

การพัฒนาการสอนเสริมส่วนปฏิบัติการในรายวิชาวิเคราะห์โครงข่ายไฟฟ้าเพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ในการเรียน และสามารถใช้งานได้จริง

Development of special laboratory course on electrical network analysis for active-based learning and practical prototype

ประสูตร เดชสุวรรณ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันนวัตกรรมมหานคร
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
E-mail: prasoot@mutacth.com

Manuscript received March 11, 2019

Revised May 19, 2019

บทคัดย่อ

บทความจะนำเสนอการปรับการสอนในส่วนเสริมปฏิบัติการในวิชาวิเคราะห์โครงข่ายไฟฟ้าเพื่อให้ผู้เรียนสามารถออกแบบวงจรไฟฟ้าและสามารถพัฒนางจรที่ออกแบบให้นำไปสร้างเป็นเครื่องต้นแบบใช้งานจริง โดยจะแบ่งเป็นสามขั้นตอนคือ 1.ศึกษาปัญหาที่สามารถจะนำเครื่องมือหรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาได้ 2.ออกแบบวงจรและทำการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า เช่น LTspice OrCAD 3. ออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์(PCB; Printed circuit board) เพื่อนำไปสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับพัฒนาใช้งานจริง โดยจุดประสงค์ที่พัฒนาดังกล่าวเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้ที่ได้เรียนมา ออกแบบและสร้างวงจรไฟฟ้าที่สามารถใช้งานได้จริง เพื่อจบออกไปเป็นวิศวกรที่สามารถสร้างนวัตกรรม ตั้งแต่การออกแบบจนสู่กระบวนการผลิตในคนๆเดียว โดยใช้การเรียนรู้แบบมุ่งผลลัพธ์ (Outcome-based Education) เข้ามาเป็นรูปแบบการเรียนการสอน และใช้การวัดผลแบบ KAPIS

คำสำคัญ: Outcome-based Education, KAPIS, การพัฒนาการสอน วิชาวิเคราะห์โครงข่ายไฟฟ้า LTspice, EasyEDA, prototype

ABSTRACT

This paper presents the development of special laboratory in the course of electrical network analysis which students can design the circuits and develop them for practical prototype. The procedure consists of three steps as 1) To study and understand the problem and find the solution using equipment or electronic circuit. 2) To design and simulate by software for electrical analysis such as LTspice and OrCAD. 3) To design the printed circuit board for practical prototype. The objective of this development is that can help the students to design, create and make the practical prototype by using the outcome-based learning and KAPIS evaluation.

Keywords: Outcome-based Education, KAPIS, LTspice, EasyEDA, prototype

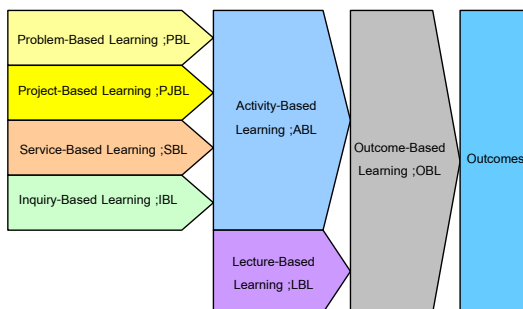
1. บทนำ

การเรียนวิชาวิเคราะห์โครงข่ายไฟฟ้าแต่เดิมนั้น(ช่วงปี พ.ศ. 2530 - 2558) เน้นไปที่ทฤษฎีการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า และความเข้าใจวงจรพื้นฐานการเรียนการสอนยังคงเป็นในรูปแบบการเรียนที่มีผู้สอนเป็นศูนย์กลาง (Input based Education) โดยผู้สอนเป็นผู้

กำหนดเนื้อหาการสอนรูปแบบการวัดผลโดยการสอบข้อเขียน จนกระทั่งปี พ.ศ.2559-ปัจจุบัน ได้มีการปรับปรุงการเรียนการสอน ในส่วนของการบรรยายเป็นแบบ การเรียนรู้แบบมุ่งผลลัพธ์ (Outcome-based Education) [1] – [5] เข้ามาเป็นรูปแบบการเรียนการสอนในปัจจุบัน โดยสามารถอธิบายดังนี้ Outcome-based Education คือ การตั้งเป้าหมายหรือผลลัพธ์(Outcomes) ของ การศึกษาโดยให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ซึ่งผู้สอนจะเป็นผู้จัด กระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย ตามความเหมาะสมกับเนื้อหาวิชา และการบรรยายก็จะกลายเป็นกิจกรรมหนึ่งในหลากหลายกิจกรรม โดยกิจกรรมหลัก ๆ ที่ใช้ในการทำให้ผู้เรียนไปสู่ผลลัพธ์ที่ ตั้งเป้าหมายไว้แบ่งออกได้ดังนี้

- การเรียนรู้โดยใช้การบรรยายเป็นฐานการเรียนรู้ (Lecture-based Learning)
- การเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานการเรียนรู้ (Activity-based Learning)
- การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานการเรียนรู้ (Problem-based Learning)
- การเรียนรู้โดยใช้การทำโครงการเป็นฐานในการเรียนรู้ (Project-based Learning)
- การเรียนรู้โดยใช้การบริการสังคมเป็นฐานในการเรียนรู้ (Service-based Learning)
- การเรียนรู้โดยใช้การสืบค้นเป็นฐานในการเรียนรู้ (Inquiry-based Learning)

เป็นต้นโดยที่กล่าวมาทั้งหมดล้วนเป็นเครื่องมือช่วยให้เกิด การศึกษาที่มุ่งผลลัพธ์เป็นสำคัญ (Outcome-based Education) โดยแสดงความสัมพันธ์ดังรูปที่1 และใช้การวัดผลลัพธ์แบบ KAPIS [4] แสดงความหมายดังตารางที่1 ได้ถูกคิดขึ้นใช้ในปีการศึกษา2561 เพื่อใช้วัดผลใน 5 ด้านคือ



รูปที่1 ความสัมพันธ์ของ Outcome-based Education และ วิธีการเรียนรู้แบบต่าง ๆ

ตารางที่1 ความหมายเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละด้านแบบ KAPIS

KAPIS	
K	Knowledge/knowhow
A	Analytical thinking/Problem solving skills
P	Practical Skill
I	Innovation/Creative thinking
S	Soft skill

- 1) ทักษะด้านความรู้ (Knowledge/knowhow) (ตรงกับ TQF2: ด้านความรู้)
- 2) ทักษะการวิเคราะห์และแก้ปัญหา (Analytical thinking/Problem solving skills) (ตรงกับ TQF3: ด้านทักษะทางปัญญา)
- 3) ทักษะการปฏิบัติ (Practical Skill) (ตรงกับ TQF3: ด้านทักษะทางปัญญา)
- 4) ทักษะด้านการคิดนวัตกรรม/ความคิดสร้างสรรค์ (Innovation/Creative thinking)
- 5) ทักษะด้านอารมณ์และสังคม (Soft skill) (ตรงกับ TQF4: ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ และ TQF5: ด้านการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ)

