การพัฒนาชุดสื่อประสมสำหรับการสอนทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

สุรพันธ์ ตันศรีวงษ์[1*] และ สุริยาวุธ เสาวคนธ์[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้นำเสนอการพัฒนาชุดสื่อประสม สำหรับการสอนทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ วิธีดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา และการหาคุณภาพ โดยผลการพัฒนาได้สื่อประสมสำหรับการสอนทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ประกอบด้วย เอกสารประกอบการสอน โปรแกรมนำเสนอเพาเวอร์พอยต์ ชุดสาธิตเพื่อทดสอบทฤษฎี และโปรแกรมการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งผลการทดสอบชุดสาธิตเพื่อทดสอบทฤษฎี และโปรแกรมการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ พบว่า มีผลการวิเคราะห์วงจรถูกต้องตามทฤษฎี มีผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีประสบการณ์สอนวิชาวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ จำนวน 5 ท่าน พบว่า ชุดสื่อประสมมีคุณภาพโดยรวมทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X} = 4.67$) มีผลการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน พบว่า มีผลสัมฤทธิ์โดยเฉลี่ย 5 บทเรียนเท่ากับร้อยละ 72.71 และผลประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่ผ่านการเรียนการสอนด้วยสื่อประสมที่พัฒนาขึ้น พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อบทเรียนที่ใช้สื่อประสมที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับมาก ($\overline{X} = 4.16$) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า สื่อประสมที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพสามารถนำไปประกอบการสอนทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสสลับได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: ชุดสื่อประสม, วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[2] นักศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08-1656-7373 E-mail: stw@kmutnb.ac.th

The Development of Multimedia Package in the Teaching on AC Circuit Theory

Surapan Tansriwong[1*] and Suriyawut Saovakhon[2]

Abstract

The objective of this research is to develop multimedia package approach in the teaching on AC circuit theory. Research methodology consisted of 4 steps: analysis of content and learning objective, multimedia design, software and hardware development and quality evaluation. The development show that the multimedia package consists of the teaching's guide, power point presentation, artificial experiment with simulation program which can be demonstrated on AC circuit theory. The average opinion on the quality of the multimedia package of five experts who had an AC circuit teaching experience in undergraduate is in a very good level ($\overline{X} = 4.67$), the average of learning effectiveness of the sampling group is 72.71 percent, while the mean of satisfaction is in a high level ($\overline{X} = 4.16$). Conclusions, the developed multimedia package has a sufficient quality which can be used for learning and teaching on AC circuit theory.

Keywords: Multimedia Package, AC Circuit

[1] Assistant Professor, Department of Teacher Training in Electrical Engineering, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bongkok

[2] Student, Department of Teacher Training in Electrical Engineering, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bongkok

