การวิเคราะห์และออกแบบวงจรไบอัสทรานซิสเตอร์โดยใช้จียูไอของแมทแลป สำหรับการเรียนการสอนวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

Analysis and Design for Bias Transister Circuit by using MATLAB GUIs for Electronic Engineering Instruction

ศิวดล นวลนภดล[1] สมมารถ ขำเกลี้ยง[2]*

[1]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาลัยรัตภูมิ 414 ม. 14 ต.ท่าชะมวง อ.รัตภูมิ จ.สงขลา
[2]โปรแกรมวิชาอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000
*khamkleang@gmail.com**

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์และออกแบบวงจรไบอัสทรานซิสเตอร์โดยใช้จียูไอของแมทแลป วิธีดำเนินการวิจัยประกอบ ด้วย 4 ขั้นตอน คือ วิเคราะห์ ออกแบบ พัฒนา และหาคุณภาพ ผลของการวิจัยพบว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถในการการวิเคราะห์และออกแบบวงจรไบอัสทรานซิสเตอร์ถูกต้องตามทฤษฎี และจากการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่ามีค่าความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.35$)

คำสำคัญ: ทรานซิสเตอร์ จียูไอ แมทแลป

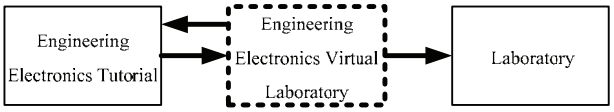
Abstract

The objective of this research was a development of simulation program for Analysis and Design for Bias Transister Circuit. Methods of research are comprises of 4 steps,namely, the analysis, design, develop, and quality assesment. The analysis results of the software are good agreement with theoretical. The average opinion of the three experts on the quality of the analysis program was in high level*($\bar{x} = 4.35$).*

Keyword: Electrical system, Electric motor, GUI, MATLAB

1. บทนำ

วิธีการเรียนการสอนในชั้นเรียนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ หรือสาขาอื่นๆที่เกี่ยวข้องจะเน้นการคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือการใช้แบบจำลองเชิงตัวเลขเป็นสำคัญ อย่างไรก็ตามเพื่อให้นักศึกษาเข้าใจแนวคิดที่ไม่อยู่ในชีวิตประจำวันโดยที่ประสบการณ์และความคิดเป็นเรื่องที่เกิดขึ้นยากสำหรับนักศึกษาส่วนใหญ่ กลยุทธ์หนึ่งที่ช่วยให้นักศึกษาเหล่านี้ได้ทำความเข้าใจในส่วนของทฤษฎี คือการแสดงผลกระทบสิ่งต่างๆผ่านการทดลองในห้องเรียน ซึ่งแตกต่างจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ การสาธิตในชั้นเรียนสามารถช่วยให้นักศึกษาได้ปรับเปลี่ยนแนวคิด เข้าใจหลักการและเหตุผลในหัวข้อที่บรรยาย โดยที่เครื่องมือการทดสอบที่เหมาะสมทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีความทันสมัย จะทำหน้าที่เป็นพื้นฐานในการฝึกทักษะเพื่อนำไปสู่การทดลองจริงในห้องปฏิบัติการ การประยุกต์ใช้การทดลองเสมือนจริง [1-5] โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ประกอบการเรียนการสอนทฤษฎีในชั้นเรียนจึงมีส่วนสำคัญ ในการเชื่อมโยงเนื้อหาในส่วนทฤษฎีและปฏิบัติที่ได้แสดงไว้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการเรียนรู้ในการเชื่อมโยงเนื้อหาในส่วนทฤษฎีและปฏิบัติโดยใช้โปรแกรมจำลอง

วิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์มีลักษณะรายวิชา ที่มุ่งเน้นให้นักศึกษาได้เข้าใจทฤษฎีและฝึกปฏิบัติ ปัญหาการเรียนการสอนที่พบส่วนมาก คือการเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีกับปฏิบัติเข้าด้วยกัน ทำให้นักศึกษาไม่สามารถบรรลุผลในการเรียนการสอนได้เต็มประสิทธิภาพ จากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการเรียนการสอนทางด้านทฤษฎีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ซึ่งเป็นเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญของการศึกษาทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ โทรคมนาคม และคอมพิวเตอร์ โดยการพัฒนาโปรแกรมจำลอง สำหรับนำไปประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดประสิทธิภาพในการเรียนรู้สูงสุด และสามารถลดต้นทุนในการจัดซื้อโปรแกรมจำลองทางด้านวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ต่อไป โดยมีกรอบแนวคิดในการวิจัยแสดงดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

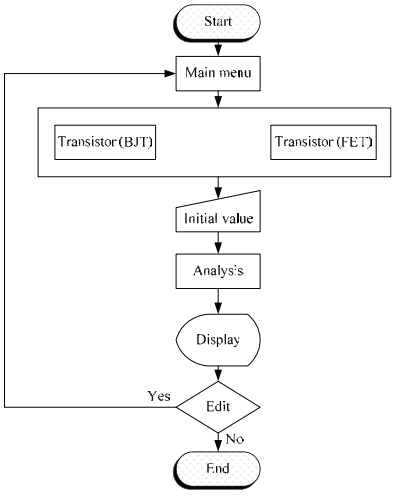
2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 วิเคราะห์เนื้อหา

จากการวิเคราะห์เนื้อหาทฤษฎีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากหลักสูตรต่างๆ [6-8] พบว่าเนื้อหาที่สามารถนำมาพัฒนาเป็นโปรแกรมจำลองสำหรับใช้ในการศึกษาทฤษฎีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์เพื่อเชื่อมโยงไปสู่เนื้อหาในสวนของการปฏิบัติ ได้แก่เรื่องวงจรไดโอด วงจรทรานซิสเตอร์ วงจรออปแอมป์ วงจรโอทีเอ และวงจรกรองความถี่ ในงานวิจัยนี้จะนำเนื้อหาเรื่องวงจรไบอัสทรานซิสเตอร์มาวิเคราะห์และออกแบบโดยใช้ฟังก์ชั่นจียูไอของแมทแลป (MATLAB GUIs)

2.2 ออกแบบโปรแกรมจำลอง

การออกแบบโปรแกรมจำลองจะทำการวิเคราะห์อินพุตเอาต์พุต และกระบวนการทำงาน (Input, Output and Process analysis) ของเนื้อหาในแต่ละเรื่อง แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กระบวนการทำงานของโปรแกรม

จากภาพที่ 3 เริ่มต้นด้วยการเข้าสู่หน้าต่างหลัก (Main menu) ของโปรแกรมจำลอง หลังจากนั้นเลือกเนื้อหาที่จะทำการวิเคราะห์และออกแบบ กำหนดค่าเริ่มต้น (Initial value) เข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ (Analysis) และแสดงผลการจำลอง (Display)

2.3 พัฒนาโปรแกรม

การวิเคราะห์และออกแบบวงจรไบอัสทรานซิสเตอร์ โดยการสร้างส่วนการติดต่อกับผู้ใช้งาน (Graphic User Interface (GUI)) ในส่วนของอินพุต และเอาต์พุต และในส่วนของการประมวลผลจะเขียนอัลกอริทึมโดยใช้เอ็มไฟล์ (M-File) ของโปรแกรม MATLAB® จากสมการทางคณิตศาสตร์ [9-10] พร้อมคู่มือการใช้งาน หลังจากนั้นทำการสร้างแบบประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมจำลองเป็นแบบสอบถาม ที่มีลักษณะเป็นแบบประเมินค่าด้วยข้อความ (Itemized Rating Scale) ชนิด 5 ระดับ แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ในแต่ละด้านมีข้อคำถามจำนวน 5 ข้อ ผลการประเมินความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง (construct validity) ของแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่าข้อคำถามทุกข้อมีค่าความเที่ยงตรงโดยเฉลี่ยมากกว่า 0.7 ($IOC \geq 0.7$)