เมื่อกำหนดรูปแบบการสอนได้แล้วนั้น สิ่งสำคัญก็จะต้องมีการวัดผลลัพธ์การเรียนรู้ในแต่ละด้านให้ชัดเจน และปรับสัดส่วนการวัดผลแต่ละด้านเพื่อความเหมาะสมในแต่ละรายวิชา ในบางรายวิชา หากเนื้อหาไม่สามารถวัดผลให้ครบทั้ง 5 ด้าน สามารถเลือกวัดผลเฉพาะบางด้านได้ เพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่เหมาะสมกับผู้เรียน ซึ่งการวัดผลแบบ KAPIS จะเข้ามาเสริมในส่วนนี้

2. การปรับใช้การเรียนรู้แบบ Outcome-based Education และการใช้วิธีการประเมินผลแบบ KAPIS กับวิชาวิเคราะห์โครงข่ายไฟฟ้า

การเรียนการสอนของวิชาวิเคราะห์โครงข่ายไฟฟ้าจะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนแรกการเรียนในห้องบรรยายจะมุ่งเน้นเนื้อหาทฤษฎีและการวิเคราะห์วงจร ส่วนที่สองการเรียนในห้องปฏิบัติการจะเป็นการสอนเสริมโดยเพิ่มส่วนปฏิบัติการ โดยเน้นไปที่การใช้โปรแกรมเพื่อช่วยการวิเคราะห์วงจรตามทฤษฎีที่เรียนมา โดยเครื่องมือที่ใช้คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าโดยเฉพาะ ซึ่งในปัจจุบันใช้โปรแกรม LTspice ในส่วนของการเรียนบรรยายเนื้อหาทฤษฎีและการวิเคราะห์วงจรได้มีการพัฒนารูปแบบการสอนเป็นแบบ Outcome-based Education ไปเบื้องต้นแล้วตั้งแต่ปี พ.ศ.2560 โดยแผนการสอนบรรยายปีการศึกษา 2561 (คิดเป็นคะแนนรวม 80% ของคะแนนรวมทั้งหมด)

แสดงดังตารางที่ 2 โดยใช้กิจกรรม 4 กิจกรรมการเรียนรู้ได้แก่

- 1) การเรียนรู้โดยใช้การบรรยายเป็นฐานการเรียนรู้ เป็นกิจกรรมหลักโดยใช้การบรรยายเนื้อหาภายในห้องเรียน จำนวน 15 ครั้ง วัดผลแบบ KAPIS 3 ด้านคือ ทักษะด้านความรู้ (K) ทักษะการวิเคราะห์และแก้ปัญหา (A) และทักษะด้านการคิดนวัตกรรม/ความคิดสร้างสรรค์ (I) ด้วยวิธีการสอบข้อเขียนกลางภาค และปลายภาค ออกแบบโจทย์ที่เอื้อต่อการวัดผลทั้งสามข้อดังกล่าว
- 2) การเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานการเรียนรู้ เป็นกิจกรรมกลุ่มที่ได้รับมอบหมายให้ทำร่วมกันท้ายชั่วโมงบรรยายตามหัวข้อที่ได้รับมอบหมายในแต่ละครั้งเช่น กิจกรรมทดสอบเรื่องกำลังเฉลี่ย ในการสอนบรรยายครั้งที่ 3 และกิจกรรมอื่นๆถัดไปในครั้งที่ 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13 และครั้งที่ 14 โดยใช้การวัดผลแบบ KAPIS 4 ด้านคือ ทักษะด้านความรู้ (K) ทักษะการวิเคราะห์และแก้ปัญหา (A) ทักษะด้านการคิดนวัตกรรม/ความคิดสร้างสรรค์ (I) ทักษะด้านอารมณ์และสังคม (S) เป็นกิจกรรมที่ต้องร่วมกันทำร่วมกันให้ผู้เรียนได้คิดและวิเคราะห์ตามโจทย์ที่ได้รับในแต่ละครั้ง ซึ่งผู้สอนเป็นผู้ประเมินและให้คะแนน
- 3) การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานการเรียนรู้ เป็นกิจกรรมตอบคำถามท้ายบทหลังจากการเรียนบรรยายทุกครั้งจำนวน 15 ครั้ง วัดผลแบบ KAPIS 2 ด้านคือ ทักษะด้านความรู้ (K) และทักษะการวิเคราะห์และแก้ปัญหา (A) โดยเป็นกิจกรรมตอบคำถามท้ายบทเรียนบรรยาย เพื่อทดสอบความเข้าใจของผู้เรียน ซึ่งผู้สอนเป็นผู้ประเมินและให้คะแนน
- 4) การเรียนรู้โดยใช้การสืบค้นเป็นฐานในการเรียนรู้ เป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนต้องนำเสนอเรื่องทางวิศวกรรมไฟฟ้าที่ไปศึกษามาผ่านการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอหน้าชั้นเรียนในครั้งสุดท้ายของการเรียน (ครั้งที่ 15) วัดผลแบบ KAPIS 2 ด้านคือ ทักษะด้านการคิดนวัตกรรม/ความคิดสร้างสรรค์ (I) ทักษะด้านอารมณ์และสังคม (S) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ต้องหาข้อมูลเพื่อนำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยเป็นการนำเสนอแบบรายบุคคล ซึ่งผู้สอนเป็นผู้ประเมินและให้คะแนน

ตารางที่ 2 แผนการสอนบรรยายวิชาวิเคราะห์โครงข่ายไฟฟ้า ปีการศึกษา 2561

ครั้งที่	เรื่อง	กิจกรรม/งานมอบหมาย/อื่นๆ
1	กำลังงานทางไฟฟ้ากระแสสลับ ค่าประสิทธิภาพ การส่งผ่านกำลังงานสูงสุด	สรุปเนื้อหาที่เรียน,ตอบคำถามท้ายบท
2	ตัวประกอบกำลังงาน กำลังงานเชิงซ้อน การแก้ตัวประกอบกำลังงาน	สรุปเนื้อหาที่เรียน,ตอบคำถามท้ายบท
3	ระบบไฟฟ้า 1 เฟส ระบบไฟฟ้า 3 เฟส	สรุปเนื้อหาที่เรียน,ตอบคำถามท้ายบท กิจกรรม ทดสอบเรื่องกำลังเฉลี่ย
4	กำลังในระบบไฟฟ้า 3 เฟส	สรุปเนื้อหาที่เรียน,ตอบคำถามท้ายบท กิจกรรม กำลังปรากฏและการปรับค่าตัวประกอบกำลังงาน
5, 6	ทฤษฎีการแปลงลาปลาซและการประยุกต์ใช้กับวงจรไฟฟ้า	สรุปเนื้อหาที่เรียน,ตอบคำถามท้ายบท กิจกรรม ทดสอบเรื่องวงจรไฟฟ้า 3 เฟส
7	คอนโวลูชัน ความถี่เชิงซ้อนและฟังก์ชันโครงข่ายวงจรไฟฟ้า	สรุปเนื้อหาที่เรียน,ตอบคำถามท้ายบท
8	ฟังก์ชันถ่ายโอน โพลและซีโร	สรุปเนื้อหาที่เรียน,ตอบคำถามท้ายบท กิจกรรม ทดสอบเรื่องการแปลงลาปลาซ
9	ผลตอบสนองเชิงความถี่ แผนภาพโพล	สรุปเนื้อหาที่เรียน,ตอบคำถามท้ายบท กิจกรรม เรื่องใช้ลาปลาซวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า
10	วงจรรีโซแนนซ์ วงจรกรองความถี่และการสเกล	สรุปเนื้อหาที่เรียน,ตอบคำถามท้ายบท
11, 12	หม้อแปลงไฟฟ้า	สรุปเนื้อหาที่เรียน,ตอบคำถามท้ายบท กิจกรรม(11) ทดสอบเรื่องวงจรกรองสรุปเนื้อหาที่เรียน,ตอบคำถามท้ายบท กิจกรรม(12) ทดสอบเรื่องหม้อแปลงไฟฟ้าแบบเชิงเส้น
13, 14	วงจรจ่ายแบบสองพอร์ท	สรุปเนื้อหาที่เรียน,ตอบคำถามท้ายบท กิจกรรม(13) ทดสอบเรื่องหม้อแปลงไฟฟ้าแบบอุดมคติ กิจกรรม(14) ทดสอบเรื่องวงจร 2 พอร์ท
15	ทบทวนและสรุปเนื้อหา	กิจกรรม การนำเสนอเรื่องทางวิศวกรรมไฟฟ้า

