การวิเคราะห์การบริโภคกำลังไฟฟ้าของจอภาพแต่ละชนิดที่มีต่อระบบคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและจุดคุ้มทุนของจอภาพชนิดแอลอีดี

ANALYSIS OF ELECTRICAL POWER CONSUMPTION EACH MONITOR TYPE ON PERSONAL COMPUTER SYSTEM AND BREAKEVEN POINT OF LED MONITOR

ชุติพนธ์ อู่ยายโสม[1] และสมบัติ ทีฆทรัพย์[2]

สาขาวิชานวัตกรรม และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี[1,2]
248 ซอย เพชรเกษม 110 ถนนเพชรเกษม แขวง หนองค้างพลู เขต หนองแขม กรุงเทพมหานคร 10160[1,2]
yaisom@hotmail.com[1], sombat.teekasap@gmail.com[2]

Received: November *5, 2019*
Revised: December *10, 2019*
Accepted: *December 15, 2019*

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์การบริโภคกำลังไฟฟ้าของจอภาพแต่ละชนิดที่มีต่อระบบคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือพีซี และจุดคุ้มทุนของจอภาพชนิดแอลซีดี และแอลอีดี โดยการนำชุดคอมพิวเตอร์พีซี ที่ประกอบไปด้วยซีพียูยูนิตและจอภาพขนาด 19 นิ้ว ชนิดต่างๆ คือ จอภาพชนิดซีอาร์ที แอลซีดี และแอลอีดี นำมาวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่บริโภคด้วยเครื่องวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้า ซึ่งผลการทดลองเชิงเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าซีพียูยูนิตบริโภคกำลังไฟฟ้า 45 วัตต์ และจอภาพซีอาร์ที จอภาพแอลซีดี และจอภาพแอลอีดี บริโภคกำลังไฟฟ้า 72 วัตต์ 30 วัตต์ และ 17.5 วัตต์ ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นผลดีของจอภาพแอลซีดี และแอลอีดีในเรื่องการประหยัดพลังงานไฟฟ้าคิดเป็น 36.75 และ 45.30 เปอร์เซ็นต์ และการคำนวณหาจุดคุ้มทุนในการเปลี่ยนชนิดจอภาพนั้น พบว่าราคาจอภาพแอลอีดีที่ควรลงทุนระหว่าง 2,060-2,747 บาท โดยจะมีจุดคุ้มทุนคือ 3-4 ปี ตามลำดับ โดยมีจุดที่เหมาะสมที่สุดในการลงทุน คือ 39 เดือน ที่ราคาจอภาพแอลอีดี คือ 2,232.40 บาท ก่อนจอภาพจะหมดอายุการใช้งานประมาณ 6.5 ปี ตามข้อมูล LCA
คำสำคัญ: คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล, กำลังไฟฟ้าที่บริโภค, การประหยัดพลังงานไฟฟ้า, จุดคุ้มทุน

Abstract

This paper presents an analysis of the power consumption each type of monitor on a personal computer or PC system and the breakeven point of LCD and LED monitors with the PC sets consists of CPU units and 19-inch monitors of various types, such as CRT monitor, LCD, and LED to measure the power consumption with power quality analyzer. The experiment results of the comparison show that the CPU unit consumes 45 watts of power and CRT monitor, LCD monitor, and LED monitor consume 72 W, 30 W, and 17.5 W of power, respectively. Which show the good results of the LCD monitor and LED in the aspect of electricity saving which are 36.75 and 45.30 percents, respectively. Which calculation of the breakeven point for changing the monitor type with analyze the investment as shown that the LED monitor price that should be invested between 2,060-2,747 Baht which have a breakeven point are 3 -4 years, respectively, and has the optimization point for the investment is 39 months with the LED monitor price is 2,232.40 baht before the monitor expires about 6.5 years.
Keywords: Personal computer, Power Consumption, Electrical energy saving, Breakeven point

1. บทนำ

คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หรือพีซี เป็นอุปกรณ์ทางด้านไอทีที่มีความสำคัญต่อทุกองค์กร และทุกคนเป็นอย่างมาก และมักจะมีใช้งานอย่างกว้างขวา ทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาชน ทั้งงานด้านธุรกิจทั่วไป งานอุตสาหกรรม โดยในบางสถานที่ที่ใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลนั้น จะมีการใช้งานของคอมพิวเตอร์เป็นจำนวนมาก เช่น อาคารสำนักงานต่างๆ ห้องปฏิบัติการทางคอมพิวเตอร์ และมหาวิทยาลัยต่างๆ เป็นต้น ซึ่งแน่นอนว่าคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทุกเครื่องเมื่อนำมารวมกันย่อมจะมีภาระการบริโภคกำลังไฟฟ้าจำนวนมาก ซึ่งคิดเป็นเป็นต้นทุนหลักที่สำคัญของการดำเนินการทางธุรกิจต่างๆ ดังแสดงภาพตัวอย่างรูปการใช้งานคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลจำนวนมากๆ ในภาพที่ 1

รูปที่ 1 ตัวอย่างการใช้งานคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลจำนวนมาก ร่วมกับจอภาพ CRT, LCD และ LED

จากภาพที่ 1 แสดงตัวอย่างห้องปฏิบัติการทางคอมพิวเตอร์ ที่ใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลจำนวนมากร่วมกับจอภาพชนิด CRT LCD และ LED ซึ่งเมื่อมีการใช้งานจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์หลายๆ เครื่อง ซึ่งจะมีการบริโภคกำลังไฟฟ้าจำนวนมาก โดยคิดเป็นค่าใช้จ่ายประจำด้านพลังงานที่สูงมาก ดังนั้นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลตามนโยบายของในองค์กรต่างๆ [กฎกระทรวงพลังงาน, 2554; คำแถลงนโยบายของคณะรัฐมนตรี, 2554] ซึ่งเป็นแนวทาง และความความพยายามต่างๆ ที่สำคัญ เพื่อลดค่าใช้จ่ายพลังงานในส่วนของพลังงานไฟฟ้า เรื่องค่าไฟฟ้าให้ลดลง ซึ่งมักจะนิยมใช้วิธีการ Replace คือ การเปลี่ยนเฉพาะจอภาพของคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีให้เลือกใช้ทั้งแบบชนิด LCD และชนิด LED (ปัจจุบันนิยมใช้แบบ LED) หรือการเปลี่ยนคอมพิวเตอร์แบบยกชุด ทั้งซีพียูยูนิตและหรือเปลี่ยนจอภาพมอนิเตอร์ ให้เป็นชนิดใหม่ หรือเปลี่ยนมาใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลแบบ All-in-one ที่มีการรวมกันระหว่างซีพียูยูนิตและจอภาพมอนิเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งวิธีการต่างๆ ดังที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ล้วนเป็นวิธีประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ต้องมีการลงทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการที่สูงมาก [W. mungwititkul & B. mohanty,1997; [Kaoru Kawamoto , Yoshiyuki Shimoda , & Minoru Mizuno, 2004; S. Sahni, A. Boustani, T. G. Gutowski, & S. C. Graves, 2010; Maria Leet Socolof , Jonathan G. Overly, & Jack R. Geibig, 2005; Nicolas Marmarasa, Dimitris Nathanaela, & Nikos Zarboutisb, 2008] และจะต้องพิจารณาเรื่อง Life Cycle Assessment: LCA ประกอบการพิจารณาด้วย [Michael S. Noona, Seung-Jin Leeb, & Joyce S. Cooperb, 2011; Ruxuan Niua, Zhishi Wanga, Qingbin Songa, & Jinhui Lib, 2012; Vikrant Bhakar, Aashray Agur, A. K. Digalwar, & Kuldip Singh Sangwan, 2015] อีกทั้งมักจะยังคงมีคำถามต่างๆ ที่สำคัญ สำหรับประกอบการพิจารณาเพื่อการตัดสินใจในการเริ่มต้นการลงทุน เช่น คำถามสำหรับผู้บริหาร ดังต่อไปนี้

1. ต้องลงทุนสูงเท่าไหร่ ?
2. จุดคุ้มทุนเมื่อไหร่ ?
3. อายุการใช้งานจะนานแค่ไหน ?
4. จุดที่เหมาะสมที่สุดในการลงทุนคือ ?
5. มีผลกระทบต่อคุณภาพของระบบไฟฟ้ากำลังหรือไม่ ?

