรงดัน 220 VAC ผ่านหม้อแปลงเหลือ 12 VAC จากนั้นเข้ามาสู่ Bridge แปลงไฟ AC 12 V ให้เป็นไฟ DC 12 V เพื่อทำการเลี้ยงวงจร โดยมี C 2200μF/50 V ทำหน้าที่กรองกระแสและปรับระดับแรงดันให้เรียบขึ้น ทำการลดระดับแรงดันให้เหลือ 3.3 V_{DC} เพื่อส่งเข้าไปสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์, LCD และ IC Current Transformer ต่อไป แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 วงจร Power Supply

(ก) หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดกลม ขนาด 32 W

(ข) หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ หรือ หลอดตะเกียบ รุ่นประหยัดไฟฟ้า 2U

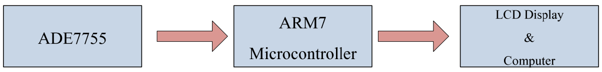
(ค) หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดผอม 36 W

รูปที่ 5 หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดต่างๆ

รูปที่ 6 การติดตั้งระบบแสงสว่างภายในอาคาร

3. หลักการทำงานของวงจรควบคุม

ระบบประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือส่วนที่ใช้วัดหาค่าพลังงานไฟฟ้ากับส่วนทำการประมวลผล โดยส่วนวัดพลังงานนั้นใช้อุปกรณ์ IC วัดพลังงานไฟฟ้าในการวัดค่าADE7755 แล้วประมวลผลค่าพลังงานไฟฟ้าส่งมาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ARM7 แล้วทำการส่งค่าที่ได้ไปประมวลผล ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์นี้ทำหน้าที่คำนวณผลของพลังงานแสดงทางจอ LCD ที่ใช้เป็นจำนวนเงินคิดเงินค่าพลังงานไฟฟ้านี้แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 โครงสร้างระบบส่วนวัดหาค่าพลังงานไฟฟ้า

3.1 วงจรส่วนวัดพลังงาน

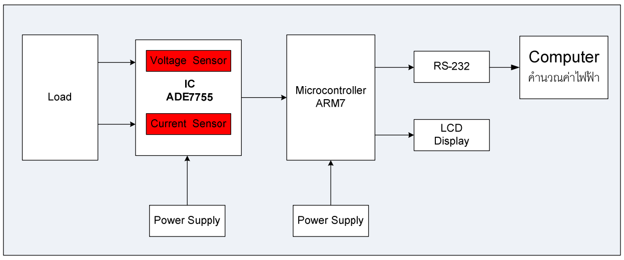
ส่วนวัดพลังงานของ Digital Energy Meter ได้ใช้ IC ADE 7755 ในการวัดหาพลังงานโดยป้อนสัญญาณอินพุทที่เป็นกระแส ทำการรับค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าจากแชนแนล 1 และ2 ของ ADE 7755

3.2 วงจรส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 [2]

วงจรControllerของเครื่องวัดและคิดเงินพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอลนี้ โดยใช้ ARM7 เป็นตัวController ที่นำมาใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องวัดและคิดเงินพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอล เครื่องวัดชนิดนี้ที่สร้างขึ้นได้แสดงผลค่าพลังงานผ่านทางจอ LCD

4. ผลการทดสอบ

อาคารสำนักงานแห่งหนึ่งขนาดพื้นที่ห้องกว้าง 7.50 m ความยาวห้อง 13.80 mแสดงดังรูปที่ 6 โดยคิดค่าไฟฟ้าหน่วยละ 2.5 บาทต่อหน่วย และคำนวณจากสมการ kWhr/เดือน = (W/1,000)x 5 ชั่วโมงต่อวัน x 30 วันต่อเดือน การทำงานของเครื่องวัดและคิดเงินพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอลจากรูปที่ 8 เมื่อทำการต่อโหลดใช้งานจะทำให้มีค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ขา IC ADE7755 ทำการวัดกระแสและแรงดัน จากนั้นทำการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยIC จะทำการรับสัญญาณอนาล็อกที่ได้แล้วนำมาแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วส่งสัญญาณออกไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการนับสัญญาณที่ได้ออกมาแสดงผลที่หน้าจอ LCD และส่งสัญญาณออกทางพอร์ท RS-232 ไปที่เครื่องคอมพิวเตอร์ คำนวณค่าไฟฟ้าให้รู้ถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เป็นจำนวนเงิน



รูปที่ 8 Block Diagram การทำงานของเครื่องวัดและคิดเงินพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอล

ตารางที่1 ผลค่าไฟฟ้าต่อเดือนของหลอดจากการทดสอบ

ขนาด (W)	จำนวนหลอดที่ใช้ (หลอด)	ชั่วโมงที่ใช้ต่อวัน (hr/d)	หน่วยไฟฟ้าต่อเดือน (kWhr/เดือน)	ค่าไฟฟ้าต่อเดือน (บาท/เดือน)
หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง (หลอดผอม)				
10	15	5	3.0	7.5
18	20	5	4.2	10.50
36	30	5	6.9	17.25
หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดธรรมดา (หลอดกลม)				
20	10	5	4.5	11.3
32	15	5	6.3	15.75
40	20	5	7.5	18.75

รูปที่ 9 ผลค่า Power Factor 587/1000 = 0.587

ตารางที่ 2 ผลค่าหน่วยไฟฟ้า(unit)ของหลอดไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องวัดกิโลวัตต์มิเตอร์กับอุปกรณ์ทดสอบ

เครื่องวัดกิโลวัตต์มิเตอร์ (unit)	อุปกรณ์ทดสอบ(unit)	% ค่าผิดพลาด
0.95	1.02	7.3%
2.00	2.16	8.0%
3.00	3.25	8.3%
3.99	4.29	7.5%
5.00	5.38	7.6%
6.10	6.56	7.5%
7.00	7.52	7.4%