[*] Corresponding Author Tel. 08-1656-7373 E-mail: stw@kmutnb.ac.th

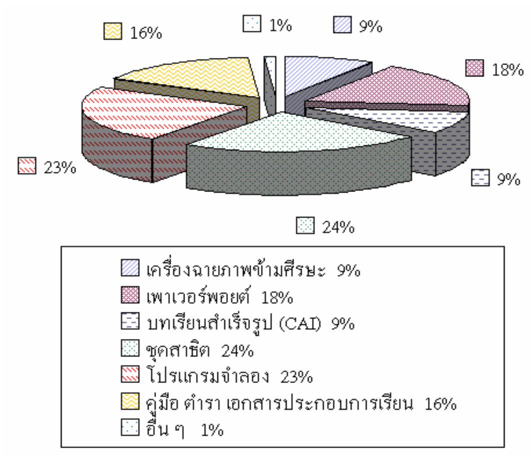
1. บทนำ

การพัฒนาการและความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง ของเทคโนโลยีสมัยใหม่ในยุคของเทคโนโลยีดิจิตอล ที่นำมาประยุกต์ใช้เพื่อการศึกษาส่งผลให้การเรียน การสอนจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนกระบวนการในการจัดสภาพแวดล้อมของการเรียนรู้ให้มีลักษณะหรือบรรยากาศที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม การเรียนการสอน สนับสนุนให้ผู้เรียนได้มีโอกาสเรียนรู้ได้ตามอัตราความก้าวหน้าของตนเอง ตามความถนัดและความสนใจ ซึ่งสอดคล้องกับกระบวนทัศน์ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนรู้จักคิด วิเคราะห์ สังเคราะห์องค์ความรู้ด้วยตนเองซึ่งแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเรียน การสอนไปจากเดิมมาเป็นการเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การเรียนการสอนยุคใหม่จะเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางแทนผู้สอนเป็นเหตุให้ผู้สอนมีบทบาทที่ท้าทายมากขึ้นด้วย โดยการเปลี่ยนจาก "ผู้รอบรู้หน้าชั้นเรียน" ที่มีความเชี่ยวชาญเป็นแหล่งสารสนเทศ และคำตอบทั้งมวลที่ผู้เรียนต้องฟังแต่เพียงอย่างเดียวมาเป็นผู้ส่งเสริม ผู้สนับสนุน ผู้มีส่วนร่วม ผู้ร่วมเรียน ผู้กำกับ (การสอน) ผู้ฝึก ผู้ออกแบบ ผู้อำนวยความสะดวก และเป็นสะพานการสื่อสารเพื่อเชื่อมโยงผู้เรียนกับโลกภายนอก [1] แนวทางหนึ่งของการปรับเปลี่ยนกระบวนการในการจัดสภาพแวดล้อมของการเรียนรู้ดังกล่าว ได้แก่ การบูรณาการเทคโนโลยีการศึกษาในการสอนและการเรียนรู้ ซึ่งหมายถึง กระบวนการกำหนดวิธีการสอนโดยการรวมสื่อการสอนมากกว่าหนึ่งชนิดเพื่อใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาเดียวกัน เพื่อนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาทางด้านการเรียนการสอนในห้องเรียนได้อย่างเหมาะสม

การจัดการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษา สาขาครุศาสตรอุตสาหกรรม สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมศึกษา หรือสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้บรรจุรายวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า หรือรายวิชาที่มีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องเข้ามาในหลักสูตรครุศาสตรอุตสาหกรรมบัณฑิต วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต อุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต และศึกษาศาสตร์บัณฑิต โดยที่ลักษณะของรายวิชามีเนื้อหามุ่งเน้นถึงทฤษฎี หลักการวิเคราะห์ การคำนวณ และการออกแบบวงจรไฟฟ้าทั้งกระแสตรง และกระแสสลับ ซึ่งเป็นเนื้อหาพื้นฐานที่สำคัญในการต่อยอดการศึกษาขั้นสูง รวมทั้งสามารถใช้การออกแบบ วิเคราะห์ปัญหา และประยุกต์ใช้ในงานทางด้านอุตสาหกรรม

จากการสอบถามกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอาจารย์ผู้สอน วิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าและรายวิชาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องถึงสภาพ ปัญหา และความต้องการด้านสื่อการเรียนการสอนจากมหาวิทยาลัยต่าง ๆ จำนวน 8 ท่าน โดยใช้แบบสอบถาม พบว่า สภาพการเรียนการสอนรายวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า จะใช้สื่อกระดานดำ และการนำเสนอด้วยเพาเวอร์พอยต์ หรือแผ่นใสเป็นส่วนมาก มีปัญหาในการจัดการเรียนการสอน คือ ขาดสื่อที่สามารถจำลองสถานการณ์สำหรับการวิเคราะห์และออกแบบวงจรที่ซับซ้อน ส่งผลให้ผู้เรียนไม่มีกิจกรรมร่วมกับผู้สอน ตลอดจนไม่สามารถพิสูจน์ทฤษฎีที่ได้จากการคำนวณ โดยที่สื่อเหล่านั้นจะต้องมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของในแต่ละบทเรียน ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาที่เรียนของแต่ละบทเรียนได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

นอกจากนั้นจากการสอบถามกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้เรียน ซึ่งผ่านการเรียนวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าจากมหาวิทยาลัยต่าง ๆ จำนวน 102 คน โดยใช้แบบสอบถาม พบว่า ปัญหาทางด้านการเรียนในรายวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของผู้เรียน คือ เนื้อหาที่เรียนมีความซับซ้อน เข้าใจยาก ส่วนมากจะเป็นการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ส่งผลให้ผู้เรียนไม่เข้าใจความสัมพันธ์ของสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในวงจรเมื่อโครงสร้างของวงจรเปลี่ยนแปลง ผู้เรียนขาดกิจกรรมร่วมกับอาจารย์ผู้สอนภายในชั้นเรียน และขาดการนำทฤษฎีที่ได้เรียนรู้ไปทดสอบจริง เมื่อสอบถามถึงความต้องการของผู้เรียนจากผลการสำรวจแสดงดังรูปที่ 1 พบว่าผู้เรียนส่วนมากมีความต้องการสื่อการเรียนการสอนในรายวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าที่สามารถพิสูจน์ทฤษฎีที่ได้จากการคำนวณ ได้แก่ ชุดสาธิต (24%) โปรแกรมจำลอง (23%) งานนำเสนอเพาเวอร์พอยต์ (18%) และคู่มือ ตำรา เอกสารประกอบการเรียน (16%) ตามลำดับ