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงได้นำเสนอแนวทางต่างๆ ในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าแบบยั่งยืน โดยคำนึงถึงอายุการใช้งานของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ซึ่งนำตัวอย่างคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ที่มีการใช้งานร่วมกับจอภาพ

คอมพิวเตอร์ 3 ชนิดด้วยกัน คือ จอภาพชนิด CRT (Cathode Ray Tube) จอภาพชนิด LCD (Liquid Crystal Display) และจอภาพชนิด LED (Light-emitting-diode) ที่มีขนาด 19 นิ้ว เท่ากันทั้ง 3 ชนิด ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยนำชุดคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทั้งหมดมาทำการวัด และทดสอบการบริโภคกำลังไฟฟ้า จากนั้นทำการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานไฟฟ้า และทำการวิเคราะห์เพื่อหาราคาการลงทุนที่เหมาะสม และจุดคุ้มทุน โดยพิจารณาที่อายุการใช้งานของจอภาพ First Life ที่ 4 ปี Second Life ที่ 2.5 ปี และ End of Life ที่ 6.5 ปี ตามข้อมูล LCA [คำแถลงนโยบายของคณะรัฐมนตรี, 2554; W. mungwititkul & B. mohanty,1997; Kaoru Kawamoto , Yoshiyuki Shimoda , & Minoru Mizuno, 2004; S. Sahni, A. Boustani, T. G. Gutowski, & S. C. Graves, 2010; Maria Leet Socolof , Jonathan G. Overly, & Jack R. Geibig, 2005; Nicolas Marmarasa, Dimitris Nathanaela, & Nikos Zarboutisb, 2008; Michael S. Noona, Seung-Jin Leeb, & Joyce S. Cooperb, 2011; Ruxuan Niua, Zhishi Wanga, Qingbin Songa, & Jinhui Lib, 2012] โดยมีไดอะแกรมการทดลองในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ไดอะแกรมการทดลองคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ที่ใช้ต่อร่วมกับ จอภาพชนิด CRT (Cathode Ray Tube) จอภาพชนิด LCD (Liquid Crystal Display) และจอภาพชนิด LED (Light-emitting-diode)

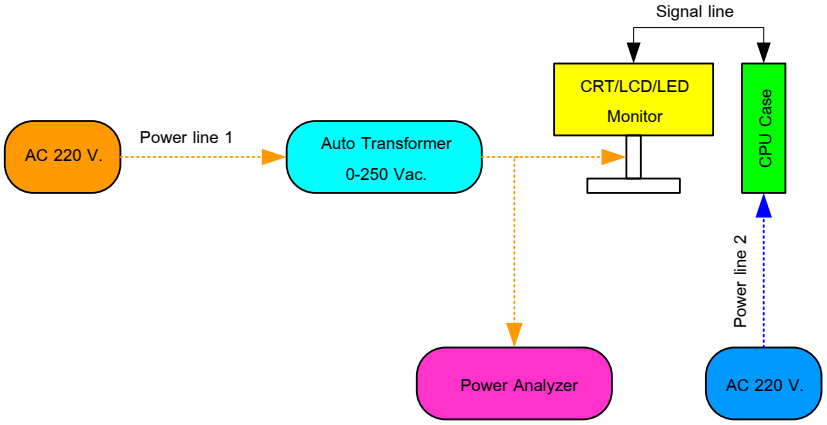
ลำดับ	รายการ	ขนาดจอภาพ (นิ้ว)
1	CPU unit only	-
2	CRT monitor only	19
3	LCD monitor only	19
4	LED monitor only	19
5	CPU+CRT	19
6	CPU+LCD	19
7	CPU+LED	19

2 (ก) 2 (ข) 2 (ค)

รูปที่ 2 จอภาพคอมพิวเตอร์ชนิดต่างๆ ขนาด 19 นิ้ว ที่นำมาใช้ในการทดลอง
(ก) จอภาพ CRT: Cathode Ray Tube (ข) จอภาพ LCD: Liquid Crystal Display (ค) จอภาพ LED: Light Emitting Diode

2. การทดลอง

การทดลองจะประกอบไปด้วยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล จำนวน 1 ชุด ที่ประกอบด้วยซีพียูยูนิต ซึ่งต่อร่วมกับจอภาพขนาด 19 นิ้ว ทั้งจอภาพชนิด CRT จอภาพชนิด LCD และจอภาพชนิด LED โดยทำการวัดค่าการบริโภคกำลังไฟฟ้า (Power Consumption) ซึ่งใช้เครื่องวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้า (Power Quality Analyzer รุ่น FLUKE 43B) พร้อมกับใช้ Current Probe และใช้หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต้ เพื่อทำการรักษาแรงดันด้านเข้าให้คงที่ที่ 220 โวลต์ โดยมีบล็อกไดอะแกรมการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 3 และภาพการทดลองทางไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 4

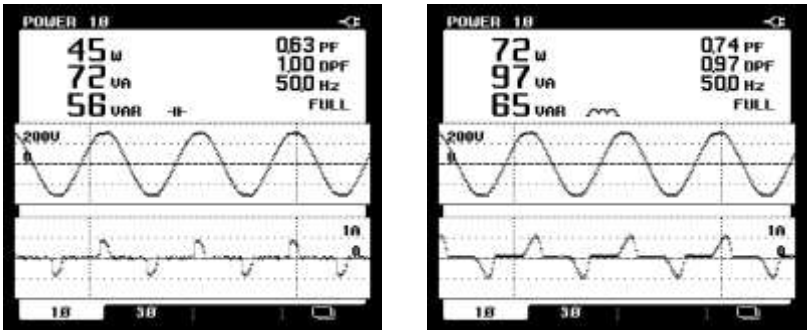


รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมการวัดและการทดลอง

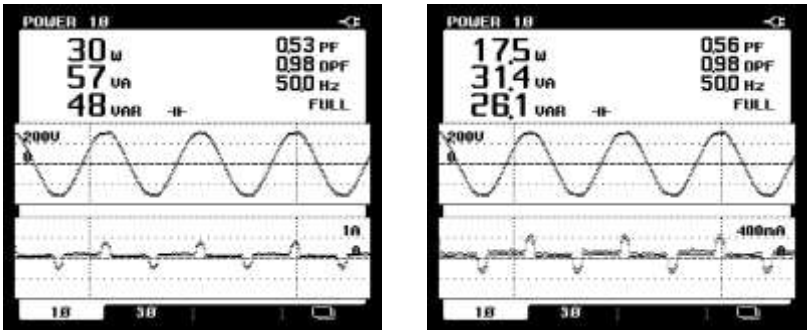
รูปที่ 4 การทดลองวัดค่าการบริโภคกำลังไฟฟ้าของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

