Technical Education Journal King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Vol. 5, No. 2, July - December 2014

การพัฒนาและออกแบบการเรียนการสอนปฏิบัติการวิศวกรรมโทรคมนาคม เรื่องวงจรไมโครเวฟแบบพาสซีพโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ PESDEEP

สมศักดิ์ ธนพุทธิวิโรจน์[1*] และ สมศักดิ์ อรรคทิมากูล[2]

บทคัดย่อ

บทความวิจัยที่นำเสนอนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้และชุดการสอนปฏิบัติสำหรับรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมโทรคมนาคม กรณีศึกษาเรื่องวงจรไมโครเวฟแบบพาสซีพ โดยเริ่มจากการศึกษากรอบแนวคิด รูปแบบการเรียนรู้แบบต่าง ๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้นพัฒนาและออกแบบรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เรียกว่า PESDEEP Model ซึ่งประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นเตรียมความพร้อมในการเรียนรู้ 2) ขั้นศึกษาค้นคว้า 3) ขั้นวิเคราะห์และแก้ปัญหา 4) ขั้นอภิปรายผล 5) ขั้นอธิบายและสรุปเนื้อหา 6) ขั้นทดลอง และ 7) ขั้นสำเร็จผล และผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างชุดการสอนปฏิบัติการที่ประกอบด้วย ใบงานจำนวน 4 เรื่อง ชุดทดลองจำนวน 6 ชุด โปรแกรมนำเสนอเพาเวอร์พอยต์ และแบบทดสอบ จากนั้นนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ทำการประเมินคุณภาพของเครื่องมือวิจัย พบว่าด้านรูปแบบการเรียนรู้ และชุดการสอนปฏิบัติที่พัฒนาและสร้างขึ้นมีความเหมาะสมในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 และ S.D. เท่ากับ 0.35) สุดท้ายนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จำนวน 25 คน ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของชุดการสอนปฏิบัติมีค่าเท่ากับ 81.27/84.05 และผลของความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อรูปแบบการเรียนรู้ และชุดการสอนปฏิบัติที่สร้างขึ้นอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.98 และ S.D. เท่ากับ 0.34) ตรงตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ดังนั้นรูปแบบการเรียนรู้และชุดการสอนปฏิบัติที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในการสอนปฏิบัติการด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: รูปแบบการเรียนรู้ PESDEEP วิชาปฏิบัติการวิศวกรรมโทรคมนาคม วงจรไมโครเวฟแบบพาสซีพ

[1] นักศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาไฟฟ้าศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[2] รองศาสตราจารย์ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร. 08-9620-1638 อีเมล: somsak.ta@rmuti.ac.th

_14-1303(001-222).indd 112 12/15/57 BE 11:40 AM

Development and Design of the Instruction Package in Telecommunication Engineering Laboratory on Microwave Passive Circuits using PESDEEP Learning Model

Somsak Thanaputtiwirot[1*] and Somsak Akatimagool[2]

Abstract

The objectives of this research have to develop and find the efficiency of a learning model and an instruction package on microwave passive circuits for a telecommunication engineering laboratory education. The research procedures are presented as following: to study the concept map and the trend of learning model. Next, to develop and design the student centered learning model called the PESDEEP learning model that consists of 7 steps as follow: 1) Preparation 2) Exploration 3) Solution 4) Discussion 5) Explanation 6) Experimental and 7) Progress. Next, we developed and created the laboratory instruction package that consists of an experiment sheets which four topics of laboratory, six passive microwave experiment circuits, power point presentation, post test and achievement test. After that, to evaluate the quality of learning model and instruction package laboratory were developed by 5 experts. The result showed that the PESDEEP learning model and the instructional package laboratory are more appropriate $\left(\overline{X}=3.80, S.D.=0.35\right)$. Finally, the developed research tools have used to try out with the 25 sample students at Rajamangala University of Technology Isan, Khonkaen Campus. The research result showed that the efficiency of instruction package was 81.27/84.05 and the quality of learner's satisfaction was more satisfy level $\left(\overline{X}=3.98,\ S.D.=0.34\right)$ which agreed with the research hypothesis. The proposed learning model and the instructional package can be used effectively in the teaching of telecommunication engineering laboratory.

Keywords: PESDEEP learning Model, Telecommunication engineering laboratory, Microwave circuit.

[1] Ph.D. Student, Department of Electrical Education, Faculty of Technical Education, King Mongkut University of Technology North Bangkok

[2] Associate Professor, Department of Electrical Education, Faculty of Technical Education, King Mongkut University of Technology North Bangkok

[*] Corresponding Author Tel. 08-9620-1638 E-mail: somsak.ta@rmuti.ac.th

1. บทนำ

การจัดการเรียนการสอนตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 มาตรา 22 และ มาตรา 24 [1] ได้กำหนดแนวทางในการศึกษาไว้ว่า ในการจัดการศึกษานั้นต้องยึดหลักว่า ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถที่จะเรียนรู้ และพัฒนาตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ และถือว่าผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ [2] จะต้องทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกทักษะปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น ผสมผสานสาระความรู้ในด้านต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม มีความสมดุลกัน จึงเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนา และให้ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านความรู้ความเข้าใจ ทักษะหรือความเชี่ยวชาญในวิชา และเจตคติ ซึ่งกระบวนการจัดการเรียนการสอนจะต้องเลือกวิธีการสอน มีกลวิธีทางเทคนิคในการสอน และสื่อการสอนที่เหมาะสมในการถ่ายทอดเนื้อหานั้น ๆ ให้แก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้เป็นอย่างมีคุณภาพ