รูปที่ 1 ความต้องการของผู้เรียนต่อสื่อการสอน วิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า

จากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการเรียนการสอนทางด้านทฤษฎีการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งเป็นเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญ โดยการพัฒนา ชุดสื่อประสม สำหรับนำไปใช้กับการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดประสิทธิภาพในการเรียนรู้สูงสุดต่อไป

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 เพื่อพัฒนาชุดสื่อประสมสำหรับการสอนเรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

1.1.2 เพื่อประเมินคุณภาพของชุดสื่อประสมสำหรับการสอนเรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

1.2 สมมติฐานการวิจัย

คุณภาพของชุดสื่อประสมสำหรับการสอนเรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ เมื่อผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมีความเหมาะสมโดยรวมทุกด้านอยู่ในระดับมาก

2. วิธีดำเนินการวิจัย

กระบวนการวิจัยมีการดำเนินการตามลำดับขั้นตอนดังนี้

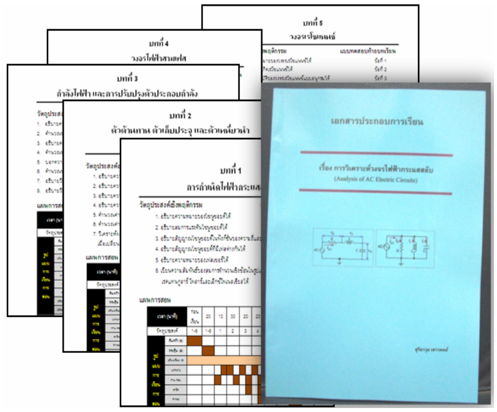
2.1 การวิเคราะห์สื่อประสม ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์สื่อการเรียนการสอนจากวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในเรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ผลการวิเคราะห์สรุปได้ว่ามีสื่อที่จำเป็นทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ เอกสารประกอบการสอน โปรแกรมนำเสนอเพาเวอร์พอยต์ ชุดทดสอบทฤษฎีการเรียนรู้ และโปรแกรมวิเคราะห์วงจร

2.2 ออกแบบชุดสื่อประสมสำหรับการเรียนการสอน เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ โดยเริ่มต้นจากการออกแบบ โดยการจัดเตรียมข้อมูลให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม หลังจากนั้นทำการออกแบบเอกสารประกอบการสอน งานนำเสนอเพาเวอร์พอยต์ ชุดทดสอบทฤษฎี ชุดโปรแกรมจำลอง และสุดท้ายจัดส่งให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสม และปรับปรุงแก้ไข

2.3 พัฒนาชุดสื่อประสมสำหรับการสอน เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ได้ออกแบบไว้ในหัวข้อที่ 2.2 ซึ่งผลของการพัฒนาอยู่ในแผนการสอน ซึ่งประกอบด้วย

2.3.1 วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของบทเรียนทั้ง 5 บทเรียน

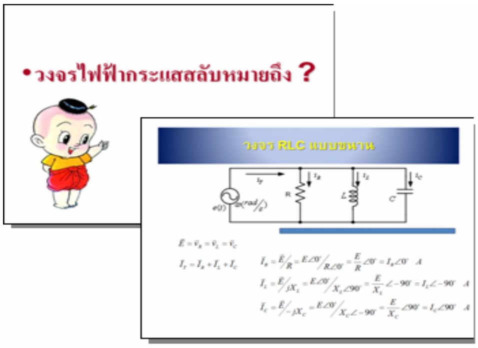
2.3.2 แผนกิจกรรมในบทเรียน และแบบทดสอบท้ายบทเรียน มีทั้งหมด 5 บทเรียน ได้แก่ บทเรียนที่ 1 เรื่องการกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ บทเรียนที่ 2 เรื่องตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ บทเรียนที่ 3 เรื่องกำลังไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้ากระแสสลับและการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง บทเรียนที่ 4 เรื่องวงจรเรโซแนนซ์ และบทเรียนที่ 5 เรื่องวงจรไฟฟ้าสามเฟส แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตัวอย่างเอกสารประกอบการสอน