3. ผลการทดลอง

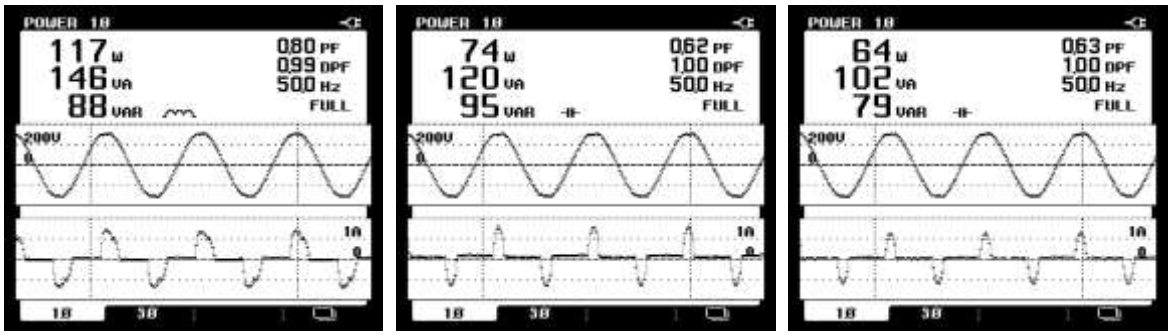
ผลการทดลองจะดำเนินการโดยใช้คลิปโพรบแบบคลิปแอมป์ เพื่อใช้ตรวจวัดค่ากระแสด้านเข้า ร่วมกับ Power Quality Analyzer เพื่อไปแสดงผลที่เครื่องวัดวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้า และจะแสดงผลนี้ ต่อไปยังหน้าจอคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ้คในแบบรูปภาพ เพื่อนำภาพและค่าตัวเลขต่างๆที่ได้ ไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางไฟฟ้าต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 5-7 ซึ่งมีพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่สำคัญคือ ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ (Power Consumption : W) โดยจากรูปผลการทดลอง จะนำค่าต่างๆ ทางไฟฟ้า นำมาสรุปเชิงเปรียบเทียบในลักษณะแบบตาราง และแบบกราฟ เพื่อให้สามารถมองเห็นค่าต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปได้โดยง่าย ซึ่งทำให้เห็นผลดีจากการบริโภคกำลังไฟฟ้าที่ลดลง และคำนวณค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้เป็นแบบเปอร์เซ็นต์ เพื่อนำไปเปรียบเทียบเชิงวิเคราะห์ต่อไป ดังแสดงในตารางที่ 2



รูปที่ 5 ค่ากำลังไฟฟ้าที่บริโภคของ CPU unit only และของจอภาพ CRT only



รูปที่ 6 ค่ากำลังไฟฟ้าที่บริโภคของจอภาพ LCD only และของจอภาพ LED only



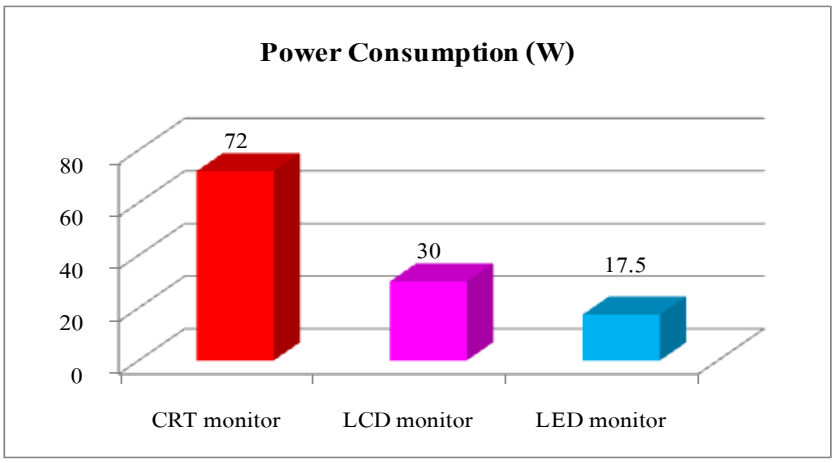
รูปที่ 7 ค่ากำลังไฟฟ้าที่บริโภคของ CPU unit รวมจอภาพ CRT รวมจอภาพ LCD และรวมจอภาพ LED

ตารางที่ 2 การบริโภคกำลังไฟฟ้า และค่าเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงานไฟฟ้า และค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor)

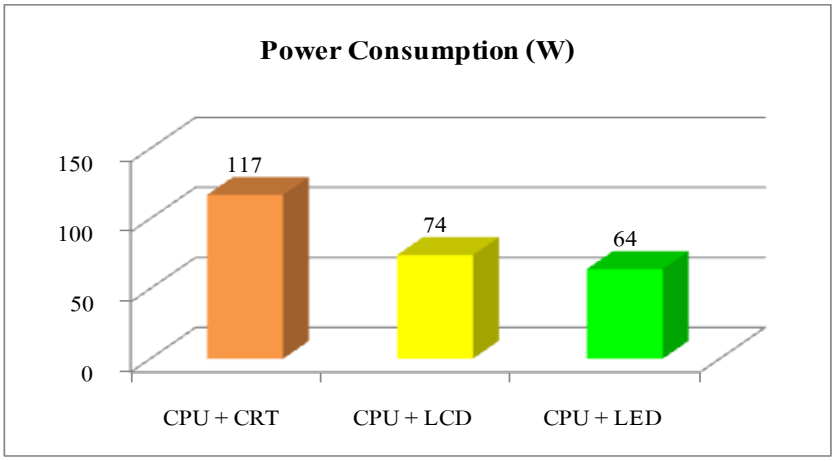
ลำดับ	รายการ	Power (W)	Energy saving (%)	Power Factor
1	CPU unit only	45.0	-	0.63
2	CRT monitor only	72.0	base A	0.74
3	LCD monitor only	30.0	58.33	0.53
4	LED monitor only	17.5	75.69	0.56
5	CPU+CRT	117.0	base B	0.80
6	CPU+LCD	74.0	36.75	0.62
7	CPU+LED	64.0	45.30	0.63

จากตารางที่ 2 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่บริโภคของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ใช้ร่วมกับจอภาพชนิดต่างๆ คือ จอภาพ CRT จอภาพ LCD และจอภาพ LED โดยผลการทดลองในตางราง พบว่าเฉพาะชุด CPU ยูนิต จะบริโภคกำลังไฟฟ้า คือ 45 วัตต์ และเฉพาะจอภาพ CRT จะบริโภคกำลังไฟฟ้า 72 วัตต์ ซึ่งมากกว่า CPU ยูนิต อยู่ที่ 27 วัตต์ และจอภาพชนิด LCD และ LED จะบริโภคกำลังไฟฟ้า 30 วัตต์ และ 17.5 วัตต์ ซึ่งคิดเป็นพลังงานที่สามารถประหยัดได้ (เปรียบเทียบเฉพาะระหว่างจอภาพเท่านั้น) 58.33 เปอร์เซ็นต์ และ 75.69 เปอร์เซ็นต์ (คิดเฉพาะ Base A) ตามลำดับ