จากการศึกษางานวิจัยรูปแบบการเรียนรู้ [3, 4] ซึ่งพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ที่เรียกว่า SEDEA ประกอบ ด้วย 5 ขั้นตอนการเรียนรู้ และ MIDEAP ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนการเรียนรู้ ที่ใช้สำหรับการเรียนการสอนทฤษฎีที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยรูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าวนี้จะมุ่งเน้นสำหรับการสอนทางด้านทฤษฎีเป็นสำคัญ จะมีส่วนน้อยที่กล่าวถึงการจัดการเรียนการสอนทางด้านปฏิบัติการ ดังนั้นจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ผู้วิจัยให้ความสนใจในการพัฒนารูปแบบและชุดการสอนด้านปฏิบัติการขึ้น

ปัจจุบันการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการด้านโทรคมนาคมมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความพร้อมในด้านรูปแบบการเรียนรู้ แผนการสอน และสื่อการสอน เพื่อให้การเรียนการสอนด้านปฏิบัติการนั้นมีประสิทธิผล ซึ่งจะส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีความรู้ความเข้าใจทั้งทางด้านทฤษฎี และมีทักษะด้านปฏิบัติการ ทำให้มีความรู้ความสามารถที่จะไปแข่งขันกับผู้อื่นได้ นอกจากนี้ยังนำองค์ความรู้เหล่านี้ไปใช้พัฒนาเทคโนโลยีในขั้นสูงต่อไป ดังนั้นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนจะต้องคำนึงถึงวิธีการที่จะทำให้ผู้เรียนสามารถวางแผนการเรียนรู้ ศึกษาและค้นคว้าหาความรู้ พร้อมทั้งสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ผู้สอนจะเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือด้านแหล่งข้อมูล และเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการเรียนการสอน ซึ่งจะช่วยส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

จากการศึกษาสภาพประเด็นปัญหา และความต้องการในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมโทรคมนาคม โดยใช้แบบสอบถามคณาจารย์จำนวน 5 ท่าน และผู้เรียนจำนวน 30 คน พบว่า รูปแบบการเรียนการสอนใช้จะเป็นแบบบรรยายร่วมกับการทดลอง ขาดสื่อสำหรับใช้ในการทดลอง ผู้เรียนไม่มีกิจกรรมร่วมกับผู้สอน และไม่มีการนำทฤษฎีที่ได้เรียนรู้ไปทดสอบจริง ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกับงานวิจัย [3] ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาและออกแบบรูปแบบการเรียนรู้ และสร้างชุดการสอนปฏิบัติการสำหรับประยุกต์ใช้ในรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมโทรคมนาคม ที่สนับสนุนให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากขึ้นและส่งเสริมให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 เพื่อพัฒนาและออกแบบรูปแบบการเรียนรู้ในการสอนปฏิบัติการวิศวกรรมโทรคมนาคม

1.1.2 เพื่อพัฒนาและออกแบบชุดการสอนปฏิบัติ เรื่องวงจรไมโครเวฟแบบพาสซีฟ

1.1.3 เพื่อหาคุณภาพของรูปแบบการเรียนรู้และชุดการสอนปฏิบัติเรื่องวงจรไมโครเวฟแบบพาสซีฟ

1.1.4 เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของชุดการสอนปฏิบัติที่ใช้ร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

1.1.5 เพื่อทดสอบหาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อรูปแบบการเรียนรู้ และชุดการสอนปฏิบัติเรื่องวงจรไมโครเวฟแบบพาสซีฟ

1.2 สมมติฐานของการวิจัย

1.2.1 คุณภาพของรูปแบบการเรียนรู้ และชุดการสอนปฏิบัติเรื่องวงจรไมโครเวฟแบบพาสซีฟที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในระดับมาก

1.2.2 ชุดการสอนปฏิบัติที่สร้างขึ้น นำมาใช้เรียนร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด 80/80

1.2.3 ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อรูปแบบการเรียนรู้ และชุดการสอนปฏิบัติเรื่องวงจรไมโครเวฟแบบพาสซีฟ อยู่ในระดับมาก

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 รูปแบบการเรียนการสอนปฏิบัติ

การเรียนการสอนปฏิบัติ (Laboratory learning) เป็นการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนกระทำกิจกรรมภายใต้การแนะนำช่วยเหลืออย่างใกล้ชิดจากผู้สอน ซึ่งการฝึกปฏิบัติเพื่อพิสูจน์ทฤษฎีโดยผ่านการสังเกต การทดลอง เป็นการเรียนการสอนที่ช่วยพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในด้านทักษะพิสัย (Psychomotor domain) ที่ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีทักษะ รู้จริง เข้าใจง่าย สัมผัสได้ และปฏิบัติงานเป็น

การเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการ [5] เป็นสิ่งสำคัญในการสอนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนบูรณาการความรู้ทั้งทางด้านทฤษฎีและด้านปฏิบัติการ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการทดลองจริง โดยรูปแบบการปฏิบัติการ [6] แบ่งออกได้ 3 รูปแบบได้แก่ 1) การทดลองในห้องปฏิบัติการ (Local labs) โดยใช้อุปกรณ์และเครื่องมือวัดต่าง ๆ 2) การปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง (Virtual laboratory) จะใช้ซอร์ฟแวร์จำลองและเลียนแบบควบคู่กับการปฏิบัติการจริง ซึ่งพบว่าเครื่องมือและอุปกรณ์มีราคาค่อนข้างแพงและต้องการเวลาในการทำเรียนรู้มาก และ 3) การปฏิบัติการออนไลน์ (Online laboratory) เป็นการนำเทคโนโลยีทางการสื่อสารข้อมูลผ่านเครือข่าย มาใช้ร่วมกับเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลองจริง โดยใช้การเรียนรู้ผ่านอินเตอร์เน็ต ซึ่งการปฏิบัติการแบบนี้ต้องใช้ทั้งซอร์ฟแวร์ (Software) เครื่องเซิร์พเวอร์ (Servers) และตัวไคลเอ็นต์ (Clients) ทำให้ต้องใช้ทรัพยากรพื้นฐานค่อนข้างมาก ต้องมีระบบการควบคุมและจัดการที่ดี และการลงทุนค่อนข้างสูง ดังนั้นการศึกษาทางด้านปฏิบัติการวิศวกรรมที่เป็นรายวิชาพื้นฐานจะใช้การทดลองในห้องปฏิบัติการเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากผู้เรียนจะได้รับความรู้ทั้งทางด้านทฤษฎีและปฏิบัติ ซึ่งเป็นวิธีที่ดีที่สุดและจำเป็นในการที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติงานด้วยตนเองภายใต้การควบคุมดูแล และให้คำแนะนำของผู้สอนอย่างใกล้ชิด

2.2 รูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

รูปแบบการเรียนการสอนนี้ [6, 7] เป็นกระบวนการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับความแตกต่างตามความสามารถทางสติปัญญา และเป็นวิธีการเรียนรู้ด้วยการบูรณาการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติจริง ทั้งในด้านกระบวนการคิด วิเคราะห์ ศึกษา ค้นคว้า ทดลอง แสวงหาความรู้ และสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยมีผู้สอนทำหน้าที่ให้ความสะดวก ช่วยเหลือ และแนะนำข้อมูลต่าง ๆ ที่ทำให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้ โดยผ่านกระบวนการคิดและลงมือปฏิบัติด้วยตนเองจนเกิดความเข้าใจที่สามารถตอบสนองจุดมุ่งหมายของการจัดการศึกษาที่ให้ผู้เรียนเป็นคนเก่ง คนดี และมีความสุข ตัวอย่างของรูปแบบการเรียนรู้แบบนี้ ได้แก่ การเรียนรู้แบบยืดหยุ่น การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้โดยใช้การอภิปรายกลุ่มย่อย การเรียนรู้แบบแก้ปัญหาเป็นฐาน เป็นต้น

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมมารถ [3] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการวิเคราะห์คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยใช้วิธีการวนรอบของคลื่น เพื่อประยุกต์ใช้กับการศึกษาวงจรคลื่นระนาบไมโครเวฟโดยนำเสนอการพัฒนารูปแบบการวิเคราะห์คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนในการออกแบบวงจรสายส่งไมโครสตริป และวงจรกรองความถี่ไมโครสตริป ซึ่งผลการดำเนินงานวิจัยได้โปรแกรมการออกแบบวงจรคลื่นระนาบไมโครเวฟ MPD2008 ที่ใช้ประกอบการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ SEDEA กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองได้แก่ผู้เรียนที่ลงทะเบียนวิชาวิศวกรรมไมโครเวฟ จำนวน 45 คน โดยเลือกแบบเจาะจง ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) โปรแกรม MPD2008 ที่พัฒนาขึ้นให้ผลการคำนวณมีค่าถูกต้องเมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรม SONNET Lite และเครื่องมือวัดสัญญาณ 2) ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อรูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรมการออกแบบวงจรคลื่นระนาบไมโครเวฟประกอบการเรียนการสอนมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก 3) ประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์การหาคุณภาพของเมกุยแกนส์ (Meguigans) 4) ผลสัมฤทธิ์ของการเรียน

การสอนตามรูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรมการออกแบบวงจรคลื่นระนาบไมโครเวฟที่พัฒนาขึ้นมีค่าร้อยละ 72.17 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70 และ 5) ความพึงพอใจของผู้เรียนที่ผ่านการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรมการออกแบบวงจรคลื่นระนาบไมโครเวฟอยู่ในระดับมาก