2.4 ประเมินคุณภาพ

นำโปรแกรมไปทดลองการทำงานและเปรียบเทียบผลการคำนวณกับทฤษฎี หลังจากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินความเหมาะสมทางด้านโปรแกรมและโครงสร้าง ด้านเนื้อหาและคู่มือการใช้งาน ด้านการใช้งาน และด้านการนำไปใช้ประกอบการสอน

3. ผลของการวิจัย

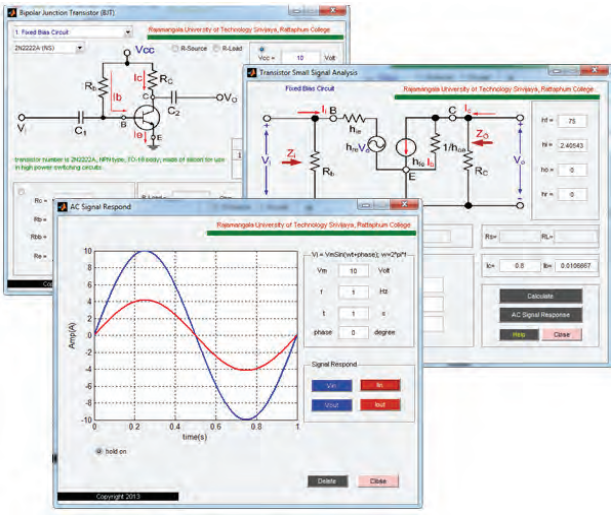
จากการดำเนินการวิจัยอย่างเป็นระบบ ผู้วิจัยขอนำเสนอผลของการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 ผลการพัฒนาโปรแกรม

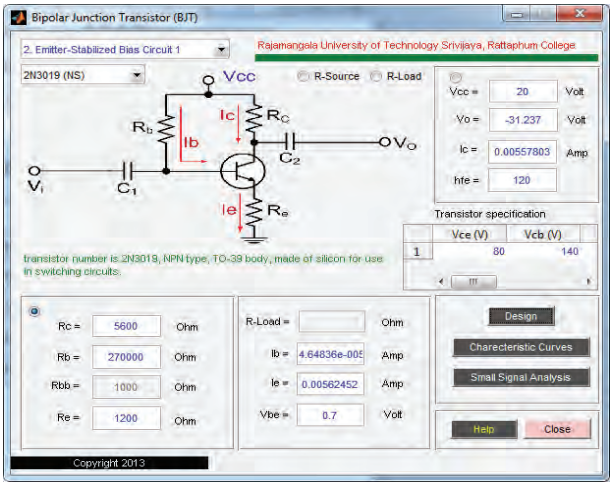
โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยหน้าต่างหลัก หน้าต่างคุณลักษณะของวงจร และหน้าต่างการวิเคราะห์สัญญาณขนาดเล็ก แสดงดังภาพที่ 4

3.2 ผลการทดสอบคุณภาพ

การทดสอบคุณภาพของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น จะทำการเปรียบเทียบผลการคำนวณกับการคำนวณทางทฤษฎี [10] ซึ่งจะยกตัวอย่างการทดสอบวงจรทรานซิสเตอร์ BJT ชนิดไบอัสอิมิตเตอร์เมื่อไม่มีผลกระทบของความต้านทานที่แหล่งกำเนิดและที่โหลด โดยใช้โดยใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N3019(NS) $\beta = 120$, $R_c = 5.6\ k\Omega$, $R_b = 270\ k\Omega$, $R_e = 1.2\ k\Omega$ $V_{CC} = 20$ V แสดงดังภาพที่ 5 และภาพที่ 6 การเปรียบเทียบผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ



ภาพที่ 4 โปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์และออกแบบวงจรไบอัสทรานซิสเตอร์

