การพัฒนาชุดสื่อการเรียนการสอนสำหรับการออกแบบระบบแก้เพาเวอร์แฟคเตอร์
Development of The Instructional Media For Power Factor System Design

ไพศาล คงเรือง และ สมมารถ ขำเกลี้ยง

โปรแกรมวิชาอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000
e-mail: paisan-714@yahoo.com, khamkleang@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและทดสอบชุดสื่อการเรียนการสอนสำหรับวิชาออกแบบระบบไฟฟ้า เรื่องโหลด R,L,C การแก้เพาเวอร์แฟคเตอร์ และกระแสในสายนิวตรอล วิธีการดำเนินงานประกอบไปด้วย การศึกษารวบรวมข้อมูล ออกแบบโครงสร้างและวงจรการทำงาน สร้างและทดสอบ เก็บข้อมูลจากการทดลอง จากผลการทดลองวัดค่าด้วยเครื่องวัดวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าในการทดลองของโหลดประเภทความต้านทาน ความเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ พบว่าสามารถใช้วัดค่าแรงดัน ค่ากระแส ค่ากำลังไฟฟ้าจริง ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ ค่ากำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ และค่ากระแสในสายนิวตรอล ตามใบงานการทดลองที่ได้จัดทำขึ้น และมีผลถูกต้องสอดคล้องกับทฤษฎี ซึ่งสามารถนำชุดสื่อการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้ไปใช้ในรายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ชุดสื่อ การออกแบบระบบไฟฟ้า เพาเวอร์เฟคเตอร์

Abstract

The objectives of the research entitled "Development of Instruction Media for Electrical Design Course" was to study the R,L,C loads for regulation of power factor and the electrical current in the neutron line and to create the instructional kits for teaching the electrical design course. The research involved the study of resistive, inductive and capacitive loads for use in the teaching and experiments. Experiments utilized measurement devices for analysis of the electrical power for resistive, inductive and capacitive loads in measuring voltage, electric current, reactive power, true power, apparent power, power factor and current in the neutron line. Three worksheets accompanying the experiments included the sheet on RL loads, regulation of power factor and current in the neutron line. Each worksheet was meant for testing understanding of learners after they have been taught with the instruction media for electrical design course.

Keyword: Instructional Media, Electrical System Design, Power Factor

1. บทนำ

สื่อการเรียนการสอน นับเป็นองค์ประกอบที่สำคัญมากประการหนึ่งในกระบวนการเรียนการสอนนอกเหนือจากตัวผู้สอน ผู้เรียน และเทคนิควิธีการต่าง ๆ บทบาทของสื่อการเรียนการสอนก็คือ เป็นตัวกลางหรือพาหนะ หรือเครื่องมือหรือช่องทางที่ใช้นำเรื่องราว ข้อมูลความรู้หรือสิ่งบอกกล่าวของผู้ส่งสารหรือผู้สอนไปสู่ผู้รับหรือผู้เรียน เพื่อทำให้การเรียนรู้หรือการเรียนการสอนบรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์หรือจุดมุ่งหมายที่วางไว้ได้เป็นอย่างดี สื่อการเรียนการสอนได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องสอดคล้องกับการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ จากสื่อพื้นฐานซึ่งเป็นภาษาพูดหรือเขียนถึงปัจจุบันสื่อมีหลายประเภท หลายรูปแบบ ให้ผู้สอนได้พิจารณาเลือกใช้ตามความเหมาะสมของสื่อแต่ละประเภทที่มีคุณลักษณะหรือคุณสมบัติเฉพาะตัวของมันเองเนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเป็นไปอย่างรวดเร็ว เป็นเหตุให้ผู้สอนสถาบันอาชีวะและเทคนิคศึกษาต้องประสบปัญหาอย่างมาก ในการที่จะทำให้ผลการเรียนการสอนบรรลุเป้าหมายอยู่เสมอ การที่จะให้ผู้สำเร็จการศึกษาในแต่ละวิชาได้ออกไปปฏิบัติงานเป็นช่างเทคนิคที่มีทักษะจริง ๆ นั้นย่อมไม่สามารถเป็นไปได้ด้วยการเล่าเรียนในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ แต่ผู้สอนจะต้องเล็งเห็นถึงความสำคัญของการที่จะต้องมีเวลาเพียงพอสำหรับทำความคุ้นเคยกับวัสดุเครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ตลอดจนการเรียนรู้ถึงขั้นตอนหรือวิธีการดำเนินงานต่าง ๆในสาขาวิชานั้นๆ หากลำดับขั้นตอนที่เกิดขึ้นในกระบวนการทางเทคนิคยิ่งซับซ้อนมากเท่าใด การถ่ายทอดความรู้ในชั้นเรียนก็ยิ่งเผชิญกับอุปสรรคมากขึ้นเท่านั้น [1] เนื่องจากการเรียนวิชาการออกแบบระบบวงจรไฟฟ้า เรื่องการออกแบบระบบการแก้เพาเวอร์เฟคเตอร์มีสมการในการคำนวณที่ซับซ้อน มีแต่ภาคทฤษฎีเพียงอย่างเดียว ทำให้ผู้เรียนไม่เข้าใจในเนื้อหาการเรียน และผู้เรียนอาจเกิดความเบื่อหน่ายในการเรียน ทำให้ผู้เรียนไม่สนใจในเนื้อหานั้นๆ