หมายเหตุ การสอนบรรยาย รวมกิจกรรมใช้เวลา 3 ชั่วโมงในแต่ละครั้งสอนสัปดาห์ละครั้ง

2.1 รูปแบบการสอนปฏิบัติการปีการศึกษา 2561 ของวิชา วิเคราะห์โครงข่ายไฟฟ้า

รูปแบบการสอนปฏิบัติการปีการศึกษา 2561 (คิดเป็นคะแนนรวม 20% ของคะแนนรวมทั้งหมดของรายวิชา) แสดงแผนการสอนดังในตารางที่ 3 การสอนจะเป็นการสอนในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์จำนวน 12 ครั้งแยกออกมาจากคาบบรรยาย ซึ่งในแต่ละครั้งจะเป็นการใช้โปรแกรมวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า LTspice เป็นเครื่องมือในการสอน เน้นสอนให้ผู้เรียนสามารถใช้โปรแกรมวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าเพื่อผลการทำงานของวงจรว่าตรงตามทฤษฎีที่ได้เรียนมาตามหัวข้อการเรียนบรรยายเป็นหลัก การประเมินผลจะใช้การทำโจทย์แบบฝึกหัดที่ผู้สอนมอบหมาย ร่วมกับการสอบเก็บคะแนนที่เน้นให้ผู้เรียนออกแบบวงจรเป็นไปตามที่ผู้สอนกำหนดคุณสมบัติ เช่นในครั้งที่ 8 และ 9 จะเป็นการให้ออกแบบวงจรกรองความถี่สูงผ่านที่กำหนดจุดตัดความถี่ โดยผู้เรียนต้องทำการคำนวณค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจร และนำมาจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม LTspice เพื่อตรวจสอบผลที่ได้ว่าถูกต้องหรือไม่ ในส่วนของปฏิบัติการจะใช้การวัดผลแบบ KAPIS สองด้านคือ การทำแบบฝึกหัดท้ายบทจะใช้การวัดผลใน ด้านทักษะการปฏิบัติ (P) และการสอบเก็บคะแนนที่เน้นการออกแบบวงจรจะเป็นการวัดผลทักษะด้านการคิดนวัตกรรม/ความคิดสร้างสรรค์ (I)

2.2 การประเมินผลการเรียนรู้ปีการศึกษา 2561 ของวิชา วิเคราะห์โครงข่ายไฟฟ้า

แผนการประเมินผลการเรียนรู้โดยแสดงดังตารางที่ 4 โดยมีคะแนนเต็ม 100% ของรายวิชาวิเคราะห์โครงข่ายไฟฟ้า จะมีการแบ่งสัดส่วนการประเมินดังในตารางที่ 5 โดยหลัก ๆ จะแบ่งการประเมินจากสามส่วนได้แก่ การสอบ (รวม 55%) การทำกิจกรรมในรูปแบบ Outcome-based learning (รวม 25%) และการฝึกปฏิบัติการ (รวม 20%) เนื่องจากเนื้อหาของวิชาจะเป็นการเรียนทฤษฎีการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า สัดส่วนการประเมินผลส่วนใหญ่จึงยังคงใช้การสอบวัดผลความรู้ และได้มีการเสริมในส่วนกิจกรรมท้ายคาบบรรยาย และในคาบการฝึกปฏิบัติการ จะใช้การเรียนรู้ในรูปแบบ Outcome-based learning โดยใช้กระบวนการ Problem-based และ Active-based learning ซึ่งมีการออกแบบกิจกรรมที่จะมีส่วนเสริมทักษะทั้ง 5 ด้านตามรูปแบบการวัดผลแบบ KAPIS สัดส่วนการให้คะแนนแบบ KAPIS เป็นไปดังตารางที่ 5

ตารางที่ 3 แผนการสอนปฏิบัติการวิชาวิเคราะห์โครงข่ายไฟฟ้า ปี การศึกษา 2561

ครั้งที่	เรื่อง	กิจกรรม/งานมอบหมาย/อื่น ๆ
1	ปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ แนะนำและทบทวน LTspice	ทำแบบฝึกหัดท้ายบท
2	ใช้ LTspice หาค่าพลังงานทางไฟฟ้า กระแสสลับในอุปกรณ์ชนิดต่าง ๆ	ทำแบบฝึกหัดท้ายบท
3	ใช้ LTspice หาค่าพลังงานทางไฟฟ้า กระแสสลับในระบบต่าง ๆ	ทำแบบฝึกหัดท้ายบท พร้อมทั้งสอบเก็บคะแนน
4	ใช้ LTspice หาค่าประสิทธิภาพ การส่งผ่านกำลังงานสูงสุด	ทำแบบฝึกหัดท้ายบท
5	ตัวประกอบกำลังงาน กำลังงานเชิงซ้อน การแก้ตัวประกอบกำลังงาน	ทำแบบฝึกหัดท้ายบท
6	ระบบไฟฟ้า 3 เฟส กำลังในระบบไฟฟ้า 3 เฟส	ทำแบบฝึกหัดท้ายบท พร้อมทั้งสอบเก็บคะแนน
7	ลาปลาซและการประยุกต์ใช้กับวงจรไฟฟ้า	ทำแบบฝึกหัดท้ายบท พร้อมทั้งสอบเก็บคะแนน
8	ปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ผลตอบสนองเชิงความถี่ แผนภาพโพล วงจรรีโซแนนซ์	ทำแบบฝึกหัดท้ายบท พร้อมทั้งสอบเก็บคะแนน
9	ปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ วงจรกรองความถี่และการสเกล	ทำแบบฝึกหัดท้ายบท พร้อมทั้งสอบเก็บคะแนน
10	ปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ หม้อแปลง 1	ทำแบบฝึกหัดท้ายบท พร้อมทั้งสอบเก็บคะแนน
11	ปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ หม้อแปลง 2	ทำแบบฝึกหัดท้ายบท พร้อมทั้งสอบเก็บคะแนน
12	ปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ วงจรจ่ายแบบสองพอร์ต	ทำแบบฝึกหัดท้ายบท พร้อมทั้งสอบเก็บคะแนน