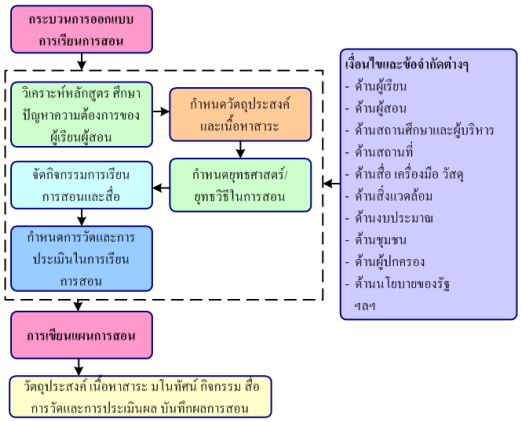
ศรัณย์ [4] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการคำนวณวงจรไมโครเวฟในท่อนำคลื่นสี่เหลี่ยม สำหรับประยุกต์ใช้ในการศึกษาด้านวิศวกรรมไมโครเวฟ โดยมีวัตถุประสงค์คือเพื่อพัฒนารูปแบบการคำนวณวงจรไมโครเวฟในท่อนำคลื่นสี่เหลี่ยม สร้างโปรแกรมจำลองเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในวิเคราะห์และออกแบบวงจรช่องแคบ และพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญเรียกว่าแบบ MIDEAP ผลการวิจัยพบว่า 1) การพัฒนารูปแบบการคำนวณวงจรช่องแคบในท่อนำคลื่นด้วยวิธีการวนรอบของคลื่นมีผลการคำนวณที่ถูกต้อง โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ 2) ผลการสร้างและทดสอบวงจรกรองความถี่ไมโครเวฟในท่อนำคลื่นด้วยโปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับเครื่องมือวิเคราะห์โครงข่าย 3) ผลสัมฤทธิ์ของการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 71.75/70.26 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 70/70

สรุปได้ว่างานวิจัยดังกล่าวเป็นการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนสมัยใหม่ที่มุ่งเน้นในการจัดการเรียนการสอนทางทฤษฎีในสาขาด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการสอนทางปฏิบัติเพื่อรองรับกับการสร้างนักเทคโนโลยีและวิศวกรที่มีความสามารถคิดเป็น ทำเป็น และถ่ายทอดเป็น

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การพัฒนาและออกแบบรูปแบบการเรียนรู้

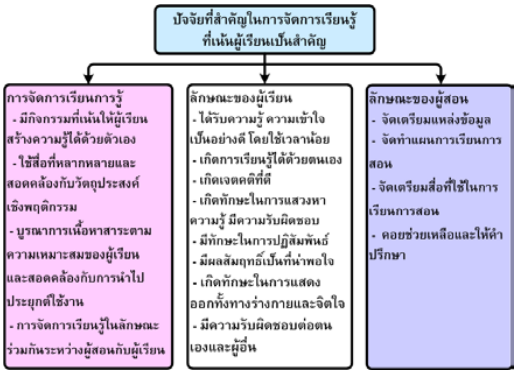
การออกแบบการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ได้มีนักการศึกษา [8, 9] นำเสนอแนวคิดในการออกแบบการเรียนรู้ แสดงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แนวคิดในการออกแบบการเรียนรู้

การออกแบบการเรียนรู้จะต้องพิจารณาเกี่ยวกับการวิเคราะห์หลักสูตร ศึกษาประเด็นปัญหา ความต้องการของผู้เรียน และผู้สอน กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและเนื้อหาสาระ จากนั้นจึงกำหนดยุทธศาสตร์/ยุทธวิธีการสอน ศึกษารูปแบบการเรียนรู้ วิธีการเรียนการสอนและเทคนิคที่ใช้ในการเรียนการสอน กำหนดการจัดกิจกรรมการเรียน และวิธีการวัดและการประเมินการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ สุดท้ายจึงนำมาเขียนแผนการจัดการเรียนการสอนที่ประกอบด้วยวัตถุประสงค์ เนื้อหาสาระ มโนทัศน์ กิจกรรม สื่อ การวัดและการประเมินผลและการบันทึกผลหลังการสอน นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงข้อจำกัดในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านผู้เรียน ผู้สอน ผู้ปกครอง สถานศึกษา ผู้บริหาร สื่อ เครื่องมือ วัสดุ สิ่งแวดล้อม งบประมาณ ชุมชน และนโยบายของรัฐ เป็นต้น

จากหลักการออกแบบการเรียนรู้นี้ ผู้วิจัยนำมาใช้เป็นแนวคิดในการวิเคราะห์ปัจจัยที่สำคัญสำหรับการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งจะประกอบด้วยแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ วิเคราะห์ลักษณะของผู้เรียน และผู้สอน ที่จะนำมาใช้ในการพิจารณาในการออกแบบรูปแบบการเรียนรู้ แสดงได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ปัจจัยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

จากหลักการและปัจจัยที่สำคัญในการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาและออกแบบรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญสำหรับการสอนปฏิบัติการในรายวิชาเชิงประยุกต์ขั้นสูง ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการดำเนินกิจกรรมด้วยตนเองเป็นส่วนใหญ่ ภายใต้การดูแลและควบคุมคุณภาพของผู้สอนอย่างใกล้ชิด ซึ่งได้รูปแบบที่เรียกว่า PESDEEP Model ประกอบด้วยขั้นตอนการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 รูปแบบการเรียนรู้ PESDEEP Model