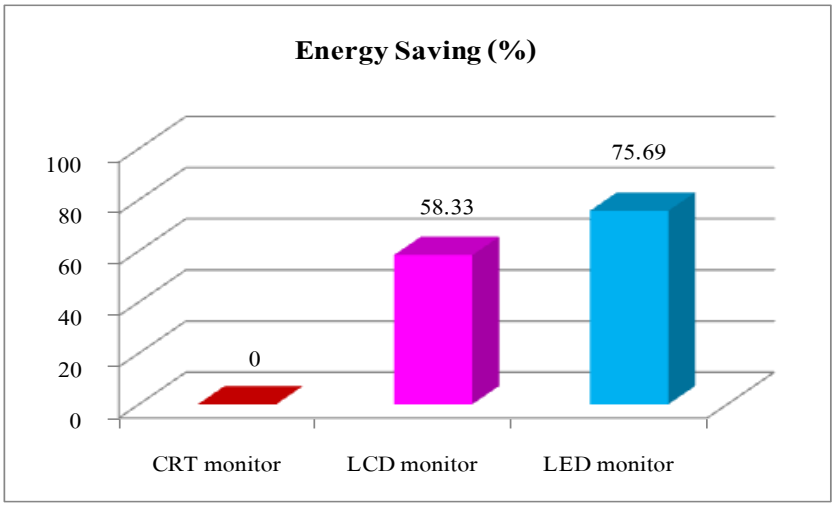
เมื่อนำจอภาพ CRT จอภาพ LCD และจอภาพ LED มาต่อร่วมกับ CPU ยูนิต พบว่าชุดคอมพิวเตอร์ที่ต่อกับจอภาพ CRT จะบริโภคกำลังไฟฟ้า 117 วัตต์ และเมื่อต่อร่วมกับจอภาพ LCD จะบริโภคกำลังไฟฟ้าลดลงไปมากถึง 43 วัตต์ เหลือเพียง 74 วัตต์ ซึ่งคิดเป็นพลังงานที่สามารถประหยัดได้ทั้งระบบคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล คือ 36.75 เปอร์เซ็นต์ และสุดท้ายเมื่อนำ CPU ยูนิต มาต่อร่วมกับจอภาพ LED จะบริโภคกำลังไฟฟ้าลดลงไปมากที่สุดถึง 53 วัตต์ เหลือเพียง 64 วัตต์เท่านั้น ซึ่งคิดเป็นพลังงานที่สามารถประหยัดได้ทั้งระบบคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล คือ 45.30 เปอร์เซ็นต์ (คิดเฉพาะ Base B) ดังแสดงเป็นกราฟเชิงเปรียบเทียบในภาพที่ 8-11



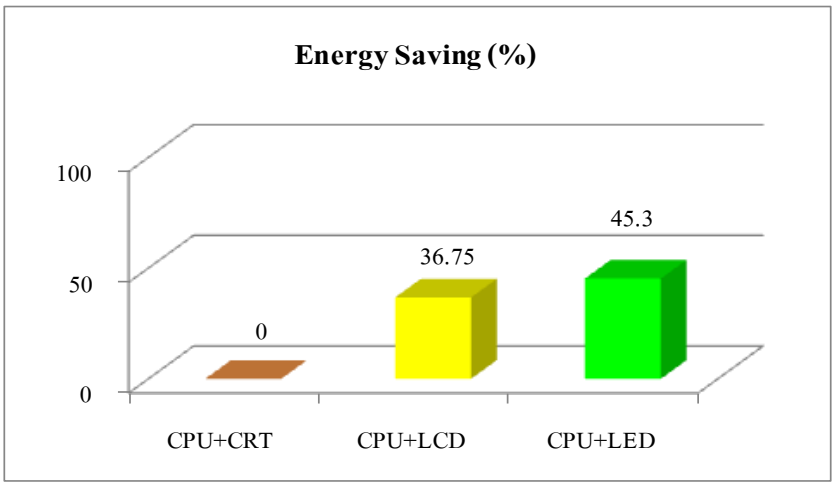
รูปที่ 8 กราฟการเปรียบเทียบการบริโภคกำลังไฟฟ้า (W) จากจอภาพคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลชนิดต่างๆ



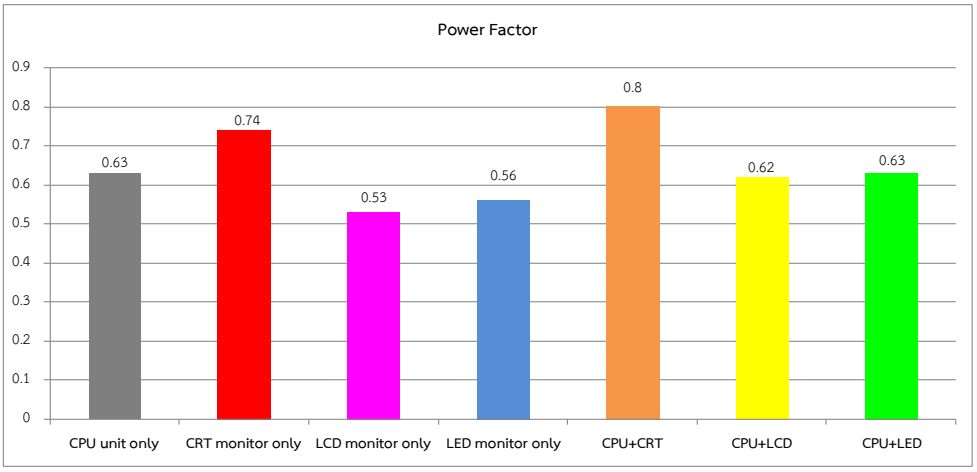
รูปที่ 9 กราฟการเปรียบเทียบการบริโภคกำลังไฟฟ้า (W) จากชุดคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ต่อร่วมกับจอภาพชนิดต่างๆ



รูปที่ 10 กราฟการเปรียบเทียบ Energy saving (%) จากจอภาพคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลชนิดต่างๆ



รูปที่ 11 กราฟการเปรียบเทียบ Energy saving (%) จากชุดคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ต่อร่วมกับจอภาพชนิดต่างๆ



รูปที่ 12 กราฟการเปรียบเทียบ Power Factor จากจอภาพชนิดต่างๆ และเมื่อต่อเป็นชุดคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

จากผลการทดลองภาพที่ 5-7 และ 12 และตารางที่ 2 จะพบว่าผลกระทบข้างเคียงต่อคุณภาพไฟฟ้าในเรื่องค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor) นั้นจะมีค่าตัวประกอบกำลังที่ลดลง จาก 0.80 เป็น 0.62 และ 0.63 เมื่อเปลี่ยนมาใช้จอภาพชนิด LCD และ LED ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 13 ซึ่งถ้ามีการใช้งานคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลจำนวนมากๆ จะมีผลกระทบต่อระบบไฟฟ้ากำลัง คือ จะมีค่ากระแสในสายไฟฟ้าเมนสูงขึ้นกว่าปกติ ซึ่งต้องทำการวัด และตรวจสอบค่ากระแสในสายไฟฟ้าเมน อาจจะสูงขึ้นจนอาจจะทำให้เบรคเกอร์เมนนั้นทริปโดยไม่ทราบสาเหตุ ดังนั้นวิศวกรผู้ออกแบบระบบไฟฟ้ากำลัง จึงควรพิจารณา และระมัดระวังในเรื่องปัญหาค่าตัวประกอบกำลังต่ำลง จากการเปลี่ยนมาใช้จอภาพชนิด LCD และจอภาพชนิด LED ด้วยเสมอ

