



## การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการวิเคราะห์ผลตอบสนองของวงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่งและวงจรไฟฟ้าอันดับสองเบื้องต้นโดยใช้จ็อยโอของแมทแล็บ

สมมารท ขำเกลี้ยง\*

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ โปรแกรมวิชาอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

\* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08-0714-0955 อีเมล: khamkleang@gmail.com

รับเมื่อ 10 ตุลาคม 2557 ตอรับเมื่อ 28 เมษายน 2558 เผยแพร่ออนไลน์ 3 กันยายน 2558

DOI: 10.14416/j.kmutnb.2015.04.007 © 2015 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการวิเคราะห์ผลตอบสนองของวงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่งและวงจรไฟฟ้าอันดับสองเบื้องต้นโดยใช้จ็อยโอของแมทแล็บ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน และนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ภาคเรียนที่ 2/2556 หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา จำนวน 28 คน ผลการวิจัยพบว่า ผลการคำนวณของซอฟต์แวร์มีความถูกต้องตรงตามผลการคำนวณทางทฤษฎี มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ และผลการประเมินคุณภาพการใช้งานของผู้เชี่ยวชาญ มีค่าอยู่ในระดับมากที่สุด มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของเมกยูแกนส์ (1.03)

**คำสำคัญ:** ซอฟต์แวร์ วงจรไฟฟ้า วงจรอันดับหนึ่ง วงจรอันดับสอง



## **Software Development for Analyzing the Basic First and Second-order Circuit Response Using MATLAB GUIs**

**Sommart Khamkleang\***

*Assistant Professor, Industrial Technology Program, Faculty of Industrial Technology, Songkhla Rajabhat University, Songkhla, Thailand*

\* Corresponding Author, Tel. 08-0714-0955, E-mail: khamkleang@gmail.com

Received 10 October 2014; Accepted 28 April 2015; Published online: 3 September 2015

DOI: 10.14416/j.kmutnb.2015.04.007 © 2015 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

### **Abstract**

The aim of this study was to develop software module for response analysis of the basic first and second order electric circuit by using MATLAB GUI. The sample was divided into 2 groups. The first group was 5 experts, and the remaining group contained 28 undergraduate students taking DC Circuit course of the Industrial and Technology program, Faculty of Industrial Technology, Songkhla Rajabhat University in Semester 2/2013. The results showed that the outcomes of software calculations correspond to those of theoretical calculations, with quite small error rates of less than 1 percent. The evaluation of 5 experts revealed the very high degree of quality and efficiency of this software module based on established criteria and standards of Meguigans (1.03).

**Keywords:** Software, Electric Circuit, First Order Circuit, Second Order Circuit

## 1. บทนำ

ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าได้แก่ กฎของโอห์ม กฎแรงดันและกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ [1]–[3] โดยที่กฎของโอห์มกล่าวไว้ว่ากระแสที่เกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้า จะมีค่าแปรผันตรงกับค่าแรงดันและแปรผกผันกับค่าความต้านทาน ส่วนกฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์ให้หลักการไว้ว่าผลรวมของแรงดันที่ตกคร่อมอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้ายรวมกันมีค่าเท่ากับศูนย์ และกฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ให้หลักการไว้ว่าผลรวมของกระแสที่จุดใดๆ ของวงจรไฟฟ้ายรวมกันมีค่าเท่ากับศูนย์ หรือกระแสไหลเข้าจุดต่อวงจรเท่ากับกระแสไหลออกจากจุดต่อวงจร โดยที่กฎพื้นฐานเหล่านี้จะนำมาเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าเริ่มต้น

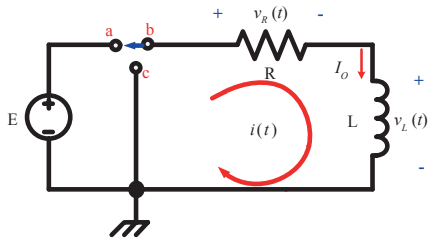
ปัจจุบันโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทในการช่วยออกแบบและวิเคราะห์ผลการทำงานในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นอย่างมาก [4]–[8] โดยเฉพาะงานที่มีความซับซ้อน เช่น การวิเคราะห์ค่าแรงดัน กระแสและกำลังในวงจรไฟฟ้า การวิเคราะห์สนามแม่เหล็กไฟฟ้าในวงจรความถี่สูง [9], [10] และการวิเคราะห์ทางกายภาพทางด้านเครื่องจักรกล เป็นต้น ถ้ากล่าวถึงการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง เรื่องที่ควรคำนึงถึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการนำไปใช้เพื่อเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้หรือการทำวิจัย ได้แก่ ผลการตอบสนองของตัวสะสมพลังงานของอุปกรณ์ต่างๆ [1] ได้แก่ ตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ จะพบว่าแม้แต่ตัวต้านทานเท่านั้นที่ไม่สามารถสะสมพลังงานไฟฟ้าได้ ส่วนตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ สามารถสะสมพลังงานได้ โดยตัวเหนี่ยวนำเก็บสะสมพลังงานอยู่ในรูปสนามแม่เหล็ก และตัวเก็บประจุเก็บสะสมพลังงานอยู่ในรูปสนามไฟฟ้า โดยที่พลังงานที่อุปกรณ์ทั้งสองสะสมไว้ จะจ่ายคืนให้กับวงจรภายหลังจากแหล่งกำเนิดพลังงานของวงจรมีค่าเป็นศูนย์ เมื่อพิจารณาวงจรที่ประกอบด้วยตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำสามารถพิจารณาได้จากสมการอนุพันธ์