จากรูปที่ 3 อธิบายรายละเอียดแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้ PESDEEP Model ได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เตรียมความพร้อมในการเรียนรู้ (Preparation) ในขั้นนี้ ผู้สอนจะวางแผนการจัดการเรียนรู้ลำดับขั้นตอนและแผนกิจกรรม ตลอดจนจัดเตรียมวัสดุ เครื่องมือ อุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อการเรียนรู้ ในส่วนของผู้เรียนจะศึกษาเนื้อหาตามหัวข้อการเรียนรู้ที่ผู้สอนกำหนดให้ และศึกษาวิธีการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ประกอบในการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาค้นคว้า (Exploration) ผู้สอนจะวางแผน การเรียนรู้ ตรวจสอบ และกำหนดแนวทางการเรียนการรู้ ตลอดจนทบทวนองค์ความรู้เพิ่มเติม ส่วนผู้เรียนจะศึกษาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิง หรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สอดคล้องกับหัวข้อการเรียนรู้และมากเพียงพอที่นำมาใช้ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์และแก้ปัญหา (Solution) ในขั้นนี้ผู้สอนจะต้องให้ความช่วยเหลือ แนะนำ ให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียนในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะโปรแกรมจำลองที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์วงจรไมโครเวฟ จากนั้นผู้เรียนค้นหาแนวทางในการแก้ไขปัญหา โดยนำเอาองค์ความรู้ทางทฤษฎีที่ศึกษาค้นคว้ามาอ้างอิง หรือใช้เครื่องมือต่าง ๆ เช่น โปรแกรมจำลอง มาพิสูจน์และตรวจสอบผลลัพธ์ เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 4 อภิปราย (Discussion) ในขั้นนี้ ผู้เรียนจะนำเสนอข้อมูล แสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ในประเด็นโจทย์ปัญหาที่กำหนด โดยกำหนดผู้เรียนออกเป็นกลุ่มย่อย ซึ่งมีผู้สอนทำหน้าที่ดูแล ให้ความช่วยเหลือต่าง ๆ ในการอภิปรายให้เป็นไปด้วยความเรียบร้อย

ขั้นตอนที่ 5 อธิบายและสรุปเนื้อหา (Explanation) ผู้สอนจะทำหน้าที่อธิบายรายละเอียดเพิ่มเติมของหลักการ ทฤษฎี หรือเนื้อหาโดยย่อ ให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น ตลอดจนวิเคราะห์ แปรผล และสรุปผลให้แก่ผู้เรียน และตั้งประเด็นปัญหาที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและนำไปพิสูจน์ในขั้นตอนต่อไป ผู้สอนและผู้เรียนตรวจปรับเนื้อหาซึ่งกันและกัน ซึ่งผู้เรียนจะสรุปเป็นองค์ความรู้ที่ได้รับนั้นด้วยตนเอง

ขั้นตอนที่ 6 การทดลอง (Experimental) ในขั้นนี้ ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการเพื่อพิสูจน์กฎ หลักการ ทฤษฎี หรือข้อเท็จจริงต่าง ๆ ตามหัวข้อที่กำหนด โดยทำการทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดให้ เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง โดยที่ผู้สอนเป็นผู้ดูแลให้คำแนะนำช่วยเหลือให้การทดลองเป็นไปตามขั้นตอนที่กำหนดและสรุปผลการทดลอง ดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 ขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนที่ 7 สำเร็จผล (Progress) ในขั้นนี้จะเป็นกระบวน การพิจารณาตัดสินผลที่เป็นระบบ โดยที่ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันประเมินผลของความสำเร็จในด้านต่าง ๆ เช่น ประเมินด้านองค์ความรู้ต่าง ๆ การใช้เครื่องมือ ความละเอียดรอบคอบ การจดบันทึกผล การรายงานผล และความร่วมมือระหว่างกลุ่มในการทดลอง เป็นต้น โดยใช้แบบทดสอบ และแบบสังเกตพฤติกรรม

การจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนรู้ PESDEEP Model เป็นรูปแบบที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ การเรียนรู้ได้ด้วยตนเองในทุก ๆ ขั้นตอน โดยผู้สอนให้ความช่วยเหลือแนะนำ และให้คำปรึกษาในด้านต่าง ๆ ซึ่งสามารถแสดงกิจกรรมของผู้เรียน ผู้สอน และเครื่องมือ หรือสื่อที่ใช้ประกอบในกระบวนการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนทั้งนอกและในห้องเรียนตามหลักการที่มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการสร้างองค์ความรู้ และเพิ่มทักษะปฏิบัติด้วยตนเองเป็นสำคัญ

3.2 การพัฒนาและออกแบบชุดการสอนปฏิบัติ

การพัฒนาและออกแบบชุดการสอนปฏิบัติ มีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

3.2.1 วิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา

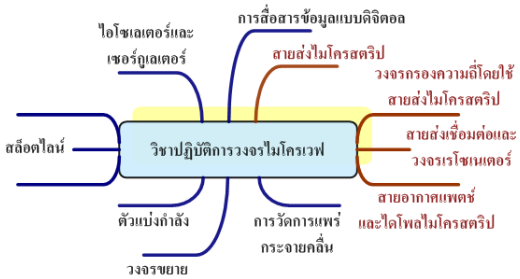
การพัฒนาสื่อที่ใช้ประกอบการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้ PESDEEP Model เริ่มต้นจากการวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชาวิศวกรรมไมโครเวฟ [10] หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 การวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา

จากรูปที่ 5 แสดงการวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชาวิศวกรรมไมโครเวฟ จะได้ทั้งหมด 9 หัวเรื่อง ได้แก่ 1) คลื่นไมโครเวฟ 2) ระบบสื่อสารไมโครเวฟ 3) การแพร่กระจายคลื่น 4) สายนำสัญญาณและท่อนำคลื่น 5) อุปกรณ์ไมโครเวฟพาสซีฟ 6) สายอากาศ 7) อุปกรณ์ไมโครเวฟแอกทีฟ 8) ระบบดิจิตอลไมโครเวฟ และ 9) การใช้งานวงจรไมโครเวฟ

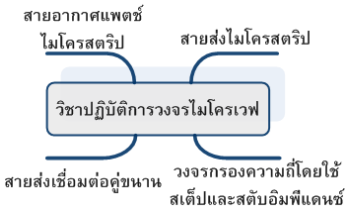
3.2.2 กำหนดหัวข้อเรื่อง

หัวข้อเรื่องในรายวิชาปฏิบัติการวงจรไมโครเวฟประกอบด้วย 12 หัวเรื่อง โดยมีรายละเอียดดังนี้ 1) สายส่งไมโครสตริป 2) วงจรกรองความถี่โดยใช้สายส่งไมโครสตริปแบบสเต็ปและสตับ 3) สายอากาศแพตช์ และไดโพลไมโครสตริป 4) สายส่งเชื่อมต่อและเรโซเนเตอร์ 5) การวัดการแพร่กระจายคลื่น 6) วงจรขยาย 7) ตัวแบ่งกำลัง 8) ตัวลดทอนและเทอร์มิเนเตอร์ 9) สล็อตไลน์ 10) ท่อนำคลื่น 11) การสื่อสารดิจิตอล และ 12) ไอโซเลเตอร์และเซอร์กูเลเตอร์ แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การวิเคราะห์หัวข้อวิชา

จากนั้นเลือกและกำหนดหัวข้องานวิจัยที่จะนำมาจัดทำเป็นหน่วยการเรียนได้ 4 หน่วยการเรียน ได้แก่ 1) สายส่งไมโครสตริป 2) วงจรกรองความถี่โดยใช้สเต็ปและสตับอิมพีแดนซ์ 3) สายส่งเชื่อมต่อคู่ขนาน และ 4) สายอากาศแพตช์ไมโครสตริป แสดงเป็นแผนภูมิปะการังได้ดังรูปที่ 7

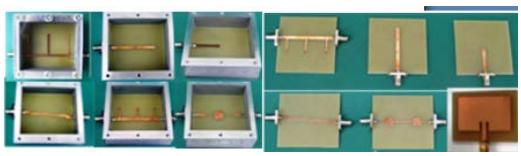


รูปที่ 7 การกำหนดหัวข้องานวิจัย

3.2.3 การสร้างเครื่องมือวิจัย

3.2.3.1 ชุดทดลอง

การสร้างชุดทดลอง เริ่มต้นจากการ ศึกษาขั้นตอนการทดลองที่สัมพันธ์กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในแต่ละเนื้อหาของการทดลอง จากนั้นกำหนดรูปแบบของชุดทดลอง ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างชุดทดลองดังนี้ 1) ศึกษาวงจรที่เกี่ยวข้องจากเอกสาร ตำราและบทความงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2) ออกแบบวงจรไมโครเวฟแบบพาสซีฟ 3) ทดสอบวงจรที่ได้ออกแบบด้วยโปรแกรมจำลอง 4) สร้าง ปรับปรุงและแก้ไขวงจรที่ออกแบบให้ถูกต้อง และ 5) ตรวจสอบและสรุปผล ซึ่งผลการออกแบบและสร้างชุดทดลองวงจรไมโครเวฟแบบพาสซีฟนี้ จะได้วงจร 6 วงจร ได้แก่วงจรสายส่งไมโครสตริปแบบเปิดและลัดวงจร [11] วงจรกรองความถี่ต่ำโดยใช้สายส่งไมโครสตริปแบบสเต็ปอิมพีแดนซ์ วงจรกรองความถี่สูงโดยใช้สายส่งไมโครสตริปแบบสตับอิมพีแดนซ์ [12] วงจรสายส่งเชื่อมต่อคู่ขนาน [13] และสายอากาศแพตช์ไมโครสตริป [14] แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ชุดทดลองวงจรไมโครเวฟแบบพาสซีฟ

3.2.3.2 ใบประลอง

การสร้างใบประลอง สำหรับชุดทดลองวงจรไมโครเวฟแบบพาสซีฟ เริ่มต้นจากการศึกษาหลักการหรือวิธีการสร้างใบประลอง จากเอกสารต่าง ๆ จากนั้นจึงสร้าง ตรวจสอบ ปรับปรุง แก้ไข และสรุปผลการดำเนินการ โดยที่ใบประลองที่สร้างขึ้นมี 4 หน่วยเรียน จำนวนทั้งหมด 93 หน้า