จากความเป็นมาและสภาพปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงพัฒนาชุดสื่อการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษาเกี่ยวกับ เรื่องระบบไฟฟ้าโหลด R,L,C การแก้เพาเวอร์แฟคเตอร์ และกระแสที่ไหลในสายนิวทรัล เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจได้ง่าย และได้ฝึกทักษะในการปฏิบัติจากอุปกรณ์จริง สถานการณ์จริง ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจและมีประสิทธิภาพในการเรียนมากยิ่งขึ้น

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาชุดสื่อการเรียนการสอน เรื่องโหลด R,L,C การแก้เพาเวอร์แฟคเตอร์ และกระแสในสาย นิวตรอล

1.2 ขอบเขตของการทำวิจัย

1.2.1 ใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน เกี่ยวกับโหลด R,L,C การแก้เพาเวอร์แฟคเตอร์ และกระแสในสายนิวตรอล

1.2.2 โหลดที่ใช้เป็นโหลด R,L,C ประกอบด้วยหลอดทังสเตนฮาโลเจน มอเตอร์ 3 เฟส และคาปาซิเตอร์

1.2.3 ใช้คาปาซิเตอร์ขนาด 5 kVAR และ 7.5 kVAR ในการแก้ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์

2. การพัฒนาชุดสื่อ

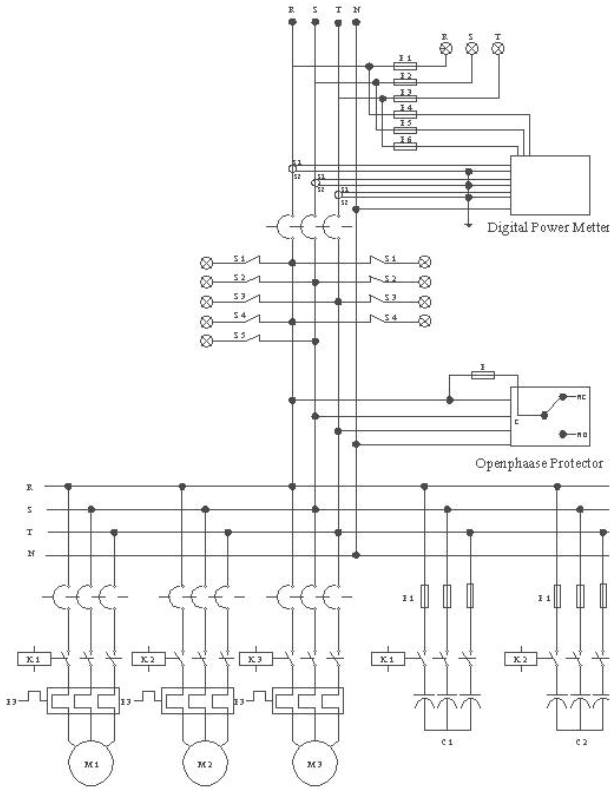
การพัฒนาชุดสื่อการออกแบบระบบแก้เพาเวอร์เฟคเตอร์โดยการเริ่มต้นจากการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมด หลังจากนั้นมาทำการออกแบบโครงสร้างและวงจรการทำงาน ทำการสร้างชิ้นงาน ทดลองการทำงานและปรับปรุงแก้ไข