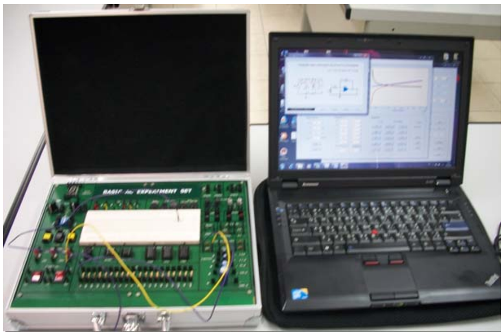
2.3.3 เอกสารการเรียน ใช้ประกอบการเรียน มีทั้งหมด 5 บทเรียน

2.3.4 งานนำเสนอเพาเวอร์พอยต์ เป็นการนำเสนอภาพ และเนื้อหา เพื่อใช้สำหรับผู้สอนในการประกอบคำบรรยายสรุป รวมงานนำเสนอเพาเวอร์พอยต์ ทั้งหมด 320 เฟรม แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 3



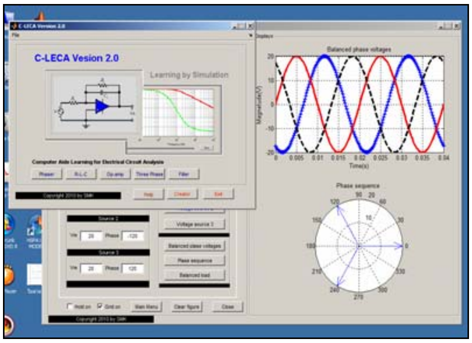
รูปที่ 3 ตัวอย่างงานนำเสนอเพาเวอร์พอยต์

2.3.5 ชุดสาธิตเพื่อทดสอบทฤษฎี เป็นการพัฒนาชุดทดลองตามกิจกรรมในเอกสารประกอบการสอน บรรจุอยู่ในกล่องขนาดกะทัดรัด ใช้แหล่งกำเนิดจากภายนอก และวัดค่าสัญญาณจะใช้ออสซิลโลสโคป สามารถทดสอบทฤษฎีได้ครอบคลุมทุกเนื้อหาแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ชุดทดสอบทฤษฎีการเรียนรู้

2.3.6 ชุดโปรแกรมวิเคราะห์วงจร เป็นการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า โดยทำการสร้างส่วนการติดต่อกับผู้ใช้งาน [Graphic User Interface (GUI)] ในส่วนของอินพุต และเอาต์พุต และในส่วนของการประมวลผลจะเขียนอัลกอริทึมโดยใช้เอ็มไฟล์ (M-File) ของโปรแกรม MATLAB® ซึ่งได้พัฒนามาจากโปรแกรม C-LECA เวอร์ชั่น 1.0 [2] เรียกโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาใหม่นี้ว่า C-LECA เวอร์ชั่น 2.0 แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ตัวอย่างโปรแกรมวิเคราะห์วงจร

การทดสอบความถูกต้องของการคำนวณ ทั้งชุดสาธิตเพื่อทดสอบทฤษฎี และชุดโปรแกรมวิเคราะห์วงจร ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบผลการทำงานโดยเปรียบเทียบกับผลการคำนวณทางทฤษฎีซึ่งจะแสดงในหัวข้อที่ 3 ต่อไป

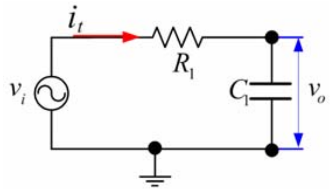
หลังจากนั้นได้ทำการปรับปรุงชุดสื่อประสม และสร้างแบบประเมินคุณภาพ [3] ประกอบด้วย 2 ด้านได้แก่ ด้านความเหมาะสมทั่วไปและด้านความเหมาะสมขององค์ประกอบ ต่าง ๆ เป็นแบบสอบถาม ที่มีลักษณะเป็นแบบประเมินค่าด้วยข้อความ (Itemized Rating Scale) ชนิด 5 ระดับ