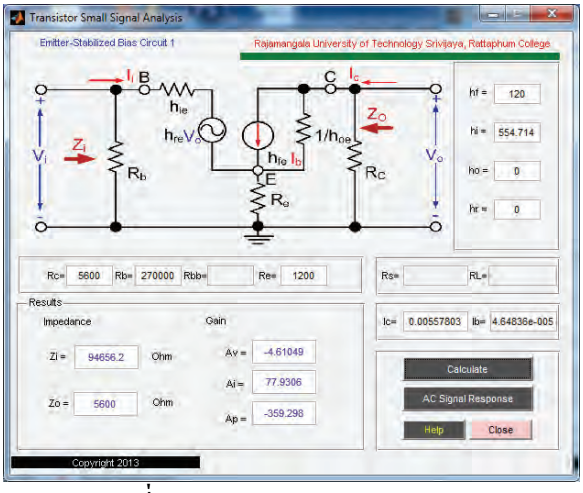


ภาพที่ 5 โปรแกรมจำลองทรานซิสเตอร์ BJT ชนิดไบอัสอิมิตเตอร์

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบของโปรแกรม M-GUI กับทฤษฎี

Parameter	M-GUI	Theory	Error (%)
$R_C(\Omega)$	5,600	5,600	0.000
$R_b(\Omega)$	270,000	270,000	0.000
$R_e(\Omega)$	1,200	1,200	0.000
$I_b(A)$	46.4e-3	46.5e-3	0.221
$I_e(A)$	5.62e-3	5.63e-3	0.177

จากตารางที่ 1 พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนของค่า กระแส $I_b = 0.221\%$, $I_e = 0.177\%$ ส่วนค่า R_C , R_b , R_e มีความสอดคลองตรงตามทฤษฎี



ภาพที่ 6 โปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณขนาดเล็กของทรานซิสเตอร์ BJTชนิดไบอัสอิมิตเตอร์

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบของโปรแกรม M-GUI กับทฤษฎี

Parameter	M-GUI	Theory	Error (%)
$Z_{in}(\Omega)$	94.65 k	94.65 k	0.000
$Z_o(\Omega)$	5.6 k	5.6 k	0.000
A_v	-4.61	-4.61	0.000
A_i	77.93	77.93	0.000
A_p	-359.29	-359.21	0.022

จากตารางที่ 2 พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนของค่า $A_p = 0.022\%$ ซึ่งเป็นค่าเล็กน้อย ส่วนค่า Z_{in} , Z_o , A_v และ A_i สอดคลองตรงตามกับทฤษฎี

3.3 ประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ

ผลการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	ข้อคำถามความคิดเห็น	$\overline{X}$	S.D	ระดับความเหมาะสม
ด้านโปรแกรมและโครงสร้าง				
1	การจัดวางตำแหน่งส่วนต่างๆบนจอภาพ	4.5	0.7	มาก
2	รูปแบบของรูปภาพเหมาะสม	4.5	0.7	มาก
3	สีและขนาดตัวอักษรบนจอภาพเหมาะสม	4	0	มาก
4	มีขนาดเหมาะสมมองเห็นได้ชัดเจน	4.5	0.7	มาก
5	มีรายละเอียดและการแสดงผลเพียงพอ	3.5	0.7	ปานกลาง
ค่าผลเฉลี่ย		4.2		มาก
ด้านเนื้อหาและคู่มือการใช้งาน				
ข้อที่	ข้อคำถามความคิดเห็น	$\overline{X}$	S.D	ระดับความเหมาะสม
1	การเรียงลำดับและขั้นตอนการใช้งาน	4	0	มาก
2	ความเหมาะสมในการใช้ภาษา	3.5	0.7	มาก
3	รูปภาพประกอบสัมพันธ์กับเนื้อหา	3.5	0.7	มาก
4	เนื้อหามีความถูกต้อง	3.5	0.7	ปานกลาง
5	ความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4.5	0.7	มาก
ค่าผลเฉลี่ย		3.8		มาก
ด้านการใช้งาน				
ข้อที่	ข้อคำถามความคิดเห็น	$\overline{X}$	S.D	ระดับความเหมาะสม
1	การกำหนดค่าเริ่มต้นในการใช้งานทำได้ง่าย	4.5	0.7	ปานกลาง
2	ความสะดวกในการใช้งานแต่ละเมนูโปรแกรม	5	0	มากที่สุด
3	ผลลัพธ์ของวงจรทรานซิสเตอร์มีความถูกต้อง	4.5	0.7	มาก
4	ความรวดเร็วในการคำนวณผลของวงจรทรานซิสเตอร์	4.5	0.7	มาก
5	ส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายและรวดเร็ว	4.5	0.7	มาก
ค่าผลเฉลี่ย		4.8		มากที่สุด