2.1 การออกแบบ

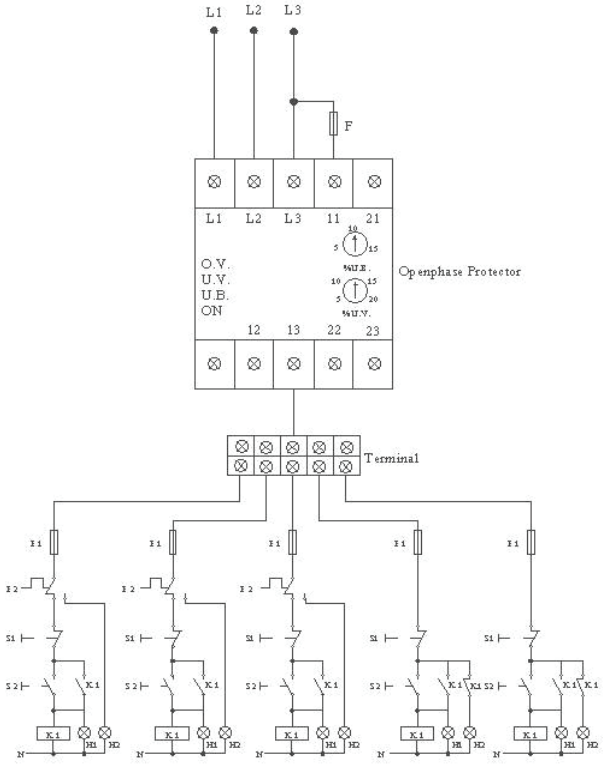
วงจรกำลังของโหลดทั้งหมด [2-5] แสดงดังภาพที่ 1 และในภาพที่ 2 จะแสดงวงจรควบคุมมอเตอร์และคาปาซิเตอร์ ซึ่งการออกแบบวงจรทั้งหมดนี้จะถูกนำไปใช้ในการต่อวงจรภายในชุดสื่อที่พัฒนาขึ้น

2.2 การออกแบบโครงสร้าง

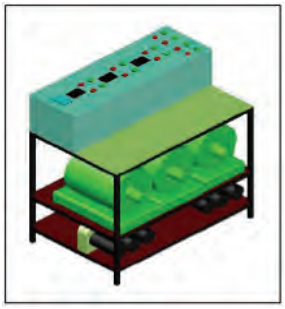
จากภาพที่ 3 แสดงโครงสร้าง 3 มิติ ของชุดโต๊ะควบคุมในมุมของโครงสร้างโดยรวม ฐานชั้นล่างสุดเป็นตำแหน่งที่ติดตั้งคาปาซิเตอร์ ฐานชั้นกลางตำแหน่งติดตั้งมอเตอร์ 5 แรงม้า จำนวน 3 ตัว และชั้นบนสุดคือตู้ควบบคุมมอเตอร์และคาปา-ซิเตอร์



ภาพที่ 1 : วงจรกำลังของโหลดทั้งหมด



ภาพที่ 2 : วงจรควบคุมมอเตอร์และคาปาซิเตอร์



ภาพที่ 3 **: การออกแบบโครงสร้าง**

2.3 การพัฒนา

การพัฒนาชุดสื่อการเรียนการสอน จะประกอบไปด้วยเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้แก่ Digital Multimeter เพื่อวัดค่า V, I, P, Q, S และ P.F อุปกรณ์ทางไฟฟ้าประกอบด้วยโหลดความต้านทาน ใช้หลอดไฟฟ้าแสงสว่าง โหลดความเหนี่ยวนำ ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า และโหลดความจะใช้ตัวคาปาซิเตอร์ โดยมีสวิทซ์เป็นตัวควบคุมหลอดแสงสว่าง สำหรับมอเตอร์และตัวเก็บประจุจะใช้แมกเนติกคอนแทคเตอร์เป็นตัวควบคุมในการเปิดปิด โดยมีการคำนวณขนาดของสายตัวนำ อุปกรณ์การป้องกันตามขนาดของอุปกรณ์ไฟฟ้า [5-8] และติดตั้งกล้องวงจรปิดส่องไปยัง Power Meter แล้วต่อไปยังโปรเจคเตอร์ให้แสดงผลไปยังกระดานหน้าชั้นเรียน เพื่อให้สะดวกต่อการเรียนการสอน

2.4 การทดสอบ

การทดสอบสื่อที่พัฒนาขึ้นโดยใช้เครื่องมือวัดวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้า ยี่ห้อ Fluke 434 ทำการวัดค่าทางไฟฟ้าต่างๆดังนี้ ค่าแรงดัน ค่ากระแส ค่ากำลังไฟฟ้าจริง ค่กำลังไฟฟ้าปรากฏ ค่ากำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ และค่ากระแสในสายนิวตรอล เพื่อบันทึกลงในตารางการทดลอง และเปรียบเทียบค่าที่วัดได้ว่าตรงตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ เพื่อที่จะได้ปรับปรุงแก้ไขต่อไป แสดงดังภาพที่ 4