หมายเหตุ การสอนปฏิบัติการ รวมกิจกรรมใช้เวลา 3 ชั่วโมงในแต่ละครั้ง สอนสัปดาห์ละครั้ง

ตารางที่ 6 แสดงรายละเอียดการให้คะแนนแบบ KAPIS ในส่วนของกิจกรรมท้ายคาบเรียนบรรยาย ซึ่งจะมีคะแนนรวมคิดเป็น 25% ของคะแนนทั้งหมด จะประกอบไปด้วย 3 กิจกรรมคือ 1) ทำแบบฝึกหัดท้ายบทพร้อมทั้งสอบเก็บคะแนน (15%) 2) งานที่มอบหมาย (5%) และ 3) การนำเสนอผลงาน (5%) จะเห็นได้ว่าการเรียนรู้แบบ Outcome based Education จะเน้นผลลัพธ์ของการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นสำคัญทำให้ผู้เรียนทุกคนเกิดทักษะในหลากหลายด้าน แตกต่างจากการเรียนรูปแบบ Input based education เดิมที่ไม่ได้เน้นไปที่ผลลัพธ์ของผู้เรียน และระบบการให้คะแนนแบบ KAPIS จะเป็นส่วนช่วยให้การวัดผลทักษะในแต่ละด้านได้เป็นไปอย่างชัดเจนว่าผู้เรียนมีทักษะด้านใดบ้างที่ผ่านผลการประเมิน และด้านใดที่ควรพัฒนาต่อไป

ตารางที่4 แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้ (ตามที่ระบุใน Curriculum Mapping)*	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ ประเมิน	สัดส่วน ของ การ ประเมิน
1	2.ความรู้ 3.ทักษะทาง ปัญญา	การสอบ - สอบกลางภาค - สอบประจำภาค	7 16	20% 35%
2	1.คุณธรรม จริยธรรม 2.ความรู้ 3.ทักษะทาง ปัญญา 4.ทักษะความ สัมพันธ์ระหว่าง บุคคลและความ รับผิดชอบ 5.ทักษะการ วิเคราะห์ เชิงตัวเลข สื่อสาร และการใช้ เทคโนโลยี สารสนเทศ	ผลการทดสอบย่อย/การ ทำแบบฝึกหัด การทำงานที่ได้รับ มอบหมาย (งานกลุ่ม/งาน เดี่ยว) problem based และ outcome based กิจกรรม active learning การฝึกปฏิบัติการ	ตลอดภาค การศึกษา	5% 10% 10% 20%
3	2.ความรู้ 3.ทักษะทาง ปัญญา 5.ทักษะการ วิเคราะห์เชิง ตัวเลข สื่อสาร และการใช้ เทคโนโลยี สารสนเทศ	กิจกรรมในชั้นเรียน - การเข้าเรียน - การมีส่วนร่วมอภิปราย แสดงความคิดเห็นในชั้น เรียน - การนำเสนอผลงาน	ตลอดภาค การศึกษา	
รวม				100%

ตารางที่5 การประเมินผลการเรียนรู้และสัดส่วนการให้คะแนนแบบ KAPIS ของรายวิชานี้

วิธีการประเมินผลการเรียนรู้	K	A	P	I	S	รวม
ทำแบบฝึกหัดท้ายบท พร้อมทั้งสอบเก็บคะแนน	12	3				15
การปฏิบัติการ			10	10		20
งานที่มอบหมาย				5		5
การนำเสนอผลงาน					5	5
สอบกลางภาค	15	5		5		25
สอบปลายภาค	20	5		5		30
รวมผลของแต่ละด้าน	47	13	10	25	5	100

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางแสดงเป็นจำนวนร้อยละ

ตารางที่6 รายละเอียดการให้คะแนนแบบ KAPIS ในส่วนของ กิจกรรมท้ายคาบเรียน

หัวข้อคะแนนเก็บ	K	A	P	I	S	คะแนน ดิบ	รวม คะแนน %
ทำแบบฝึกหัดท้ายบท พร้อมทั้งสอบเก็บ คะแนน							
Average Power	7	3				10	
apparent power and power factor	7	3				10	
3 Phase Circuit	7	3				10	
Laplace & Inverse Laplace Transform	7	3				10	
Circuit Analysis using Laplace Transform	7	3				10	
Frequency Response & Bode Plots	7	3				10	
Active Filters	7	3				10	
Mutual Inductance & Linear Transformers	7	3				10	
Reflected impedance & Ideal transformers	7	3				10	
Two-Port Networks	7	3				10	
รวมคะแนน						100	15
งานที่มอบหมาย							
Innovative topic related Electrical Engineering				5		5	
รวมคะแนน						5	5
การนำเสนอผลงาน							
Assignment Presentation					5	5	
รวมคะแนน						5	5
รวมคะแนน 3 หัวข้อ							25

3. การพัฒนาส่วนปฏิบัติการเพื่อให้ผู้เรียนสามารถสร้างนวัตกรรม

รูปแบบการเรียนการสอนของส่วนปฏิบัติการในอดีตที่ผ่านมา(ปี พ.ศ. 2533-2559) จะแยกคาบปฏิบัติการ ออกจากคาบบรรยายโดยสอนจำนวน 12 ครั้ง ใช้การสอนในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์โดยผู้สอนจะสอนการใช้โปรแกรมสำหรับวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า สำหรับใช้จำลองการทำงานวงจรไฟฟ้าตามเนื้อหาบรรยายที่ได้เรียนมา ให้ผู้เรียนได้เห็นภาพวงจรให้ผลลัพธ์อย่างไร เพื่อความเข้าใจที่ดีขึ้น โดยการเรียนรู้เน้นไปที่วิธีการใช้งานโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์ การวัดผลใช้วิธีการสอบโดยให้โจทย์ และให้ผู้เรียนใช้โปรแกรม

วิเคราะห์เพื่อหาคำตอบให้ถูกต้อง โดยวงจรจะประกอบไปด้วย อุปกรณ์พื้นฐานเช่นตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำ และหม้อแปลงไฟฟ้า ร่วมกับการใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ และกระแสตรง แหล่งกำเนิดสัญญาณทางไฟฟ้า ที่เป็นอุดมคติซึ่งอยู่ในรูปของอุปกรณ์ในโปรแกรม โดยโปรแกรมที่ใช้สำหรับการสอนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533-2561 จะใช้โปรแกรมในกลุ่มของโปรแกรม SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) ซึ่งโปรแกรม SPICE ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาจากห้องวิจัย และปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์ของ University of California, Berkeley โดย Laurence Nagel ตั้งแต่ปี 1960 และเผยแพร่ครั้งแรกปี ค.ศ.1973 [6] โปรแกรม SPICE ที่ทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานครได้ใช้ในการสอนที่ผ่านมาได้แก่