ข้อมูลต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นที่ได้จากการทดลองนั้นแสดงเห็นถึงผลดีในเชิงการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ที่ดีมากๆ ของจอภาพชนิด LCD และ LED ดังนั้นจากการทดลอง และผลการทดลองที่ได้ จะนำมาทำการวิเคราะห์หาราคาการลงทุนที่เหมาะสม และคำนวณหาจุดคุ้มทุน โดยการนำราคาจำหน่ายจอภาพชนิด LCD และ LED ขนาด 19 นิ้ว ยี่ห้อที่ได้รับความนิยมทั่วไป เช่น ACER LG และ Samsung ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป เช่น ในห้างสรรพสินค้าใหญ่ๆ มาใช้ในการพิจารณาคำนวณ และวิเคราะห์ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการลงทุนเริ่มต้น เพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยต้องนำเอาข้อมูลอายุการใช้งานของจอภาพ LCD และ LED ตามข้อมูล LCA ที่สันนิษฐานอายุการใช้งานของจอภาพ อายุการใช้งานของจอภาพ First Life ที่ 4 ปี Second Life ที่ 2.5 ปี และ End of Life ที่ 6.5 ปี ตามข้อมูล LCA มาประกอบการพิจารณาร่วมด้วย เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานแบบยั่งยืนสำหรับการพิจารณาการเปลี่ยนชนิดของจอภาพ จากจอภาพเดิมชนิด CRT ขนาด 19 นิ้ว มาเป็นจอภาพชนิด LCD และจอภาพชนิด LED ขนาด 19 นิ้ว ดังแสดงในตารางที่ 3

จากตารางที่ 3 ราคาจอ LCD ขนาด 19 นิ้ว ซึ่งมีราคาประมาณ 2,500 บาท และจอ LED ขนาด 19 นิ้ว มีราคาประมาณ 3,500 บาท ซึ่งจากข้อมูลที่ยกตัวอย่างในตารางที่ 3 สมมุติว่ามีการใช้งานจอภาพคอมพิวเตอร์อยู่แล้วที่องค์กรประมาณ 300-400 จอภาพ ซึ่งจะพบว่าผู้บริหารองค์กรอาจจะต้องมีการลงทุนสูงถึงประมาณ 1 ล้านบาท ในดำเนินการเปลี่ยนจอภาพ ไม่ว่าจะเป็นจอภาพชนิด LCD หรือ LED ก็ตาม จากนั้นทำการคำนวณค่าไฟฟ้าต่อเดือน และค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ ตามจำนวนของการใช้งานคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ใช้จอภาพชนิดต่างๆ (บาทต่อเดือน)

ตารางที่ 3 ตัวอย่างข้อมูลการเปรียบเทียบเงินลงทุนเริ่มต้นในการเปลี่ยนจอภาพชนิดต่างๆ ขนาด 19 นิ้ว (1-500 เครื่อง)

จำนวนจอภาพ (เครื่อง)	**ราคาจอภาพ LCD (บาท)**	**ราคาจอภาพ LED (บาท)**
1	2,500	3,500
50	125,000	175,000
100	250,000	350,000
150	375,000	525,000
200	500,000	700,000
250	625,000	875,000
300	750,000	1,050,000
350	875,000	1,225,000
400	1,000,000	1,400,000
450	1,125,000	1,575,000
500	1,250,000	1,750,000

จากข้อมูลต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาในข้างต้น สามารถนำมาพิจารณาหาค่าใช้จ่ายเรื่องค่าไฟฟ้าที่จะต้องจ่ายประจำในแต่ละเดือน โดยราคาค่าไฟฟ้าเฉลี่ยโดยประมาณ คือ หน่วยละ 4.5 บาท ซึ่งมีวิธีการคำนวณ ดังสมการที่ (1) ดังนี้

$$\text{ค่าไฟฟ้าต่อเดือน (บาท)} = \left[\frac{\text{กำลังไฟฟ้าที่บริโภค} \times \text{ระยะเวลาที่ใช้งานต่อวัน} \times 30 \text{ วัน}}{1{,}000}\right] \times \text{ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย} \qquad (1)$$

โดยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ใช้ร่วมกับจอภาพ CRT ขนาด 19 นิ้ว จะบริโภคกำลังไฟฟ้า 117 W
ดังนั้นถ้าใช้งานวันละ 8 ชั่วโมงต่อวัน และใช้งาน 30 วันต่อเดือน จะคำนวณคิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายต่อเดือนคือ

$= \left[(117\ \text{W} \times 8\ \text{hr.} \times 30\ \text{Day}) / 1{,}000\right] \times 4.5\ \text{Bath/unit}$

= 126.36 บาทต่อเดือน #

โดยค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้จากการใช้จอภาพ LCD และจอภาพ LED ในจำนวนเครื่องตั้งแต่ 1-500 เครื่อง ซึ่งใช้เป็นข้อมูลเชิงเปรียบเทียบ ดังแสดงในตารางที่ 4

ดังนั้นถ้าหากพิจารณาเป็นกรณีศึกษาแบบที่ 1 (สำหรับการเปลี่ยนจอภาพเป็นชนิด LCD)
*ถ้าต้องใช้เงินลงทุน จำนวน 1,000,000 บาท
- จะได้จอภาพ LCD ขนาด 19 นิ้ว จำนวน 400 จอภาพ ซึ่งจะประหยัดเงินได้ 18,574.92 บาทต่อเดือน
ดังนั้นจะใช้เวลาคืนทุนประมาณ 53.84 เดือน หรือประมาณ 4 ปี 5 เดือนกว่า

ดังนั้นถ้าหากพิจารณาเป็นกรณีศึกษาแบบที่ 2 (สำหรับการเปลี่ยนจอภาพเป็นชนิด LED)
*ถ้าต้องใช้เงินลงทุน จำนวน 1,050,000 บาท
- จะได้จอภาพ LCD ขนาด 19 นิ้ว จำนวน 300 จอภาพ ซึ่งจะประหยัดเงินได้ 17,172.32 บาทต่อเดือน
ดังนั้นจะใช้เวลาคืนทุนประมาณ 61.14 เดือน หรือประมาณ 5 ปี 1 เดือนกว่า

ตารางที่ 4 การคำนวณค่าไฟฟ้าต่อเดือน และค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ ตามจำนวนของการใช้งานชุดคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

จำนวน PC (เครื่อง)	ค่าไฟฟ้า (บาท) PC with CRT monitor (117 W-base B)	ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (บาท) PC with LCD monitor (Save 36.75%)	ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (บาท) PC with LED monitor (Save 45.30%)
1	126.36	46.44	57.24
50	6,318.00	2,321.87	2,862.05
100	12,636.00	4,643.73	5,724.11
150	18,954.00	6,965.60	8,586.16
200	25,272.00	9,287.46	11,448.22
250	31,590.00	11,609.33	14,310.27
300	37,908.00	13,931.19	17,172.32
350	44,226.00	16,253.06	20,034.38
400	50,544.00	18,574.92	22,896.43
450	56,862.00	20,896.79	25,758.49
500	63,180.00	23,218.65	28,620.54