2.4 ประเมินคุณภาพของชุดสื่อประสม โดยนำชุดสื่อประสมที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีประสบการณ์ด้านการสอนวิชานี้ จำนวน 5 ท่าน ประเมินคุณภาพเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

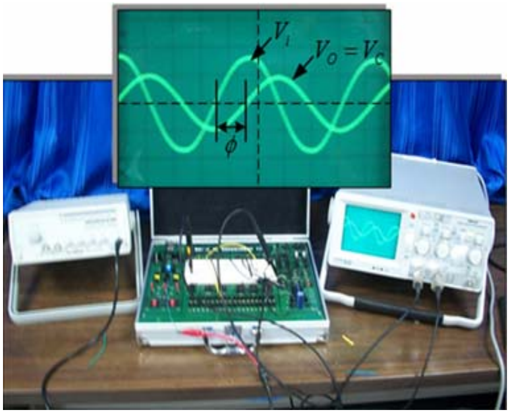
2.5 ประเมินผลสัมฤทธิ์และความพึงพอใจของผู้เรียน โดยนำชุดสื่อประสมที่ผ่านการปรับปรุงและแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญไปใช้สอนกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จำนวน 16 คน โดยใช้ระยะเวลา 3 สัปดาห์ หลังจากนั้นทำการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อสื่อประสมที่พัฒนาขึ้น

3. การทดสอบชุดสาธิตและชุดโปรแกรมวิเคราะห์วงจร

3.1 การทดสอบชุดสาธิต สำหรับช่วยให้ผู้เรียนได้พิสูจน์ทฤษฎีที่ได้การเรียนรู้ แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 6 และรูปที่ 7



รูปที่ 6 วงจรตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุต่ออนุกรมในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ



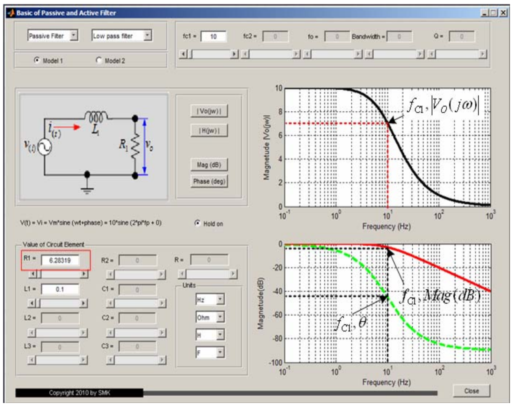
รูปที่ 7 การทดสอบวงจรตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุต่ออนุกรมในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

จากรูปที่ 6 และ 7 ผู้วิจัยทำการทดสอบทฤษฎีการวิเคราะห์วงจรตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุต่ออนุกรมในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ที่มีค่าความต้านทานขนาด 0.5 วัตต์ 1 กิโลโอห์ม ใช้ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิกขนาด 100 โวลต์ ค่า 0.005 ไมโครฟารัด โดยใช้เครื่องมือได้แก่เจนเนอเรเตอร์และออสซิลโลสโคป กำหนดให้เจนเนอเรเตอร์มีค่าแรงดันเท่ากับ 2 โวลต์ มีความถี่เท่ากับ 1 เมกะเฮิร์ตจ่ายให้กับวงจร โดยปรับออสซิลโลสโคปของสัญญาณอินพุต (V_i) ให้มีค่า Volt/Div = 2 V, Time/Div = 0.2 μs และสัญญาณเอาต์พุต ($V_O = V_C$) ให้มีค่า Volt/Div = 0.1 V Time/Div = 0.2 μs ผลการทดสอบพบว่าสัญญาณอินพุตนำหน้าสัญญาณเอาต์พุตอยู่ 90 องศา ($\phi = 90^\circ$)

3.2 การทดสอบชุดโปรแกรมC-LECA เวอร์ชั่น 2.0

ในบทความนี้จะขอยกตัวอย่างการวิเคราะห์วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบพาสซีฟ ที่ความถี่ตัด (f_{C1}) เท่ากับ 10 เฮิร์ต มีค่าตัวเหนี่ยวนำ (L) เท่ากับ 100 มิลลิเฮนรี แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับมีค่า $v(t) = 10\sin(\omega t + \theta)$