1) PSpice “Personal Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis” (เดิมเป็นของบริษัท MicroSim ปัจจุบันเป็นของบริษัท Cadence Design Systems ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1998) ใช้สอนในช่วงปี พ.ศ.2533-2537 โปรแกรมทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows 3.11 ลักษณะการใช้งานป้อนโปรแกรมแบบอักษร

2) MicroSim PSpice version 6.0 (เดิมเป็นของบริษัท MicroSim ปัจจุบันเป็นของบริษัท Cadence Design Systems) ใช้สอนในช่วงปี พ.ศ.2538-2542 โปรแกรมทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows 95 ลักษณะการใช้งานแบบ graphical user interfaces (GUIs) ซึ่งใช้การวาดรูปวงจรบนโปรแกรม

3) MicroSim PSpice EVAL8.0 (เดิมเป็นของบริษัท MicroSim ปัจจุบันเป็นของบริษัท Cadence Design Systems) ใช้สอนในช่วงปี พ.ศ.2543-2558 โปรแกรมทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows ME (Millennium Edition) และ Windows XP ลักษณะการใช้งานแบบ graphical user interfaces (GUIs) โปรแกรม MicroSim เป็นแบบ 32บิต

4) LTspice version IV (ของบริษัท Linear Technology) ใช้สอนในช่วงปี พ.ศ.2559-2561 โปรแกรมทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows7 จนถึง Windows10 ลักษณะการใช้งานแบบ graphical user interfaces (GUIs) โปรแกรม LTspice เป็นแบบ 64บิต

จากการเรียนที่ผ่านจะเป็นการเน้นใช้งานโปรแกรมวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า และพิสูจน์ผลลัพธ์จากทฤษฎีที่เรียนมาจากการบรรยาย ทำให้ผู้เรียนได้ทักษะเฉพาะทางด้านการใช้งานโปรแกรม และการวิเคราะห์วงจรด้วยโปรแกรม ไม่ได้มุ่งเน้นที่จะออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หรือ นวัตกรรมเพื่อนำมาใช้งานได้จริง

คณะผู้สอนจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาส่วนปฏิบัติการของวิชาการวิเคราะห์โครงข่ายไฟฟ้า ให้เป็นในรูปแบบการเรียนโดยมุ่งผลลัพธ์เป็นสำคัญ โดยผลลัพธ์ที่ตั้งไว้คือ ให้ผู้เรียนสามารถสร้างเครื่องต้นแบบ (prototype) ในรูปแบบของเครื่องมือ หรือวงจรอิเลกทรอนิกส์เพื่อการใช้งาน ซึ่งแตกต่างไปจากเดิมที่มีแต่อุปกรณ์พื้นฐานทางไฟฟ้า โดยได้แบ่งขั้นตอนการเรียนรู้ออกเป็นสามขั้นคือ 1) ผู้เรียนสามารถใช้โปรแกรมวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า (LTspice) ได้เป็นอย่างดี 2) ผู้เรียนสามารถใช้โปรแกรมออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ (EasyEDA) ได้เป็นอย่างดี 3) ผู้เรียนสามารถออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบที่ใช้ในการแก้ปัญหาบางประการได้เช่น สร้างเครื่องควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เครื่องขยายสัญญาณ และอื่น ๆ ตามที่ผู้เรียนต้องการนำไปใช้ประโยชน์หรือโจทย์จากผู้สอน ทักษะที่ได้จะเป็นทักษะขั้นสูงเช่น มีการคิดวิเคราะห์ปัญหา และการแก้ไขปัญหา การสืบค้นข้อมูล การประยุกต์ใช้ ความรู้ที่ได้จากการเรียนมา

โดยทั่วไปการออกแบบนวัตกรรม(หรือผลิตภัณฑ์ทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์) ที่สามารถใช้งานได้จริงจะต้องมีการสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อทำการทดสอบการทำงาน และใช้เป็นแผนในการวางระบบการผลิต โดยทั่วไปเครื่องต้นแบบจะต้องประกอบไปด้วยหลายส่วนเช่น แหล่งจ่ายไฟตรง วงจรควบคุมที่ประกอบไปด้วยคอนโทรลเลอร์ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ในรูปของวงจรรวม (IC) ดังนั้นผู้ออกแบบโดยส่วนมากเริ่มจากการใช้บอร์ดสำเร็จรูป (บอร์ดสำเร็จคือแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีการลงอุปกรณ์ไฟฟ้า และพร้อมใช้งาน) เพื่อง่ายต่อการพัฒนาและทดสอบแนวคิด ข้อดีของบอร์ดสำเร็จคืออุปกรณ์บนบอร์ดออกแบบมาเพื่อใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ และสามารถใช้งานเต็มประสิทธิภาพ เช่นบอร์ดคอนโทรลเลอร์ดังรูปที่ 2 ที่ใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ ซึ่งโดยมากไม่ได้ใช้งานครบทุกฟังก์ชันของบอร์ด หากนำบอร์ดสำเร็จไปสร้างผลิตภัณฑ์ จะทำให้ต้นทุนมีราคาสูงเนื่องด้วยมีส่วนที่ไม่จำเป็น ดังนั้นวิศวกรผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงราคา โดยจะขึ้นกับจำนวนอุปกรณ์ที่ใช้งาน วิศวกรจึงจำเป็นต้องออกแบบวงจรให้มีขนาดเล็ก จำนวนอุปกรณ์น้อยที่สุด แต่ยังคงทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ของการออกแบบ เพื่อให้เหมาะกับงานนั้นๆไป จึงจำเป็นต้องมีความรู้ในหลากหลายด้านเช่น การออกแบบวงจรไฟฟ้าและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การเลือกอุปกรณ์และการอ่านข้อมูลจาก data sheet(เอกสารข้อมูลคุณสมบัติทางไฟฟ้าและกายภาพของอุปกรณ์) สำหรับใช้งานอุปกรณ์นั้นให้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ออกแบบไว้ การต่อวงจรและทดสอบ การใช้เครื่องมือวัด การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ สามารถออกแบบ layout ตัวถังของอุปกรณ์ที่เลือกใช้งานได้ สุดท้ายสามารถสร้างเครื่องต้นแบบที่ใช้งานได้จริง



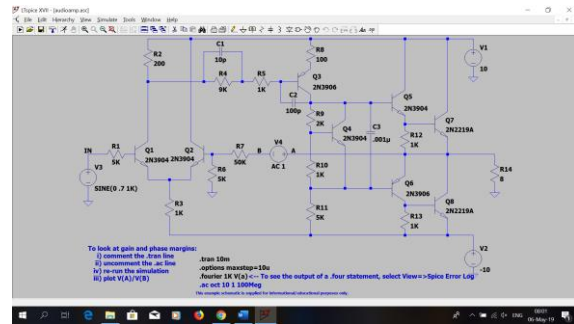
รูปที่2 บอร์ดคอนโทรลเลอร์สำเร็จรูป Raspberry Pi 3 Model A+