ตารางที่ 3 ผลค่าไฟฟ้าต่อเดือนขอเครื่องปรับอากาศยี่ห้อ SHARP รุ่น PS ในแต่ละชนิดจากการทดสอบ

ชนิด	ขนาด (Btu/hr.)	จำนวนวัตต์ (W)	จำนวนหน่วยไฟฟ้าต่อเดือน (kWhr/เดือน)	ค่าไฟฟ้าต่อเดือน (บาท/เดือน)
ติดผนัง	9,000	680	102.0	225
	12,000	1,130	169.5	423.8
	24,000	2,490	373.5	933.8
ตั้งพื้น	12,000	1,330	199.5	498.5
	24,000	2,710	406.5	1,116.3

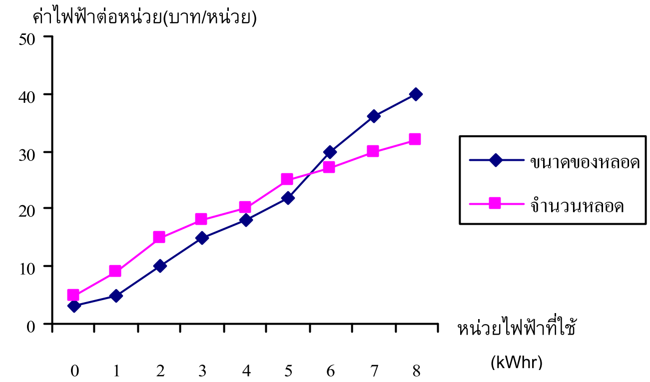
<u>หมายเหตุ</u>: เลือกคอมเพรสเซอร์ทำงานวันละ 5 ชม. โดยเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศวันละ 8 ชม.

รูปที่ 10 ชุดอุปกรณ์แจ้งเตือนการใช้พลังงานไฟฟ้า

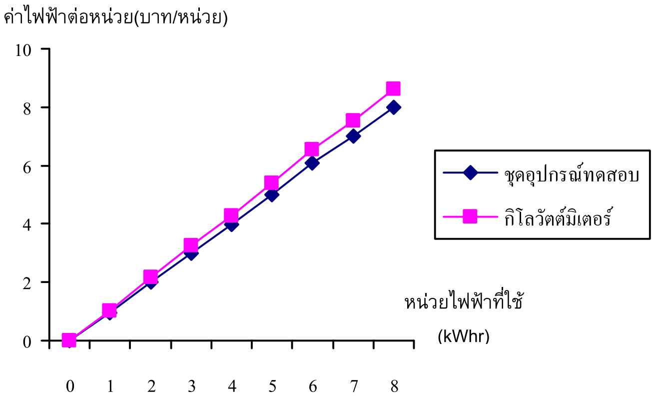
5. บทสรุป

จากผลตารางที่1-2 พบว่าชุดอุปกรณ์แจ้งเตือนการใช้พลังงานนี้ในระบบแสงสว่าง ควรใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบผอมแทนหลอดกลมจะประหยัดพลังงานได้ประมาณ 8 % ควรเปลี่ยนไปใช้บัลลาสต์แกนเหล็กสูญเสียต่ำจะประหยัดพลังงานกว่าบัลลาสต์ธรรมดาถึง 50 % และแนวทางนำเสนอให้พื้นที่ๆไม่ต้องการแสงสว่างมากควรใช้หลอดไฟฟ้าที่มีจำนวนวัตต์ต่ำ และผลจากตารางที่ 3 พบว่าระบบปรับอากาศควรเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงเบอร์ 5 จะช่วยประหยัดพลังงาน 20-30% และสำนักงานให้ปิดไฟ,ปิดเครื่องปรับอากาศที่ไม่จำเป็น จะสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ แนวทางนำเสนอควรเลือกใช้ขนาดและจำนวนวัตต์ของเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับห้อง ถ้าใช้เครื่องขนาดใหญ่เกินไปจะเสียค่าไฟฟ้ามากกว่าและทำให้อายุการใช้งานสั้นกว่า

จากการทดสอบรูปที่ 10 พบว่าชุดอุปกรณ์แจ้งเตือนสามารถจำกัดค่าไฟฟ้าจะเตือนด้วย LEDสีเหลืองเมื่อมีค่า 80% และเตือนอีกครั้งด้วย LED สีแดงเมื่อมีค่าสูงถึง100% Limit เพราะว่าชุดอุปกรณ์นี้ต้องการใช้พลังงานและมีการควบคุมเมื่อหยุดใช้พลังงานไฟฟ้า รูปที่ 9 บอกค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า(Power Factor) ของเครื่องปรับอากาศมีค่าต่ำประมาณ 0.587 แสดงว่ามีการสูญเสียพลังงานในระบบมาก ส่งผลให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายพลังงานมาก การแก้ไขตัวประกอบกำลังให้สูงขึ้น ดังนั้นจึงควรเพิ่มประสิทธิภาพสูงในการใช้พลังงานไฟฟ้า และเลือกชนิดบัลลาสต์แกนเหล็กหรือบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์



รูปที่11 กราฟปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นของหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบกลม 40 W



รูปที่12 กราฟปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของหลอดที่ใช้เครื่องกิโลวัตต์มิเตอร์กับชุดทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

[1] วีระพันธ์ ดิยัพเสน. 2546. “ทฤษฎีเครื่องมือและการวัดทางไฟฟ้า”กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สกายบุ๊ค.
[2] โอภาส ศิริครรชิตถาวร.2548. “เรียนรู้และพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 ด้วยภาษาซี” กทม. สำนักพิมพ์ห้างหุ้นส่วน จำกัด กราฟิกเมลอน.