3.2.3.3 สื่องานนำเสนอ

ศึกษาวิธีการสร้างสื่องานนำเสนอจากเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง จากนั้นออกแบบและสร้างงานนำเสนอตามเนื้อหาและวัตถุประสงค์ที่ได้จัดเตรียมไว้ คือสายส่งไมโครสตริปจำนวน 22 เฟรม วงจรกรองความถี่จำนวน 43 เฟรม สายส่งเชื่อมต่อคู่ขนานจำนวน 26 เฟรม และสายอากาศแพตช์ไมโครสตริปจำนวน 37 เฟรม นำไปใช้ในขั้นตอนที่ 5 ของรูปแบบการเรียนรู้

3.2.3.4 แบบทดสอบ

การสร้างแบบทดสอบเริ่มต้นจากการวิเคราะห์และกำหนดวัตถุประสงค์ จากนั้นสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร ออกข้อสอบ ตรวจสอบความสอดคล้องโดยผู้เชี่ยวชาญ และทดลองใช้เพื่อหาค่าความยากง่าย อำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ซึ่งจะประกอบด้วยแบบทดสอบทางด้านทฤษฎีเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และด้านปฏิบัติเป็นแบบทดสอบแบบปฏิบัติการทดลอง และแบบสังเกตการปฏิบัติการ

นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่ผ่านการเรียนในรายวิชานี้ จำนวน 20 คน จากนั้นจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาคุณภาพพบว่า ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ มีค่าระหว่าง 0.24 ถึง 0.80 อำนาจจำแนกมีค่าระหว่าง 0.25 ถึง 0.83 และค่าความเชื่อมั่นมีค่าเท่ากับ 0.84

3.2.3.5 การทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานที่ลง ทะเบียนเรียนรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไมโครเวฟ จำนวน 25 คน โดยแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ๆ ละ 4 คน และในกลุ่มที่ 4 จะมี 5 คน จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์และสรุปผล

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการประเมินคุณภาพเครื่องมือวิจัย

การประเมินคุณภาพของรูปแบบการเรียนรู้ และชุดการสอนปฏิบัติการวิศวกรรมไมโครเวฟที่สร้างขึ้นนี้ จะให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประเมินความเหมาะสมใน 5 ด้าน ผลการประเมินแสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

หัวข้อความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น		
	$\overline{X}$	S.D.	แปรผล
1. ด้านรูปแบบการเรียนรู้	3.77	0.27	มาก
2. ด้านชุดทดลองวงจรไมโครเวฟ	3.89	0.16	มาก
3. ด้านใบประลองวงจรไมโครเวฟ	3.86	0.22	มาก
4. ด้านสื่องานนำเสนอ	3.71	0.23	มาก
5. ด้านแบบทดสอบ	3.77	0.18	มาก
ค่าเฉลี่ย	3.80	0.35	มาก

จากตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินคุณภาพในด้านรูปแบบการเรียนรู้ PESDEEP Model ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่ารูปแบบการเรียนรู้ และชุดการสอนปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 S.D. เท่ากับ 0.35) เนื่องจากรูปแบบการเรียนรู้มีความสัมพันธ์กัน มีการจัดเตรียมใบประลอง โปรแกรมจำลอง ชุดทดลอง และกิจกรรมที่ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ด้วยตนเองได้อย่างเหมาะสม และการวัดผลมีความสอดคล้องกับรูปแบบการเรียนรู้

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดการสอน

เมื่อนำชุดการสอนปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้ PESDEEP Model โดยเมื่อเรียนจบในแต่ละหน่วยการเรียนแล้วให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน (E_1) และเมื่อเรียนครบทุกหน่วยการเรียนแล้ว ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (E_2) จากนั้นนำข้อมูลมาหาค่าประสิทธิภาพแสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพของชุดการสอน

แบบทดสอบ	คะแนนรวม	$\overline{X}$	S.D.	ร้อยละ
หลังการเรียน (E_1)	60	48.76	1.52	81.27
วัดผลสัมฤทธิ์ (E_2)	80	67.24	2.52	84.05

จากตารางที่ 2 แสดงคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบหลังการเรียน และวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้จากการทดสอบทั้งด้านทฤษฎี และปฏิบัติการ มีค่าเท่ากับ 48.76 และ 67.24 ดังนั้นชุดการสอนปฏิบัติที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.27/84.05 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด 80/80

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน

เมื่อนำรูปแบบการเรียนรู้ และชุดการสอนปฏิบัติที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 25 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ผลการประเมินความพึงพอใจ แสดงได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจของผู้เรียน

หัวข้อความพึงพอใจ	ระดับความพึงพอใจ		
	$\overline{X}$	S.D.	แปรผล
1. ด้านรูปแบบการเรียนรู้	3.99	0.15	มาก
2. ด้านชุดทดลองวงจรไมโครเวฟ	3.99	0.15	มาก
3. ด้านใบประลองวงจรไมโครเวฟ	4.02	0.10	มาก
4. ด้านสื่องานนำเสนอ	3.96	0.14	มาก
5. ด้านแบบทดสอบ	3.92	0.12	มาก
ค่าเฉลี่ย	3.98	0.34	มาก