ภาพที่ 4 : การทดสอบชุดสื่อการออกแบบระบบไฟฟ้า

3. ผลการวิจัย

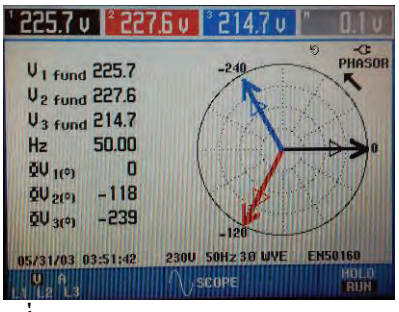
การทดสอบชุดสื่อที่พัฒนาขึ้น จะใช้เครื่องมือวัดวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้า ยี่ห้อ Fluke 434 สำหรับการทดสอบ แสดงในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 5 มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 : การวัดโหลดประเภทความต้านทาน

ชนิดของโหลด	I_A	I_B	I_C	P	Q	S	$p.f$	θ
RT	4.20	4.20	4.20	2.73	0	2.73	1	0

*RT=หลอดทังสเตนฮาโลเจนจำนวน 3 หลอด

จากตารางที่ 1 เป็นการบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟส ค่ากำลังไฟฟ้าจริง ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ และค่ากำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ จากการวัดค่าโหลดประเภทความต้านทาน ประกอบด้วยหลอดทังสเตนฮาโลเจน ขนาด 1,000 W จำนวน 3 หลอด เฟสละ 1 หลอด ทำการเปิดพร้อมกัน ผลการทดสอบพบว่า มีค่ากระแสในแต่ละเฟสเท่ากันคือ 4.2 A ค่ากำลังไฟฟ้าจริง (P) มีค่าเท่ากับ 2.73 kW มีค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนเท่ากับ 0 kVAR ดังนั้นค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ (S) จะมีค่าเท่ากับ 2.73 kVA มีค่าเพาเวอร์เฟคเตอร์เท่ากับ 1 มีมุมระหว่างกระแสกับแรงดันเท่ากับ 0 องศา แสดงในภาพที่ 5 ดังนั้นคุณสมบัติของวงจรที่มีโหลดประเภทความต้านทาน เพียงอย่างเดียว กระแสและแรงดันจะอินเฟสกัน โหลดประเภทนี้จะใช้เฉพาะกำลังไฟฟ้าจริงหรือ P เพียงอย่างเดียวในทางเฟสเซอร์กระแสไฟฟ้า และแรงดันจะร่วมเฟสกันทำให้องค์ประกอบกำลังเป็น 1



ภาพที่ 5 : เฟสเซอร์ของโหลดประเภทความต้านทาน

ตารางที่ 2 : การวัดค่าโหลดประเภทความเหนี่ยวนำ

Load	I_A	I_B	I_C	P	Q	S	$p.f$	θ
M	10.2	11.7	10.7	0.94	7.36	7.4	0.12	42.3

M = มอเตอร์

จากตารางที่ 2 เป็นการบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟส ค่ากำลังไฟฟ้าจริง ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ และค่ากำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ จากการวัดค่าโหลดประเภทความเหนี่ยวนำ ประกอบด้วยมอเตอร์ 3 เฟส ขนาด 3 แรงม้าจำนวน 3 ตัว ผลการทดสอบพบว่า มีค่ากระแสในเฟส A มีค่าเท่ากับ 10.2 A เฟส B เท่ากับ 11.7 A และเฟส C เท่ากับ 10.7 A ค่ากำลังไฟฟ้าจริง (P) มีค่าเท่ากับ 0.94 kW มีค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนเท่ากับ 7.36 kVAR ดังนั้นค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ (S) จะมีค่าเท่ากับ 7.4 kVA มีค่าเพาเวอร์เฟคเตอร์เท่ากับ 0.12 มีมุมระหว่างกระแสกับแรงดันเท่ากับ 42.3 องศา แสดงในภาพที่ 6 ซึ่งโหลดประเภทนี้จะใช้ทั้งกำลังไฟฟ้าจริง(P) และกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ ซึ่งจะทำให้กระแสไฟฟ้าล้าหลังแรงดัน