จากกรณีศึกษาที่ 1 และ 2 พบว่า การงบประมาณการลงทุนจำนวนใกล้เคียงกัน คือจำนวนประมาณ 1 ล้านบาท แต่จอ LCD จะได้ปริมาณจอมากกว่า คือ 400 จอภาพ ในขณะที่จอ LED จะได้จำนวนจอภาพน้อยกว่า คือ 300 จอภาพ

โดยเมื่อพิจารณาถึงจุดคุ้มทุนแล้ว พบว่าการใช้จอ LCD จะคุ้มทุนเร็วกว่าคือ ประมาณ 53.84 เดือน หรือประมาณ 4 ปี กับ 5 เดือนกว่า ซึ่งเกินกว่าอายุการใช้งาน First Life ของจอภาพที่ 4 ปี และถ้ากรณีของจอ LED นั้นจะใช้ระยะเวลาคืนทุนนานกว่า คือประมาณ 61.14 เดือน หรือประมาณ 5 ปี กับ 1 เดือนกว่า ซึ่งเกินกว่าอายุการใช้งาน First Life ของจอภาพที่ 4 ปี เช่นกัน ซึ่งทำให้การลงทุนเกิดความเสี่ยงที่จะไม่คุ้มทุน เนื่องจากระยะเวลาของจุดคุ้มทุนยาวนานกว่าอายุการใช้งาน First Life ของจอภาพทั้งชนิด LCD และ LED

ซึ่งแม้ว่าจอภาพชนิด LCD จะคืนทุนเร็วกว่าจอภาพชนิด LED ก็ตาม แต่ควรต้องมีการพิจารณาอีกเรื่องหนึ่งด้วย คือ ควรมีการพิจารณาถึงอนาคตอันใกล้ของเทคโนโลยีจอภาพคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่มีแนวโน้มสูง ที่กำลังจะเปลี่ยนไปเป็นจอภาพชนิด LED ทั้งหมดด้วย เพราะมีข้อดีกว่าในเรื่องการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ซึ่งด้วยเหตุผลดังกล่าว ถ้าอนาคตมีความนิยมใช้งานจอภาพชนิด LED มากขึ้น การผลิตย่อมมีมากขึ้น และย่อมส่งผลกระทบที่ดี ที่จะทำให้ราคาจอภาพ LED มีราคาที่ถูกลง ซึ่งนั่นทำให้มูลค่าการลงทุนลดลง และทำให้ถึงจุดคุ้มทุนเร็วยิ่งขึ้น ซึ่งเร็วกว่า 4 ปี ตามอายุการใช้งาน First Life ของจอภาพ ที่ 4 ปี หรือ 48 เดือน นั่นเอง

ดังนั้นการดำเนินการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุน โดยคำนวณหาราคาจอภาพ LED ที่เหมาะสมต่อการลงทุน โดยระยะเวลาของจุดคุ้มทุนนั้นต้องไม่เกิน 48 เดือน หรือ 4 ปี ตามอายุการใช้งาน First Life ของจอภาพ และยังเหลืออายุการใช้งาน Second Life คือ 2.5 ปี หรือ 30 เดือน รวมอายุการใช้งาน End of Life 6.5 ปี หรือ 78 เดือน โดยสามารถคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน หรือจุดคุ้มทุน Breakeven Point รวมทั้งคำนวณหาราคาที่ระยะเวลาคืนทุน ที่ 48 เดือนได้ดังสมการที่ (2) และ (3) และผลการคำนวณหาราคาจอภาพ LED ที่เหมาะสมต่อการลงทุน โดยจุดคุ้มทุนไม่เกิน 48 เดือน หรือ 4 ปี ดังแสดงในตารางที่ 5

$$\text{จุดคุ้มทุน (เดือน)} = \left[\frac{\text{จำนวนเงินลงทุนเริ่มต้น (บาท)}}{\text{ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อเดือน (บาท)}}\right] \quad (2)$$

$$\text{ราคาจอภาพ LED ต่อ 1 เครื่อง} = \left[\frac{\text{จุดคุ้มทุน (เดือน)} \times \text{ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อเดือน (บาท)}}{\text{จำนวนจอภาพ LED}}\right] \quad (3)$$

จากตารางที่ 5 พบว่าถ้าราคาจอภาพ LED คิดที่ 300 จอภาพ โดยมีจุดคุ้มทุนไม่เกิน 48 เดือน หรือ 4 ปี จะต้องมีราคาจำหน่ายจอภาพชนิด LED (รวม VAT 7% แล้ว) คือ 2,747.5 บาทต่อ 1 เครื่อง โดยสามารถนำค่าต่างๆ จากการคำนวณมาพล็อตกราฟแสดงให้เห็นจุดคุ้มทุนที่ระยะเวลาต่างๆ ที่แปรผันตามราคาของจอภาพ LED ดังแสดงในภาพที่ 11

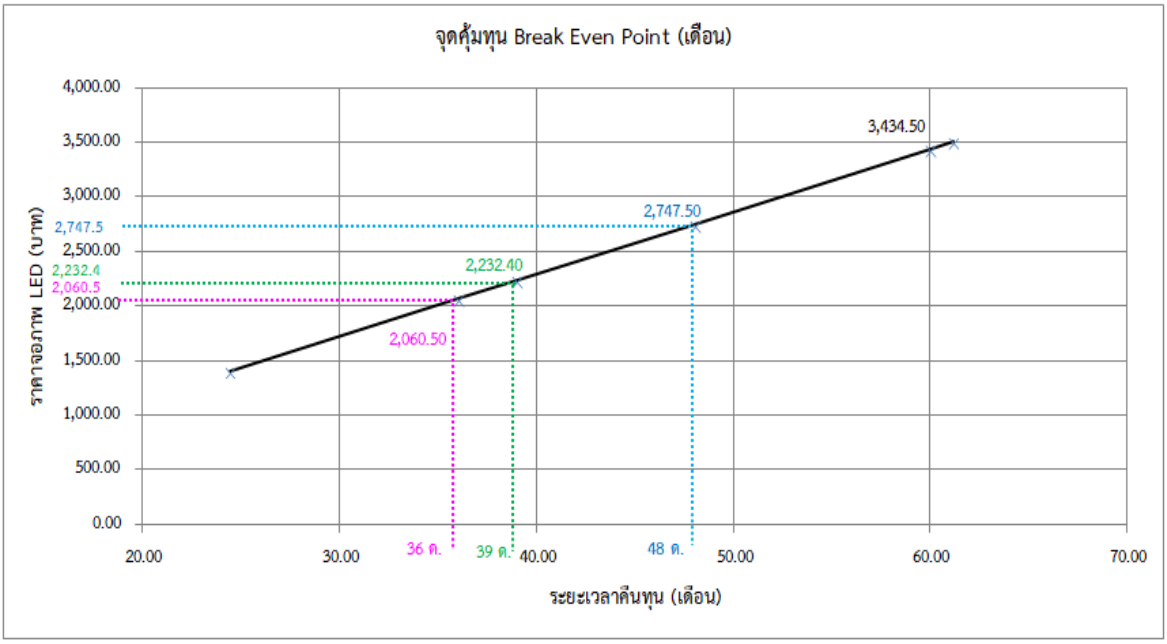
จากภาพที่ 11 พบว่า การลงทุนเปลี่ยนจอภาพจากชนิด CRT มาเป็นจอภาพชนิด LED นั้นควรจะต้องคำนึงถึงอายุการใช้งานของจอภาพ LED ด้วย โดยมีอายุการใช้งานตามข้อมูล LCA โดยอายุการใช้งาน First Life ของจอภาพ และมีอายุการใช้งาน Second Life คือ 2.5 ปี รวมอายุการใช้งาน End of Life 6.5 ปี หรือ 78 เดือน ดังนั้นการลงทุนจะต้องมีระยะเวลาคืนทุน หรือจุดคุ้มทุนที่ไม่ควรเกิน 48 เดือน หรือ 4 ปี