ผลการวิเคราะห์วงจรจากรูปที่ 8 พบว่าตัวต้านทาน (R_1) มีค่าเท่ากับ 6.28 โอห์ม โดยที่ผลการตอบสนองของขนาดแรงดันเอาต์พุต ($|V_O(j\omega)|$) มีค่าเท่ากับ 7.07 โวลต์ ที่ความถี่ตัด เมื่อพิจารณา Bode plot พบว่าผลตอบสนองของขนาดที่ความถี่ตัดมีขนาดเท่ากับ -3.0 dB โดยที่ผลตอบสนองทางมุม (θ) มีค่าตั้งแต่ 0° ถึง -90° เมื่อพิจารณาที่ความถี่ตัดมีค่ามุมเท่ากับ -45°



รูปที่ 8 การวิเคราะห์วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบพาสซีฟ

4. ผลของการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาชุดสื่อประสมสำหรับการสอนเรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ประกอบด้วยเอกสารประกอบการสอนทั้งหมด 105 หน้า งานนำเสนอเพาเวอร์พอตย์ ทั้งหมด 320 เฟรม ชุดสาธิตเพื่อทดสอบทฤษฎีตามกิจกรรมในใบเนื้อหา บรรจุอยู่ในกล่องขนาดกะทัดรัด และชุดโปรแกรมวิเคราะห์วงจร เรียกว่าโปรแกรม C-LECA เวอร์ชั่น 2.0

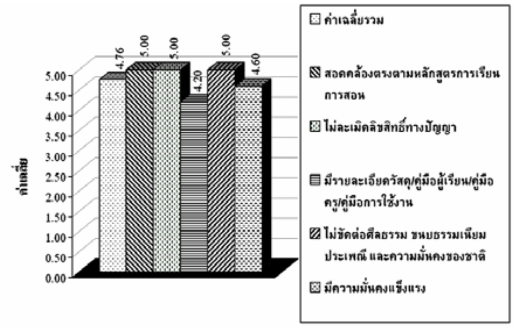
4.2 ผลการประเมินคุณภาพของชุดสื่อประสมสำหรับการสอนเรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ โดยทำการประเมินคุณภาพ โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ จำนวน 5 ท่าน โดยใช้แบบประเมินค่าด้วยข้อความ (Itemized Rating Scale) ชนิด 5 ระดับ ประกอบด้วย 2 ด้าน ได้แก่ ด้านคุณภาพทั่วไป และด้านคุณภาพขององค์ประกอบต่าง ๆ ของชุดสื่อประสม แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 9 ถึงรูปที่ 13 ผลการประเมิน พบว่า ชุดสื่อประสมที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.67$) ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดในแต่ละด้านดังต่อไปนี้

จากรูปที่ 9 พบว่า คุณภาพทั่วไปของชุดสื่อประสมมีความสอดคล้องตรงตามหลักสูตรการเรียนการสอน ไม่ละเมิดลิขสิทธิ์ทางปัญญา และไม่ขัดต่อศีลธรรม ขนบธรรมเนียมประเพณีและความมั่นคงของชาติ มีความเหมาะสมเฉลี่ยมากที่สุด ($\bar{X} = 5.00$) รองลงมาคือมีความมั่นคงแข็งแรง ($\bar{X} = 4.60$) และคุณภาพน้อยที่สุดคือมีรายละเอียดวัสดุ/คู่มือผู้เรียน/คู่มือครู/คู่มือ การใช้งานน้อยที่สุด ($\bar{X} = 4.20$) โดยภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.76$)

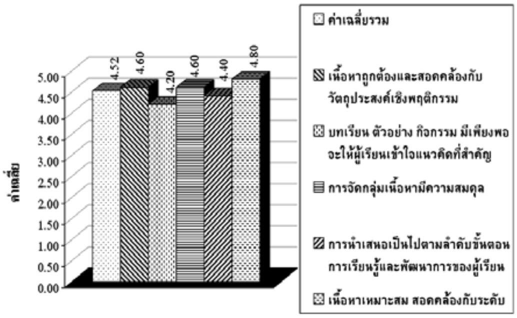
จากรูปที่ 10 พบว่า คุณภาพของเอกสารประกอบ การสอนมีเนื้อหาเหมาะสมกับระดับการเรียนมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ($\bar{X} = 4.80$) รองลงมาคือการจัดกลุ่มเนื้อหามีความสมดุล ($\bar{X} = 4.60$) และคุณภาพน้อยที่สุดคือบทเรียน ตัวอย่าง กิจกรรมมีความเพียงพอที่จะให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดที่สำคัญ ($\bar{X} = 4.20$) โดยภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.52$)