ภาพที่ 6 : เฟสเซอร์ของโหลดประเภทความเหนี่ยวนำ

ตารางที่ 3 : การวัดค่าโหลดประเภทตัวเก็บประจุ

Load	I_A	I_B	I_C	P	Q	S	$p.f$	θ
C	17.7	17.7	17.7	0	12.2	12.2	0	90

C = ตัวเก็บประจุ

จากตารางที่ 3 เป็นการบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟส ค่ากำลังไฟฟ้าจริง ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ และค่ากำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ จากการวัดค่าโหลดประเภทความจุ ประกอบด้วยตัวเก็บประจุจำนวน 2 ตัว ขนาด 5 kVAR และ 7.5 kVAR ผลการทดสอบพบว่า มีค่ากระแสในเฟส A เฟส B และเฟส C เท่ากับ

17.7 A ค่ากำลังไฟฟ้าจริง (P) มีค่าเท่ากับ 0 kW มีค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนเท่ากับ 12.2 kVAR ดังนั้นค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ (S) จะมีค่าเท่ากับ 12.2 kVA มีค่าเพาเวอร์เฟคเตอร์เท่ากับ 0 มีมุมระหว่างกระแสกับแรงดันเท่ากับ 90 องศา แสดงในภาพที่ 7

เนื่องจากเป็นโหลดชนิด 3 เฟส ทำให้โหลดเกิดสภาวะสมดุลจึงทำให้มีกระแสไหลเท่ากัน จะเห็นว่าโหลดประเภท C เพียงอย่างเดียว จะใช้ทั้งกำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้าต้านกลับซึ่งจะทำให้กระแสไฟฟ้านำหน้าแรงดัน

ภาพที่ 7 : เฟสเซอร์ของโหลดประเภทตัวเก็บประจุ

ตารางที่ 4 : การวัดค่าตัวประกอบกำลังทางไฟฟ้า

Load	I_A	I_B	I_C	P	Q	S	P.F	Cos θ
RT+M1+M2	8.2	8.9	8.1	3.47	4.47	5.7	0.61	52.4
RT+M1+M2+C (5kVAR)	5.5	5.6	4.5	3.47	0.21	3.5	0.98	11.5

*RT=หลอดทังสเตนฮาโลเจนจำนวน 3 หลอด

จากตารางที่ 4 เป็นการวัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า โดยมีโหลดประเภทความต้านทาน ที่เป็นหลอดทังสเตนฮาโลเจนจำนวน 3 หลอด และโหลดประเภทความเหนี่ยวนำ ที่เป็นมอเตอร์ (M1) ขนาด 3 แรงม้า จำนวน 2 ตัว จะเห็นได้ว่าก่อนปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ค่ากระแสของเฟส A มีกระแส 8.2 A เฟส B มีกระแส 8.9 A และเฟส C มีกระแส 8.1 A ค่ากำลังไฟฟ้าจริง (P) มีค่าเท่ากับ 3.47 kW มีค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนเท่ากับ 4.47 kVAR ดังนั้นค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ (S) จะมีค่าเท่ากับ 5.71 kVA มีค่าเพาเวอร์เฟคเตอร์เท่ากับ 0.61 มีมุมระหว่างกระแสกับแรงดันเท่ากับ 52.4 แสดงในภาพที่ 8

หลังจากการแก้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ด้วย C1ขนาด 5 kVAR จะเห็นได้ว่าค่ากระแสในแต่ละเฟสจะลดลง โดยเฟส A มีกระแส 5.5 A เฟส B มีกระแส 5.6 Aและเฟส C มีกระแส 4.5 A ค่ากำลังไฟฟ้าจริง (P) มีค่าเท่ากับ 3.47 kW มีค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนเท่ากับ 0.21 kVAR ดังนั้นค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ (S) จะมีค่าเท่ากับ 3.5 kVA มีค่าเพาเวอร์เฟคเตอร์เท่ากับ 0.98 มีมุมระหว่างกระแสกับแรงดันเท่ากับ 11.5 แสดงในภาพที่ 9

ภาพที่ 8 : เฟสเซอร์ของโหลดก่อนปรับแก้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

ภาพที่ 9 : เฟสเซอร์ของโหลดหลังปรับแก้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

สาเหตุเพราะคาปาซิเตอร์ เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ปรับค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ คาปาซิเตอร์จะเป็นตัวจ่ายกระแสไฟฟ้ารีแอคทีฟ ซึ่งกระแสไฟฟ้ามีทิศทางนำหน้าแรงดันเพื่อชดเชยกับกระแสไฟฟ้าในวงจรทั่วไป ซึ่งโดยปกติกระแสไฟฟ้าจะล้าหลัง จึงทำให้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์มีค่าใกล้เคียงหนึ่ง