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อรูปแบบการเรียนรู้และชุดการสอนปฏิบัติที่พัฒนาขึ้น พบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.98 S.D. เท่ากับ 0.34) สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากผู้เรียนมีความสนใจต่อรูปแบบการสอนแบบใหม่ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีส่วนร่วมในการเรียน มีเครื่องมือ และอุปกรณ์ในการปฏิบัติการทดลองที่มีคุณภาพ ซึ่งสามารถสร้างองค์ความรู้ขึ้นมาด้วยการค้นหาจากการทำกิจกรรมภายในกลุ่มของแต่ละคน

5. สรุปและอภิปรายผล

5.1 สรุปผล

งานวิจัยนี้ ได้นำเสนอการพัฒนาและออกแบบรูปแบบการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมโทรคมนาคม เรื่องวงจรไมโครเวฟแบบพาสซีพโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ PESDEEP Model ด้วยการพัฒนาและออกแบบรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และสร้างชุดการสอนปฏิบัติ จากนั้นนำไปให้ผู้เชี่ยว ชาญประเมินและทดลองใช้กับผู้เรียน ซึ่งผลจากการประเมินพบว่า รูปแบบการเรียนรู้ และชุดการสอนปฏิบัติที่พัฒนาและสร้างขึ้น มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X} = 3.80$) ประสิทธิภาพของชุดการสอนปฏิบัติเท่ากับ

81.27/84.05 และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนพบว่าอยู่ในระดับมาก $(\overline{X}=3.98)$ ดังนั้นสรุปได้ว่ารูปแบบการเรียนรู้ และชุดการสอนปฏิบัติที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ประกอบ การเรียนการสอนในวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไมโครเวฟได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 อภิปรายผล

กระบวนการในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ และชุดการสอนปฏิบัติการในงานวิจัยนี้ ได้วิเคราะห์และออกแบบอย่างเป็นระบบโดยเริ่มต้นจากการศึกษาจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ และผู้เชี่ยวชาญที่ให้คำแนะนำ ตลอด จนมีการปรับปรุง แก้ไขตามคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ ทำให้รูปแบบการเรียนรู้ และชุดการสอนปฏิบัติที่พัฒนา ขึ้นมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี มีความเหมาะสมที่สามารถนำไปใช้ในการสอนปฏิบัติการทางด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมได้เป็นอย่างดี ส่งผลให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นและความตั้งใจในการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตลอดจนมีพฤติกรรมในการกล้าแสดงออก กล้าคิด กล้าถาม และส่งเสริมให้ผู้เรียนมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีภายในกลุ่มผู้เรียนและกับผู้สอนตลอดระยะเวลาที่ได้ดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนร่วมกัน

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. 21 วิธีจัดการเรียนรู้ : เพื่อพัฒนากระบวนการคิด. กรุงเทพมหานคร : ห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์, 2550.

[2] ธีรวุฒิ บุญยโสภณ. การบริหารอาชีวะและเทคนิคศึกษาเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2536.

[3] สมมารถ ขำเกลี้ยง. "การพัฒนารูปแบบการวิเคราะห์คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยใช้วิธีการวนรอบของคลื่น เพื่อประยุกต์ใช้กับการศึกษาวงจรคลื่นระนาบไมโครเวฟ". วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2552.

[4] ศรัญย์ ชูคดี. "การพัฒนารูปแบบการคำนวณวงจรไมโครเวฟในท่อนำคลื่นสี่เหลี่ยม สำหรับประยุกต์ใช้ในการศึกษาด้านวิศวกรรมไมโครเวฟ." วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2554.

[5] ศิวดล นวลนภดล มานิตย์ สิทธิชัย และ สมศักดิ์ อรรคทิมากูล. "การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนเรื่องท่อนำคลื่น อุปกรณ์พาสซีฟ และสายอากาศไมโครเวฟ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต" การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 2. NCTechEd 04, 2552, หน้าที่ 195-202.

[6] Taboy, J.P. “A Community Sharing Hands-on Centers in Engineering’s Training.” International Journal on Line Engineering Vol. 2(1), 2006, pp.30-35.

[7] Tuttas Jörg and Wegner Bernardo. “Distributed Online Laboratories.” International Conference on Engineering Education. August 6-10, 2001 Oslo, Norway. pp. 8D1-7-8D1-11.

[8] ทิศนา แขมมณี.ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

[9] พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. ทักษะ 5C เพื่อพัฒนาหน่วยการเรียนรู้และการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

[10] หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน กระทรวงศึกษาธิการ, 2553 (หลักสูตรปรับปรุง).

[11] Young H. Pual. "Microstrip Design Laboratory" IEEE Transaction on Education, Vol. 34, No. 1, February 1991, pp. 113-117

[12] Misra K. Devendra. "Radio-Frequency and Microwave Communication Circuits: Analysis and Design.", John Wiley and Son, Inc., New York. 2001.

[13] Jia-Sheng Hong and Lancaster M. J. "Microstrip Filters for RF/Microwave Applica- tions." , John Wiley and Son, Inc., New York. 2001.

[14] Kumar Girish and Ray K. P. "Broadband Microstrip Antenna.", Artech House, Boston. 2003.