หมายเหตุ ภาพจาก <https://www.raspberrypi.org>

3.1 แผนการสอนปฏิบัติการวิชาวิเคราะห์โครงข่ายไฟฟ้า ปีการศึกษา 2562

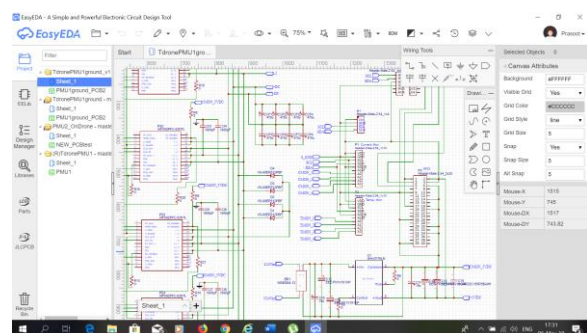
เนื่องด้วยจุดประสงค์ที่ต้องการให้ผู้เรียนสามารถสร้างเครื่องต้นแบบได้ จึงมีการเปลี่ยนรูปแบบแผนการสอนโดยใช้เครื่องมือที่เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์เฉพาะทางสองโปรแกรมได้แก่ LTspice และ EasyEDA ซึ่งอธิบายลักษณะการใช้งานของโปรแกรมดังนี้

โปรแกรม LTspice เป็นซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ฟรีแวร์ที่ใช้เป็นเครื่องมือในการจำลองการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยสามารถแสดงผลของแรงดัน กระแส และกราฟสัญญาณในจุดต่าง ๆ ของวงจรที่ออกแบบไว้ โปรแกรม LTspice ซึ่งผลิตโดยผู้ผลิตเซมิคอนดักเตอร์ บริษัท Linear Technology ในปัจจุบันเป็นส่วนหนึ่งของบริษัท Analog Devices ถูกออกแบบให้สามารถจำลองการทำงานของอุปกรณ์พื้นฐาน และอุปกรณ์ที่บริษัท Linear Technology ได้ออกแบบและผลิตจำหน่าย ทั้งยังสามารถเพิ่มโมเดลที่ใช้ในการจำลองการทำงานของอุปกรณ์จากบริษัทอื่นได้เช่นกัน โดยมากอุปกรณ์จะอยู่ในรูปอุปกรณ์ที่เป็นวงจรรวม (IC : Integrated Circuit) และเป็นโปรแกรม SPICE ที่ใช้กันแพร่หลายและใช้มากที่สุดในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และเทคโนโลยี แสดงลักษณะโปรแกรมดังรูปที่ 3

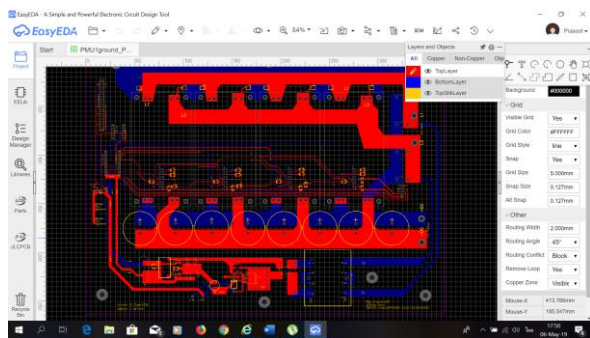


รูปที่3 โปรแกรม LTspice ที่ใช้ในการจำลองการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์

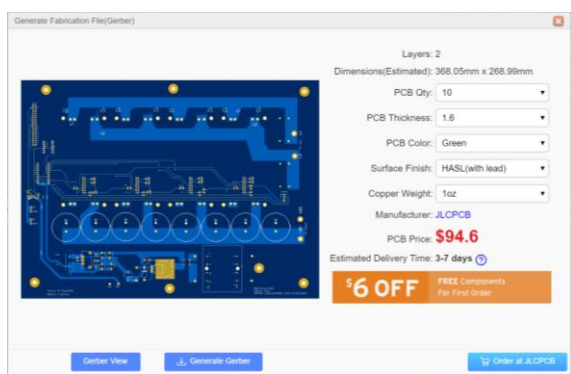
โปรแกรม EasyEDA เป็นชุดโปรแกรมเครื่องมือ EDA (electronic design automation) ฟรีแวร์ ดังรูปที่ 4 (แสดงหน้าต่างโปรแกรมที่ใช้ในการวาดแผนผังวงจร ; Schematic) สามารถทำงานได้ทั้งบนเว็บ และคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล แต่ต้องมีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตตลอดการใช้งาน โปรแกรม EasyEDA ช่วยให้วิศวกรฮาร์ดแวร์สามารถออกแบบจำลอง แชร่ แบบสาธารณะหรือแบบส่วนตัว อีกทั้งยังสามารถพูดคุยเกี่ยวกับแผนผังวงจร และแผ่นวงจรพิมพ์ ซึ่งยังมีคุณสมบัติอื่น ๆ อีก ได้แก่ การสร้าง Bill of Materials สำหรับแสดงรายชื่ออุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรทั้งหมด สร้าง Gerber file สำหรับทำแผ่น PCB สามารถเลือกแสดงวงจร และแผ่น PCB ในรูปแบบ PDF PNG และ SVG ทั้งแบบสองมิติ และสามมิติ โดยโปรแกรมไม่มีข้อกำหนดในการใช้งาน ทำให้สามารถออกแบบวงจร และแผ่นวงจรพิมพ์ดังรูปที่ 5 ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน อีกทั้งยังสามารถส่ง Gerber file ให้กับบริษัทผู้รับจ้างผลิตแผ่น PCB ได้ทันที (ที่เป็นผู้สนับสนุนให้กับโปรแกรม) พร้อมประเมินราคาและระยะเวลาในการทำและจัดส่ง ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่4 โปรแกรม EasyEDA ที่ใช้สำหรับการวาดแผนผังวงจร



รูปที่5 โปรแกรม EasyEDA ในส่วนการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB)



รูปที่6 แสดงหน้าต่างการกำหนดค่าในการผลิตแผ่น PCB และประเมินราคา

แผนการสอนและกิจกรรมแสดงดังตารางที่ 7 การสอนปฏิบัติการแบ่งเป็น 12 ครั้ง ครั้งละ 3 ชั่วโมงรวมกิจกรรม การสอนครั้งที่ 1 - 5 เป็นการทบทวนใช้งานโปรแกรม LTspice ซึ่งผู้เรียนเคยเรียนมาแล้วจากวิชาวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าแต่เป็นพื้นฐานการใช้งานทางด้านการวิเคราะห์ไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้นการเรียนปฏิบัติการครั้งที่ 1 - 5 จะเป็นการเรียนเพื่อใช้งานการวิเคราะห์ในรูปแบบอื่นเพิ่มเติม โดยเฉพาะทางด้านการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับและการวิเคราะห์ทางความถี่ตามทฤษฎีที่เรียนมาในคาบเรียนบรรยาย ครั้งที่5 จะเพิ่มกิจกรรมการวิเคราะห์วงจรรวมที่ใช้งานจริง เช่น วงจรขยายสัญญาณ วงจรแปลงผันแรงดัน เป็นต้น ครั้งที่ 6 - 8 จะเป็นการแนะนำการใช้งานโปรแกรม EasyEDA ตั้งแต่พื้นฐานการใช้งาน การทำงานแบบกลุ่ม การแชร์ข้อมูล การสร้าง Schematic ของวงจร การออกแบบแผ่น PCB การเพิ่ม Layout ขาของอุปกรณ์ การสร้าง Layout ขาอุปกรณ์ ในกรณีที่ไม่มี Layout ในไลบรารี (คลังข้อมูล) ของโปรแกรม ตัวอย่าง Layout ขาของอุปกรณ์ แสดงดังรูปที่ 7 ซึ่ง Stencil คือแบบพิมพ์สำหรับทำเป็นแผ่นพลาสติกหรือโลหะบาง เจาะช่องไว้ตรงที่ต้องการจะพิมพ์ตะกั่วไหลลงไปที่การบัดกรีด้วยความร้อน การเรียนในครั้งที่ 1 - 8 จะเป็นการ