ตารางที่ 5 : ค่ากระแสในสายนิวตรอลของโหลดประเภทความต้านทานและความเหนี่ยวนำ

ชนิดโหลด	I_A	I_B	I_C	I_N
หลอดทังสเตนฮาโลเจน (เฟส A)	4.3	0	0	3.9
หลอดทังสเตนฮาโลเจน (เฟส B)	0	4.3	0	3.2
หลอดทังสเตนฮาโลเจน (เฟส C)	0	0	4.2	5.5
หลอดทังสเตนฮาโลเจน (เฟส A, B, C)	4.3	4.3	4.2	1.4
หลอดทังสเตนฮาโลเจน (เฟส A, B, C) *เฟส A จำนวน 2 หลอด	8.5	4.3	4.2	3.9

จากตารางที่ 5 เป็นการบันทึกค่ากระแสในสาย นิวตรอลล ของโหลดประเภทความต้านทาน ชนิด 1 เฟส จากการวัดค่ากระแสในสายนิวตรอลของโหลดชนิด 1 เฟส ที่เป็นหลอดทังสเตนฮาโลเจนในเฟส A มีค่ากระแสเท่ากับ 4.3 A มีกระแสนิวตรอลเท่ากับ 3.9 A เฟส B มีค่ากระแสเท่ากับ 4.3 A มีกระแสนิวตรอลเท่ากับ 3.2 A และเฟส C มีค่ากระแสเท่ากับ 4.2 A มีกระแสนิวตรอลเท่ากับ 5.5 A เมื่อปรับเปลี่ยนค่าของโหลดแบบไม่สมดุล โดยเพิ่มโหลดที่เฟส A มีจำนวน 2 หลอด จะได้ค่ากระแสที่เฟส A เท่ากับ 8.5 A ซึ่งมากกว่าเฟส B และเฟส C ที่มีค่าเท่ากับ 4.3 A และ 4.2 A ตามลำดับ เป็นผลให้เกิดกระแสไหลในสายนิวตรอล 3.9 A

4. สรุป

การวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดสื่อการเรียนการสอนการออกแบบระบบแก้เพาเวอร์เฟคเตอร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดสื่อการเรียนการสอนเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า เรื่องโหลด R,L,C การแก้เพาเวอร์แฟคเตอร์ และกระแสในสายนิวตรอล และเพื่อออกแบบห้องแห่งการเรียนรู้สำหรับการเรียนการสอนวิชาออกแบบระบบไฟฟ้า มีวิธีดำเนินการวิจัยได้แก่ การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง การออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุม การออกแบบโครงสร้างของชุดสื่อ การทดสอบและปรับปรุงแก้ไข ซึ่งผลการทดสอบสรุปได้ว่า ชุดสื่อการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น มีผลการทดสอบถูกต้องมีความสอดคล้องกับทฤษฎี สามารถนำไปใช้เป็นชุดสื่อการเรียนการสอนในรายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. เอกสารอ้างอิง

[1] ลัดดา ศุขปรีดี. เทคโนโลยีสื่อการเรียนการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2523

[2] ลือชัย ทองนิล. การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า. พิมพ์ครั้งที่ 18. กรุงเทพมหานคร: สมาคม ส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2552

[3] การไฟฟ้านครหลวง. กฎการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร: การไฟฟ้านครหลวง, 2530

[4] ฝ่ายวิศวกรรม. แนวปฏิบัติในการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า. พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพมหานคร: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2537

[5] ชลชัย ธรรมวิวัฒนกูร. การออกแบบและติดตั้งไฟฟ้า. 546:212-213 การวิเคราะห์วงจร R-L-C . (ออนไลน์) สืบค้น www.kat.ac.th/Web_elec/...1001/Plan09.doc เข้าถึงเมื่อ 12 มิถุนายน 2556

[6] การเกิดสัญญาณฮาร์โมนิกส์. (ออนไลน์) สืบค้นจาก : www.ape-groups.com เข้าถึงเมื่อ 16 มิถุนายน 2556

[7] ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า. (ออนไลน์) สืบค้นจาก : http://www.ee.eng.cmu.ac.th/~kasin/ Courses/2 เข้าถึงเมื่อ 20 มิถุนายน 2556

[8] ระบบแสงสว่าง. (ออนไลน์) สืบค้นจาก www2.dede.go.th/bhrd/old/web.../ Lighting_Rev1.pdf เข้าถึงเมื่อ 25 มิถุนายน 2556