สรุปผลจากการคำนวณราคาของจอภาพ LED จะต้องมีราคาขายไม่เกิน 2,747.50 บาทต่อ 1 เครื่อง ดังแสดงในภาพที่ 11 ตรงกราฟที่มีเส้นประสีฟ้า ซึ่งเมื่อถึงจุดคุ้มทุนที่ 4 ปีแล้ว ยังเหลือเวลาในการใช้งานอีก Second Life ประมาณ 2.5 ปี จนสิ้นอายุการใช้งานของจอภาพ End of Life ซึ่งสามารถคำนวณคิดเป็นเงินที่จะได้รับคืนกลับมาเป็นเงินจำนวนทั้งสิ้น คือ 17,172.32 บาท × 30 เดือน = 515,169.60 บาท

ตารางที่ 5 ผลการคำนวณหาราคาจอภาพ LED ที่เหมาะสมต่อการลงทุน (โดยจุดคุ้มทุนไม่เกิน 48 เดือน หรือ 4 ปี)

ราคาจอ LED ต่อเครื่อง (บาท)	จำนวนเงินลงทุนเริ่มต้น (บาท)	ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อเดือน (บาท) (คิดที่ PC 300 ชุด)	ระยะเวลาคุ้มทุน (เดือน)	ระยะเวลาที่เหลือจนสิ้นสุดอายุการใช้งาน (เดือน)	จำนวนเงินที่ได้คืนจนสิ้นสุดอายุการใช้งาน (บาท)
เริ่มต้น 3,500.00	1,050,000	17,172.32	61.14	16.86	289,441
3,434.50	1,030,350	17,172.32	60.00	18.00	309,091
3,400.00	1,020,000	17,172.32	59.40	18.60	319,441
3,300.00	990,000	17,172.32	57.65	20.35	349,441
3,200.00	960,000	17,172.32	55.90	22.10	379,441
3,100.00	930,000	17,172.32	54.16	23.84	409,441
3,000.00	900,000	17,172.32	52.41	25.59	439,441
2,900.00	870,000	17,172.32	50.66	27.34	469,441
2,800.00	840,000	17,172.32	48.92	29.08	499,441
2,747.50	824,250	17,172.32	48.00	30.00	515,191
2,700.00	810,000	17,172.32	47.17	30.83	529,441
2,600.00	780,000	17,172.32	45.42	32.58	559,441
2,500.00	750,000	17,172.32	43.67	34.33	589,441
2,400.00	720,000	17,172.32	41.93	36.07	619,441
2,300.00	690,000	17,172.32	40.18	37.82	649,441
*2,232.40	**669,720**	17,172.32	*39.00	39.00	**669,720**
2,200.00	660,000	17,172.32	38.43	39.57	679,441
2,100.00	630,000	17,172.32	36.69	41.31	709,441
2,060.50	618,150	17,172.32	36.00	42.00	721,291
2,000.00	600,000	17,172.32	34.94	43.06	739,441
1,900.00	570,000	17,172.32	33.19	44.81	769,441
1,800.00	540,000	17,172.32	31.45	46.55	799,441
1,700.00	510,000	17,172.32	29.70	48.30	829,441

ราคาจอ LED ต่อเครื่อง (บาท)	จำนวนเงินลงทุนเริ่มต้น (บาท)	ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อเดือน (บาท) (คิดที่ PC 300 ชุด)	ระยะเวลาคุ้มทุน (เดือน)	ระยะเวลาที่เหลือจนสิ้นสุดอายุการใช้งาน (เดือน)	จำนวนเงินที่ได้คืนจนสิ้นสุดอายุการใช้งาน (บาท)
1,600.00	480,000	17,172.32	27.95	50.05	859,441
1,500.00	450,000	17,172.32	26.20	51.80	889,441
1,400.00	420,000	17,172.32	24.46	53.54	919,441
1,300.00	390,000	17,172.32	22.71	55.29	949,441
1,200.00	360,000	17,172.32	20.96	57.04	979,441
1,100.00	330,000	17,172.32	19.22	58.78	1,009,441
1,000.00	300,000	17,172.32	17.47	60.53	1,039,441



ภาพที่ 13 กราฟการเปรียบเทียบราคาจอภาพ LED ที่เหมาะสมต่อการลงทุน (โดยจุดคุ้มทุนไม่เกิน 48 เดือน หรือ 4 ปี)

จากตารางที่ 5 ถ้าต้องการให้มีจุดคุ้มทุนเร็วยิ่งขึ้นจาก 48 เดือน หรือ 4 ปี เป็น 36 เดือน หรือ 3 ปี จะต้องมีราคาจำหน่ายจอภาพชนิด LED (รวม VAT 7% แล้ว) คือ 2,060.50 บาทต่อ 1 เครื่อง ดังแสดงในภาพที่ 11 ตรงกราฟที่มีเส้นประสีม่วง ซึ่งเมื่อถึงจุดคุ้มทุนที่ 3 ปีแล้ว ยังเหลือเวลาในการใช้งานอีก Second Life ประมาณ 3.5 ปี จนสิ้นอายุการใช้งานของจอภาพ End of Life ซึ่งคิดเป็นเงินที่จะได้คืนกลับมาเป็นเงินจำนวนทั้งสิ้น คือ 17,172.32 บาท × 42 เดือน = 721,237.44 บาท

โดยจะต้องใช้เงินลงทุนในการเปลี่ยนมาใช้จอภาพชนิด LED ประมาณ 618,150 บาท โดยราคาขายจอภาพชนิด LED จะอยู่ที่ราคา 2,060.5 บาทต่อ 1 เครื่อง (รวม VAT 7% แล้ว) ซึ่งจะได้เงินคืนกลับมาจากการประหยัดค่าไฟฟ้าจำนวนประมาณ 721,237.44 บาท จนสิ้นอายุการใช้งานของจอภาพ LED โดยเงินที่ได้รับคืนจะมีค่าสูงกว่าเงินลงทุน ซึ่งคิดเป็นจำนวนเงินส่วนต่างที่จะได้รับกลับมาหลังจากการลงทุนเป็นจำนวนทั้งสิ้น 721,237 – 618,150 = 103,087 บาท ซึ่งนั่นจะทำให้การพิจารณาความเป็นไปได้ในการลงทุนง่ายมากยิ่งขึ้น

ดังนั้นสรุประยะเวลาจุดคุ้มทุนที่เหมาะสมสำหรับจอภาพ LED คือ ตั้งแต่ 36-48 เดือน หรือประมาณ 3-4 ปี ซึ่งจะเหลือระยะเวลาของอายุการใช้งานของจอภาพ LED อีกประมาณ 42-30 เดือน ตามลำดับ หลังจากถึงจุดคุ้มทุนแล้ว