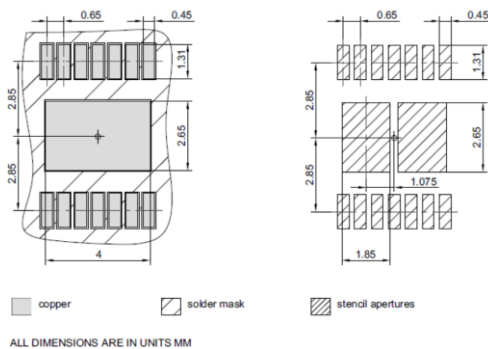
เตรียมพร้อมให้ผู้เรียนเรียนรู้เครื่องมือ(tools) ที่ใช้ในการสร้างผลิตภัณฑ์

ตารางที่7 แผนการสอนปฏิบัติการวิชาวิเคราะห์โครงข่ายไฟฟ้า ปีการศึกษา2562

ครั้งที่	เรื่อง	กิจกรรมและงานที่มอบหมาย
1	ทบทวนการใช้ LTspice และใช้ LTspice หาค่าพลังงานทางไฟฟ้า กระแสสลับ ในระบบ 1 เฟส และ 3 เฟส	แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง
2	ใช้ LTspice หาค่าตัวประกอบกำลังงาน, กำลังงานเชิงซ้อน, การแก้ตัวประกอบกำลังงาน	แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง กิจกรรม การแก้ตัวประกอบกำลังงานในระบบ
3	ลาปลาซ และการประยุกต์ใช้กับวงจรไฟฟ้า	แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง
4	ใช้ LTspice ผลตอบสนองเชิงความถี่, แผนภาพโพล, วงจรรีโซแนนซ์ และวงจรกรองความถี่	แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง กิจกรรม ออกแบบวงจรกรองความถี่
5	ปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ หม้อแปลง และวงจรรวม	แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง กิจกรรม ออกแบบวงจรโดยใช้วงจรรวม
6	แนะนำการใช้งานโปรแกรม EasyEDA ในการเขียน schematic และออกแบบ PCB ครั้งที่ 1	แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง กิจกรรม ให้กลุ่มผู้เรียนเขียน Schematic ของวงจรที่ใช้ในการทดลอง
7	แนะนำการใช้งานโปรแกรม EasyEDA ในการเขียน schematic และออกแบบ PCB ครั้งที่ 2	แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง กิจกรรม ให้กลุ่มผู้เรียนออกแบบแผ่น PCB ครั้งที่1
8	แนะนำการใช้งานโปรแกรม EasyEDA ในการเขียน schematic และออกแบบ PCB ครั้งที่ 3	แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง กิจกรรม ให้กลุ่มผู้เรียนออกแบบแผ่น PCB ครั้งที่2
9	แนะนำและยกตัวอย่างกระบวนการสร้างผลิตภัณฑ์ ขั้นตอนการสร้างผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่ การวางแผนงาน การออกแบบวงจร การอ่านค่าจาก datasheet การจำลองการทำงาน การเลือกอุปกรณ์ การทดสอบ และการบริหารทรัพยากรและ เวลา	กิจกรรม ให้ผู้เรียนรู้จักการอ่านค่า และการ ออกแบบวงจรตามข้อกำหนดของ data sheet และการสืบค้นข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบวงจร
10	ให้ ผู้เรียน ได้นำวงจรที่ออกแบบตามโจทย์ที่กำหนดในกิจกรรมครั้งที่ 9 นำเสนอ และจำลองการทำงานด้วย LTspice	กิจกรรม วัดผลการออกแบบวงจรตามโจทย์ที่กำหนดท้ายคาบเรียน
11	ให้ ผู้เรียน ได้ออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม EasyEDA	กิจกรรม วัดผลการออกแบบPCBตามโจทย์ที่กำหนดท้ายคาบเรียน
12	แนะนำวิธีการประกอบ และทดสอบวงจร และแผ่นวงจรพิมพ์ที่ได้ ออกแบบไว้	กิจกรรม ให้ผู้เรียนทำการทดสอบวงจร และแผ่นวงจรพิมพ์โดยการจำลองขั้นตอนเสมือนจริง

หมายเหตุ การสอนปฏิบัติการ รวมกิจกรรมใช้เวลา 3 ชั่วโมงในแต่ละครั้ง สอนสัปดาห์ละครั้ง

ในการเรียนครั้งที่ 9 จะเป็นการให้ความรู้โดยผู้สอน หรือ วิทยากรจากบริษัทภายนอกที่มีประสบการณ์ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ เกี่ยวกับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ว่ามีขั้นตอนอย่างไรบ้าง ตั้งแต่การจัดการโครงการ การออกแบบวงจร และ PCB การอ่านค่าจาก data sheet การสั่งอุปกรณ์ การทดสอบ และมาตรฐาน ครั้งที่ 10-11 เป็นการให้โจทย์เพื่อให้ผู้เรียนออกแบบวงจร และ PCB โดยใช้ความรู้ที่เรียนมา



รูปที่ 7 Package pads และ stencil ของอุปกรณ์ (lay out ของอุปกรณ์)

3.2 การประเมินผลการเรียนรู้และใช้เกณฑ์ประเมินผลโดยวิธี KAPIS

วิธีการประเมินผลการเรียนรู้ และเกณฑ์การให้คะแนนแบบ KAPIS ในส่วนของการปฏิบัติแสดงดังตารางที่ 8 การเรียนแต่ละครั้ง จะถูกกำหนดให้ผู้เรียนได้รับความรู้ในแต่ละแตกต่างกันไปตามเนื้อหาที่เรียน การวัดผลแบบ KAPIS จะมีการให้คะแนนในทักษะแต่ละด้านแยกย่อยและชัดเจน ซึ่งคะแนนที่แสดงในตารางเป็นคะแนนดิบรวม 110 คะแนน ก่อนจะคำนวณเป็นคะแนนรวม 20% ของรายวิชาวิเคราะห์โครงข่ายไฟฟ้า