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ด้านการนำไปใช้ประกอบการสอน				
ข้อที่	ข้อคำถามความคิดเห็น	$\overline{X}$	S.D	ระดับความเหมาะสม
1	สามารถใช้วิเคราะห์วงจรทรานซิสเตอร์ที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์	5	0	มากที่สุด
2	ช่วยส่งเสริม และกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนการสอน	5	0	มากที่สุด
3	ช่วยเชื่อมโยงระหว่างการสอนทฤษฎีและปฏิบัติได้เป็นอย่างดี	5	0	มากที่สุด
4	สามารถนำไปทดสอบทฤษฎีและเรียนรู้ด้วยตนเองนอกชั้นเรียนได้	4.5	0.7	มาก
5	ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการจัดหาโปรแกรมสื่อการสอน	4.5	0.7	มาก
ค่าผลเฉลี่ย		4.8		มากที่สด
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด		4.35		มาก

จากตารางที่ 3 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมช่วยวิเคราะห์และออกแบบวงจรทรานซิสเตอร์โดยใช้ GUI ของ MATLAB ของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านพบว่าผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมด้านโปรแกรมและโครงสร้างพบว่ามีค่าเฉลี่ย รวมเท่ากับ 4.2 ระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ด้านเนื้อหาและคู่มือการใช้งานมีค่าเฉลี่ยรวม เท่ากับ 3.8 ระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง ด้านการใช้งานพบว่ามีค่าเฉลี่ยรวม เท่ากับ 4.8 ระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านการนำไปใช้ประกอบการสอนพบว่ามีค่าเฉลี่ยรวม เท่ากับ 4.8 ระดับความเหมาะสมอยู่ที่มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของทั้ง 4 ด้าน เท่ากับ 4.35 ระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

4. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการวิเคราะห์และออกแบบวงจรไบอัสทรานซิสเตอร์โดยโดยใช้จียูไอของแมทแลป เรียกว่าโปรแกรม M-GUI มีความสามารถในการวิเคราะห์และออกแบบวงจรไบอัสทรานซิสเตอร์แบบคงที่ แบบอิมิตเตอร์แบบแบ่งแรงดัน มีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้ เริ่มต้นจากการวิเคราะห์ ออกแบบ พัฒนา และสุดท้ายนำโปรแกรมไปหาคุณภาพโดยการเปรียบเทียบผลการคำนวณกับทฤษฎี และให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินความเหมาะสม ผลของการวิจัยสรุปได้ดังนี้

4.1 โปรแกรมจำลองสำหรับการศึกษาทฤษฎีวงจรอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นมีผลการคำนวณถูกต้องตามทฤษฎี

4.2 ความเหมาะสมของโปรแกรมจำลองสำหรับการวิเคราะห์และออกแบบวงจรไบอัสทรานซิสเตอร์ เมื่อผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับมาก

จากผลของการวิจัยพบว่า โปรแกรมจำลองสำหรับการวิเคราะห์และออกแบบวงจรไบอัสทรานซิสเตอร์ สามารถช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่รวดเร็ว สามารถทดสอบทฤษฎีที่ได้จากการคำนวณ โดยการปรับเปลี่ยนค่าของตัวแปรต่างๆ ได้ตามความต้องการ ส่งผลให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้และเข้าใจเนื้อหาทางด้านทฤษฎีซึ่งสามารถเชื่องโยงไปสู่การปฏิบัติ แต่อย่างไรก็ตามการพัฒนาการเรียนการสอนทางด้านอุตสาหกรรม และวิศวกรรมไฟฟ้ายังคงต้องมีการพัฒนาไปอย่างต่อเนื่อง โดยมีเป้าหมายเพื่อต้องการให้ผู้เรียนได้รู้จริงปฏิบัติได้ ถ่ายทอดเป็น และเน้นคุณธรรม เพื่อนำไปพัฒนาสังคม และประเทศชาติ โดยในการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการพัฒนาโปรแกรมจำลองสำหรับการเรียนการสอนให้ครอบคลุมเนื้อหาทุกรายวิชาในหลักสูตร และนำชุดโปรแกรมที่สร้างขึ้นไปใช้ร่วมกับชุดทดลอง หรือชุดสาธิตเพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะและทดสอบผลการทดลองเปรียบเทียบกับโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น และควรมีการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า โดยใช้สื่อการสอนแบบบูรณาการตามรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตัวเอง รวมทั้งควรมีการพัฒนาเครื่องมือการวัดผลการเรียนรู้ที่หลากหลาย เพื่อใช้ประเมินผู้เรียนแบบบูรณาการให้ครบทุกด้าน เช่น ด้านความรู้ทักษะ และจิตพิสัย ในรายวิชาทฤษฎีต่อไป

5. เอกสารอ้างอิง

[1] Fares, D.A.; Khaddaj, S.I.; Joujou, M.K.; Kabalan, K.Y. A Learning Approach to circuitry Problems Using MatLab and Pspice Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2012 IEEE 17-20 April 2012 : 1 – 5.

[2] Brandisky, K.G., Stanchev, K.P., Iacheva, I.I., Stancheva, R.D., Petrakieva, S.K., Terzieva, S.D. and Mladenov, V.M. 2005. Computer-Aided Education in Theoretical Electrical Engineering at the Technical University of Sofia: Part II. Computer as a Tool, 2005. EUROCON 2005.The International Conference on, Volume: 1, Nov. 21-24, 2005: 768 - 771.

[3] Menendez, L.M. ; Salaverria, A. ; Mandado, E. ; Dacosta, J.G. Virtual Electronics Laboratory: A new tool to improve Industrial Electronics Learning. IEEE Industrial Electronics, IECON 2006 - 32nd Annual Conference on, 6-10 Nov. 2006: 5445 – 5448.

[4] Gati, J.; Kartyas, G. Virtual Classrooms for Robotics and other Engineering Applications. Robotics in Alpe-Adria-Danube Region (RAAD), 2010 IEEE 19th International Workshop on, 24-26 June 2010: 481 – 486.

[5] Raud, Z.; Vodovozov, V. Virtual Lab to Study Power Electronic Converters. Power Electronics Electrical Drives Automation and Motion (SPEEDAM), 2010 International Symposium on,14-16 June 2010: 703 – 708.

[6] คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต หลักสูตร 4 ปี (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2550), สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์, สงขลา: 2550.

[7] คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. หลักสูตรครุศาสตรอุตสาหกรรมบัณฑิต (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2550), สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, กรุงเทพฯ: 2550.

[8] คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. หลักสูตรครุศาสตรอุตสาหกรรมบัณฑิต หลักสูตร 5 ปี (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2550), สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, กรุงเทพฯ: 2550.

[9] ธนันต์ ศรีสกุล. พื้นฐานการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์. พิมพ์ที่ สำนักพิมพ์ วิตตี้ กรุ๊ป, กรุงเทพฯ : 2552.

[10] มงคล ทองสงคราม. อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. พิมพ์ที่บริษัทรามาการพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ : 2536.