จะมีเงินที่จะได้คืนกลับมาจากการประหยัดค่าไฟฟ้าเดือนละ 17,172.32 บาทต่อเดือน ซึ่งคิดเป็นเงินจำนวนทั้งสิ้น 721,237.44 บาท และ 515,169.60 บาท ตามลำดับ โดยเงินลงทุนเริ่มต้นจะลดลงจากจำนวนประมาณ 1,050,000บาท เหลือเพียง 618,150 บาท และ 824,250 บาท ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้ความเป็นไปได้ในการลงทุนง่ายขึ้น

การพิจารณาหาจุดที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการลงทุน โดยพิจารณาข้อมูลในตารางที่ 5 และภาพที่ 13 พบว่า ระยะเวลาของจุดคุ้มทุนที่ 39 เดือน เป็นจุดที่เหมาะสมที่สุด ที่จะดำเนินการเริ่มต้นลงทุน โดยเมื่อราคาของจอภาพ LED มีราคาลดลงเหลือ 2,232.40 บาท เนื่องจากจำนวนเงินได้รับคืนจนสิ้นสุดอายุการใช้งานของจอภาพ LED (6.5 ปี) จะมีค่าเท่ากับจำนวนเงินลงทุนเริ่มต้น

4. สรุปผลการทดลอง

ผลการวิจัยทำให้เห็นผลดีของการประหยัดพลังงานในระบบคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หรือพีซี แบบยั่งยืน โดยการดำเนินการเปลี่ยนเฉพาะส่วนของจอภาพจากเดิมที่ใช้จอภาพชนิด CRT มาเป็นจอภาพชนิด LED ซึ่งจะให้ผลดีในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ดีที่สุด คิดเป็น 45.30 เปอร์เซ็นต์ โดยระยะเวลาจุดคุ้มทุนที่เหมาะสมสำหรับจอภาพ LED คือ ตั้งแต่ 36-48 เดือน หรือ 3-4 ปี ซึ่งราคาของจอภาพควรจะต้องมีราคา (รวม VAT 7%) ประมาณ 2,060.5–2,747.5 บาท เท่านั้น ซึ่งจะทำให้เหลือระยะเวลาการใช้งานของจอภาพ LED อีกประมาณ 3.5-2.5 ปี จึงครบอายุการใช้งานของจอภาพ หรือ End of Life ที่ 6.5 ปี หลังจากถึงจุดคุ้มทุนแล้ว ตามข้อมูล LCA และทำให้การลงทุนเริ่มต้นจากเดิมที่ต้องใช้เงินลงทุนเริ่มต้นจำนวน 1,050,000 บาท ลดลงเหลือเพียงจำนวนเงิน 824,250 บาท และ 618,150 บาท ตามลำดับ อีกทั้งทำให้ยังมีเงินเหลือจากการประหยัดค่าไฟฟ้าได้ เดือนละ 17,172.32 บาท ในปีที่ 4-6.5 และปีที่ 5-6.5 คิดเป็นจำนวน 515,169 บาท ในกรณีระยะเวลาคืนทุนที่ 48 เดือน และจำนวน 721,237 บาท ในกรณีระยะเวลาคืนทุนที่ 36 เดือน ตามลำดับ

โดยเมื่อพิจารณาเรื่องการหาจุดที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการเริ่มต้นลงทุน คือ 39 เดือน โดยราคาของจอภาพลดลงจาก 3,500 บาท เหลือ 2,232.40 บาท จะเป็นจุดที่เหมาะสมกับการเริ่มต้นลงทุนมากที่สุด เนื่องจากจำนวนเงินได้รับคืนจนสิ้นสุดอายุการใช้งานของจอภาพ LED (6.5 ปี) มีค่าเท่ากับจำนวนเงินลงทุนเริ่มต้นนั่นเอง

อย่างไรก็ตามควรพิจารณาและระมัดระวังเรื่องผลกระทบข้างเคียงที่เกิดขึ้นต่อคุณภาพไฟฟ้า ในเรื่องค่าตัวประกอบกำลังที่ต่ำลงจาก 0.8 กรณีใช้จากภาพ CRT จะลดลงเหลือ 0.63 กรณีเปลี่ยนมาใช้จอภาพชนิด LED ซึ่งผลกระทบของค่าตัวประกอบกำลังที่ลดลงต่ำมากๆ เมื่อใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลจำนวนมากๆ เช่น ในสำนักงาน หรือห้องปฏิบัติการทางคอมพิวเตอร์ จะมีผลทำให้ค่ากระแสในสายไฟฟ้าเมนสูงขึ้นกว่าปกติ ดังนั้นวิศวกรไฟฟ้าผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าเมนจะต้องพิจารณาคำนวณเผื่อค่าพิกัดกระแสในสายไฟฟ้าเมนประมาณ 1.5-2.0 เท่า จากกรณีค่าตัวประกอบกำลังต่ำจากการใช้งานโหลดจำพวกคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ใช้ร่วมกับจอภาพชนิด LED ด้วยทุกครั้ง

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบกราบพระคุณ ท่านผู้บริหารของมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย เป็นอย่างสูงที่กรุณามอบโอกาสต่างๆ ในการทำงานวิจัย พร้อมทั้งให้การช่วยเหลือ และคำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง จนงานวิจัยนี้สำเร็จด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

กระทรวงพลังงาน. (2554). *แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554-2573).* ม.ป.ท.: กระทรวง

คำแถลงนโยบายของคณะรัฐมนตรี. (2554). สำนักพิมพ์คณะรัฐมนตรีและราชกิจจานุเบกษา.

W. mungwititkul & B. mohanty. (1997). Energy efficiency of office equipment in commercial buildings : The case study in Thailand. *Energy,* 22(7): 673-680.

Kaoru Kawamoto , Yoshiyuki Shimoda , & Minoru Mizuno. (2004). Energy saving potential of office equipment power management. *Energy and Buildings*, 36: 915–923.

S. Sahni, A. Boustani, T. G. Gutowski, & S. C. Graves. (2010). Reusing Personal Computer Devices – Good or Bad for the Environment ?. *Proceedings of the 2010 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology*. Retrieved from https://ieeexplore.ieee.org/xpl/topAccessedArticles.jsp?punumber=5496818

Maria Leet Socolof , Jonathan G. Overly, & Jack R. Geibig. (2005). Environmental life-cycle impacts of CRT and LCD desktop computer displays. *Journal of Cleaner Production*. vol. 13, pp. 1281-1294.

Nicolas Marmarasa, Dimitris Nathanaela, & Nikos Zarboutisb. (2008). The transition from CRT to LCD monitors:Effects on monitor placement and possible consequences in viewing distance and body postures. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 38: 584–592.

Michael S. Noona, Seung-Jin Leeb, & Joyce S. Cooperb. (2011). A life cycle assessment of end-of-life computer monitor management in the Seattle metropolitan region. *Resources, Conservation and Recycling*. 57: 22–29.

Ruxuan Niua, Zhishi Wanga, Qingbin Songa, & Jinhui Lib. (2012). LCA of scrap CRT display at various scenarios of treatment. *Procedia Environmental Sciences*. 16:. 576-584.

Vikrant Bhakar, Aashray Agur, A. K. Digalwar, & Kuldip Singh Sangwan. (2015) Life Cycle Assessment of CRT, LCD and LED Monitors. *Procedia CIRP*. 29: 432-437.