4. สรุป และข้อเสนอแนะ

จะเห็นได้ว่าการเรียนปฏิบัติการในปีการศึกษา 2562 ที่วางแบบแผนการเรียนรู้ไว้มีความแตกต่างจากปีการศึกษา 2561 อย่างมาก ผู้เรียนจะได้ทักษะหลากหลายด้าน และช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถเป็นวิศวกรที่ออกแบบ และสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรมได้ด้วยตนเอง ต่างจากที่ผ่านมาที่วิศวกรโดยมากมักจะออกแบบวงจรได้ แต่ไม่สามารถนำวงจรที่ออกแบบมาสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ เนื่องจากขาดการเรียนรู้ในทักษะหรือเครื่องมืออื่น เช่น ไม่สามารถออกแบบ PCB ได้ด้วยตนเองต้องอาศัยผู้อื่นออกแบบให้โดยมักจะประสบปัญหาเนื่องจากผู้ออกแบบวงจรจะต้องเป็นผู้กำหนดเงื่อนไขบาง

ประการให้ผู้ออกแบบ PCB ทราบด้วยตามที่ data sheet ของอุปกรณ์ระบุ หากผู้ออกแบบวงจรและผู้ออกแบบ PCB เป็นคนเดียวกันก็จะลดปัญหาในส่วนนี้ได้มากทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความผิดพลาดจากการออกแบบน้อย

ตารางที่ 8 การประเมินผลการเรียนรู้และสัดส่วนการให้คะแนนแบบ KAPIS ในส่วนปฏิบัติการปีการศึกษา 2562

ครั้งที่เรียน	วิธีการประเมินผลการเรียนรู้	K	A	P	I	S	รวม
1	แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง		5	5			10
2	การแก้ตัวประกอบกำลัง		5	5			10
3	แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง		5	5			10
4	ออกแบบวงจรรองความถี่		3	3	4		10
5	ออกแบบวงจรโดยใช้วงจรรวม		3	3	4		10
6	ให้กลุ่มผู้เรียนเขียน Schematic ของวงจรที่ใช้ในการทดลอง		5	5			10
7	ให้กลุ่มผู้เรียนออกแบบแผ่น PCB ครั้งที่ 1		2.5	2.5			5
8	ให้กลุ่มผู้เรียนออกแบบแผ่น PCB ครั้งที่ 2		2.5	2.5			5
9	ให้ผู้เรียนรู้จักการอ่านค่า และการออกแบบวงจรตามข้อกำหนดของ data sheet และการสืบค้นข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบวงจร	4		4		2	10
10	กิจกรรมการออกแบบวงจรของการปฏิบัติการครั้งที่ 10			4	6		10
11	กิจกรรมการออกแบบ PCB ของการปฏิบัติการครั้งที่ 11			4	6		10
12	ให้ผู้เรียนทำการทดสอบวงจร และแผ่นวงจรพิมพ์ โดยการจำลองขั้นตอนเสมือนจริง		2	4		4	10
รวมผลของแต่ละด้าน		4	33	47	20	6	110

หมายเหตุ คะแนนรวม 110 คะแนนจะนำไปคำนวณเป็นคะแนนรวม 20% ของวิชา

คะแนนส่วนใหญ่จะเน้นไปที่ทักษะสามด้านคือ P (ทักษะการปฏิบัติ) A (ทักษะการวิเคราะห์และแก้ปัญหา) และ I (ทักษะด้านการคิดนวัตกรรม/ความคิดสร้างสรรค์) ตามวัตถุประสงค์ของการปรับแผนการเรียนรู้

การเรียนแบบตั้งผลลัพธ์ของผู้เรียนแบบสำคัญ (outcome-based education) และการวัดผลแบบ KAPIS จะเป็นประโยชน์กับผู้เรียนเป็นอย่างมากเนื่องด้วยเมื่อตั้งผลลัพธ์ที่ผู้เรียนเป็นสำคัญ แสดงว่าผู้เรียนทุกคนจะได้รับความรู้และทักษะในหลากหลายด้านตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้กับผู้เรียนทุกคน การประเมินผลจะทำให้

ตลอดทั้งภาคการศึกษาซึ่งทำให้ทราบว่าผู้เรียนแต่ละคนมีความสามารถในการเรียนรู้เป็นอย่างไร แตกต่างจากการเรียนรู้แบบ input-based education อย่างสิ้นเชิง ที่วัดผลโดยการสอบข้อเขียนเพียงอย่างเดียวตอนกลางภาค และปลายภาค ซึ่งผู้เรียนจะสอบผ่านหรือไม่ผ่าน จะไม่ถูกติดตามประเมินผลว่าขาดความรู้และทักษะในด้านใดที่น้อยเกินไปที่ทำให้สอบไม่ผ่าน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะอาจารย์ผู้สอนวิชาวิเคราะห์โครงข่ายไฟฟ้าที่สนับสนุนในการให้ข้อมูลสำหรับการเขียนบทความนี้ได้แก่ รศ.ดร. สมภาพ ภูริวิกรัยพงศ์ อ.พงษ์ศักดิ์ พรอมวงศ์ อ.ไพบุลย์ ธาณินทร์สุรัตน์ อ.วิศิษฐ์ สุขจิตร์ อ.จิตพงษ์ นภาพันธุ์ และ ผศ.ดร.สุชาติ สิริธีงสาพร เป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

- [1] ปริญญ์ เทวานฤมิตรกุล, “การศึกษาที่มุ่งผลลัพธ์ (Outcome-based Education) โดยผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง”, เอกสารประกอบการบรรยายเรื่อง “Active-Based Learning : What, Why and How?” และเรื่อง “workshop : How to Implement Active-Based Learning in Your Classroom?”, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 1 เมษายน 2558
- [2] ประสูตร เดชสุวรรณ, “การพัฒนาแบบการสอนบรรยายวิชาทางวิศวกรรมไฟฟ้าโดยเพิ่มส่วนปฏิบัติการซอฟต์แวร์ และฮาร์ดแวร์เสริมการสอน”, การประชุมมหานครวิชาการด้านงานวิจัยและเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา ครั้งที่ 9, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, 21 กรกฎาคม 2559, หน้า 36-40.
- [3] ประสูตร เดชสุวรรณ, “การพัฒนาการเรียนรู้แบบ outcome-based education ในรายวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร”, Engineering Transactions(Group B), Vol.20, No.2(43), July-Dec.2017
- [4] S Sitjongsataporn, W Sukjit, P Promwong, P Taninsurat, P Dechsuwan, “Study of Implementing Outcome-based Learning in Electric Circuit Analysis for Undergraduate Students”, accept to International STEM Education Conference (iSTEM-Ed), Bangkok, Thailand, 2018.
- [5] ประสูตร เดชสุวรรณ, “การศึกษาที่มุ่งผลลัพธ์โดยใช้การวัดผลลัพธ์แบบ KAPIS สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร”, Engineering Transactions(Group B), Vol.21, No.1(44), Jan-Jun.2018
- [6] Nagel, L. W, and Pederson, D. O., SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis), Memorandum No. ERL-M382, University of California, Berkeley, Apr. 1973