จากรูปที่ 11 พบว่า คุณภาพของงานนำเสนอเพาเวอร์พอยต์มีความเหมาะสมกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์การสอนมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ($\bar{X} = 4.80$) รองลงมาคือภาพมองเห็นได้ชัดเจน ($\bar{X} = 4.60$) และคุณภาพน้อยที่สุดคือการใช้สีสัน ($\bar{X} = 4.00$) โดยภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.40$)

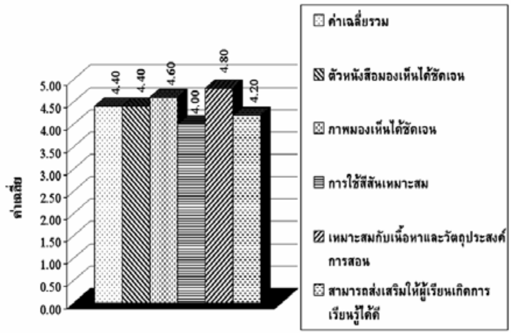
จากรูปที่ 12 พบว่า คุณภาพของชุดสาธิตเพื่อทดสอบทฤษฎีสอดคล้องกับเนื้อหาในบทเรียนและมีลักษณะเป็นสื่อสามมิติมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ($\bar{X} = 4.80$) รองลงมาคือสามารถตรวจปรับความเข้าใจกับทฤษฎีและมีขนาดรูปร่างสามารถทดสอบทฤษฎีได้อย่าง คล่องตัว ($\bar{X} = 4.60$) และคุณภาพน้อยที่สุดคือมีสีสันและกระบวนการที่น่าสนใจ ($\bar{X} = 4.40$) โดยภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.64$)



รูปที่ 9 ผลการประเมินคุณภาพทั่วไปของชุดสื่อประสม

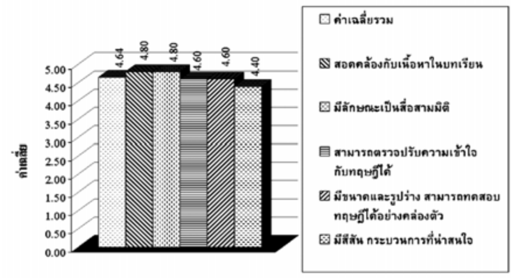


รูปที่ 10 ผลการประเมินคุณภาพของเอกสารประกอบการสอน

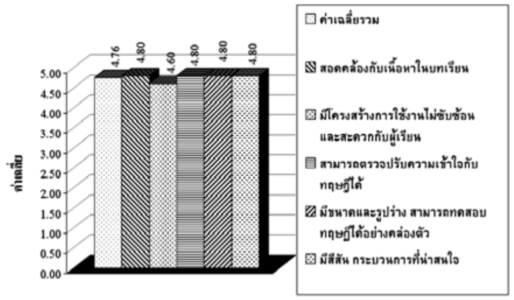


รูปที่ 11 ผลการประเมินคุณภาพของงานนำเสนอเพาเวอร์พอยต์

จากรูปที่ 13 พบว่า คุณภาพของชุดโปรแกรม การวิเคราะห์วงจรสอดคล้องกับเนื้อหาในบทเรียน สามารถตรวจปรับความเข้าใจกับทฤษฎีได้ มีขนาดและรูปร่างสามารถทดสอบทฤษฎีได้อย่างคล่องตัว และมีสีสันกระบวนการที่น่าสนใจมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ($\bar{X} = 4.80$) รองลงมาคือมีโครงสร้างการใช้งานไม่ซับซ้อนและสะดวกกับผู้เรียน ($\bar{X} = 4.60$) โดยภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.76$)



รูปที่ 12 ผลการประเมินคุณภาพชุดสาธิตเพื่อทดสอบทฤษฎี



รูปที่ 13 ผลการประเมินคุณภาพชุดโปรแกรมการวิเคราะห์วงจร

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน ผู้วิจัยได้นำชุดสื่อประสมสำหรับการสอนที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับผู้เรียนจำนวน 12 คน ที่ลงทะเบียนวิชาหลักมูลวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ภาคเรียนที่ 2/2553 หลังจากนั้นให้ผู้เรียนตอบแบบประเมินความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยชุดสื่อประสมที่พัฒนาขึ้น โดยใช้แบบประเมินที่มีลักษณะเป็นแบบประเมินค่าด้วยข้อความ (Itemized Rating Scale) ชนิด 5 ระดับ แยกข้อคำถามออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ใบเนื้อหา ชุดนำเสนอเพาเวอร์พอยต์ โปรแกรมช่วยวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ และชุดสาธิต ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่ผ่านการเรียนด้วยชุดสื่อประสมที่พัฒนาขึ้น แสดงดังตารางที่ 1 และสามารถอธิบายรายละเอียดในแต่ละด้านดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน

ลำดับ	ความคิดเห็น	$\bar{X}$	$S.D.$	แปลความ
1.	ใบเนื้อหา	4.20	0.50	ระดับมาก
2.	ชุดนำเสนอเพาเวอร์พอยต์	4.25	0.54	ระดับมาก
3.	โปรแกรมช่วยวิเคราะห์วงจร	4.12	0.49	ระดับมาก
4.	ชุดสาธิต	4.08	0.50	ระดับมาก
เฉลี่ยรวมทุกด้าน		4.16		ระดับมาก

จากตารางที่ 1 พบว่า ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อใบเนื้อหาและชุดนำเสนอเพาเวอร์พอยต์อยู่ระดับมาก ($\bar{X} = 4.25$) รองลงมาคือโปรแกรมช่วยวิเคราะห์วงจร ($\bar{X} = 4.12$) และผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อชุดสาธิตน้อยที่สุด ($\bar{X} = 4.08$) ซึ่งโดยภาพรวมผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.16$)

4.4 ผลการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ผ่านการเรียนด้วยชุดสื่อประสมที่พัฒนาขึ้นจำนวน 5 หัวข้อเรื่อง มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 72.71

5. สรุปและอภิปรายผลของการวิจัย

จากผลของการวิจัยสามารถสรุปและอภิปรายผลดังต่อไปนี้

คุณภาพของชุดสื่อประสมสำหรับการสอนเรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ เมื่อผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัยในครั้งนี้ และผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนโดยเฉลี่ยมีค่าสูงกว่าร้อยละ 70 โดยมีความพึงพอใจของผู้เรียนที่ผ่านการเรียนด้วยชุดสื่อประสมที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับมาก

สรุปได้ว่าชุดสื่อประสมสำหรับการสอนทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่พัฒนาขึ้น สามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนเรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับได้อย่างมีคุณภาพ เพราะชุดสื่อประสมที่พัฒนาขึ้นนั้นสอดคล้องกับสภาพปัญหาการเรียนการสอนจริงในปัจจุบัน ที่เน้นการใช้สื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยการทดสอบทฤษฎีที่ได้จากการคำนวณ สามารถวิเคราะห์วงจรโดยการปรับเปลี่ยนค่าของอุปกรณ์ในวงจรได้ตามต้องการ ส่งผลให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ และเข้าใจเนื้อหาทางด้านทฤษฎีได้มากขึ้น

ข้อเสนอจากการวิจัยในครั้งนี้ คือควรนำชุดสื่อประสมที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับผู้เรียนตามสภาพจริงในชั้นเรียนอื่น ๆ เพื่อศึกษาการนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางต่อไป เนื่องจากวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าเป็นวิชาพื้นฐานของอาชีพทางด้านไฟฟ้าที่สำคัญ จึงควรมีการทดสอบความคงทนในการเรียนรู้ควบคู่กันไปด้วย เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการนำทฤษฎีไปประยุกต์ใช้ต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ดุสิต ขาวเหลือง. "การบูรณาการใช้สื่อประสมและใช้สื่อหลายมิติเพื่อการสอนและการเรียนรู้". วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับที่ 1. 18 (มิ.ย. 49-ต.ค. 49): 29-44.

[2] สมมารถ ขำเกลี้ยง, สุริยาวุธ เสาวคนธ์ และมานิตย์ สิทธิชัย. "โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการสอนเรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้ MATLAB®". การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 8 (เมษายน 2552): 327-332.

[3] ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาสน์, 2538.

[4] Charles K. Alexander and Matthew N.O. Sadiku. Fundamentals of Electric Circuit. Second Edition. McGraw-Hill, 2004.