การสะสมพลังงานของตัวเก็บประจุ [2] จะขึ้นอยู่กับแรงดัน ทำให้การสะสมหรือการคายประจุไม่สามารถ

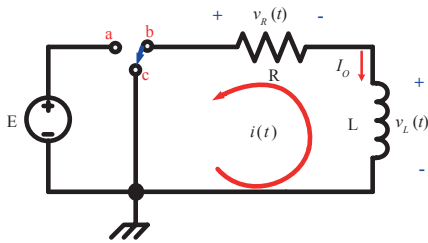
ทำได้แบบฉับพลัน เช่นเดียวกับในกรณีของการสะสมและการคายพลังงานของตัวเหนี่ยวนำ [3] ที่ขึ้นอยู่กับกระแส ไม่สามารถทำได้แบบฉับพลันเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงต้องมีการพิจารณาหาค่ากระแสและแรงดันของวงจรตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุ และตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำในสภาวะที่ตัวเก็บประจุหรือตัวเหนี่ยวนำสะสมหรือคายพลังงานที่เก็บสะสมไว้ หรือการวิเคราะห์สภาวะชั่วครู่ของกระแสและแรงดัน ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากสมการอนุพันธ์อันดับหนึ่งสำหรับวงจรที่ประกอบด้วยตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุ (RC) หรือวงจรที่ประกอบด้วยตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ (RL) และถ้าวงจรที่ประกอบด้วยตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ (RLC) ต่อกันทั้งแบบอนุกรมและขนาน [4] สามารถพิจารณาได้จากสมการอนุพันธ์อันดับสอง

การวิเคราะห์ผลตอบสนองการสะสมพลังงานในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงอีกวิธีหนึ่งคือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยจำลอง ทำให้สามารถเรียนรู้และเข้าใจผลตอบสนองของวงจรได้อย่างรวดเร็ว แต่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ดังกล่าวจำเป็นต้องใช้งบประมาณในการจัดซื้อ ทำให้ภาครัฐต้องสูญเสียงบประมาณจำนวนมาก การแก้ปัญหาอย่างหนึ่งคือการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นมาใช้เองตามขั้นตอนการพัฒนาอย่างเป็นระบบ [9] ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้ฟังก์ชันจียูไอของแมทแล็บเป็นฐานในการพัฒนาทั้งในส่วนของการติดต่อกับผู้ใช้งาน (Graphic User Interface: GUI) และในส่วนของไฟล์ที่ใช้ในการประมวลผล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลตอบสนองการสะสมพลังงานของอุปกรณ์ RL, RC และ RLC ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนต่อไป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์สำหรับวิเคราะห์ผลตอบสนองของวงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่งและวงจรอันดับสอง และกำหนดสมมติฐานของการวิจัยคือ 1) ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมีผลการคำนวณถูกต้องตรงตามทฤษฎีมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 1% 2) ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมีผลการประเมิน

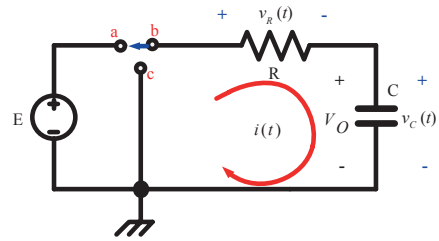


(ก) ช่วงเก็บพลังงาน

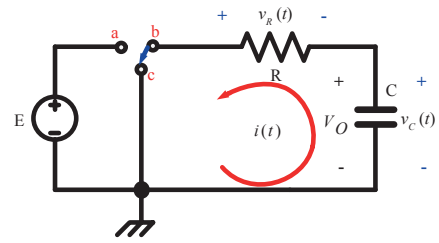


(ข) ช่วงคายพลังงาน

รูปที่ 1 วงจรตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ (RL)



(ก) ช่วงเก็บพลังงาน



(ข) ช่วงคายพลังงาน

รูปที่ 2 วงจรตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุ (RC)

ความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมาก และ 3) ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของเมทริกซ์

## 2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 วงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่ง

ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดสองขั้ว ซึ่งแตกต่างจากตัวต้านทานทางไฟฟ้าในแง่ที่อุปกรณ์ทั้งสองสามารถเก็บสะสมพลังงานที่ได้รับจากแหล่งกำเนิดได้ และปลดปล่อยพลังงานที่สะสมดังกล่าวคืนกลับสู่วงจรไฟฟ้าได้ในภาวะที่เหมาะสม ในกรณีของตัวเหนี่ยวนำพลังงานจะสะสมอยู่ในรูปของสนามแม่เหล็ก ส่วนในกรณีของตัวเก็บประจุพลังงานจะสะสมอยู่ในรูปของสนามไฟฟ้า ซึ่งสามารถวิเคราะห์สมการอนุพันธ์ [2], [3] ของวงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่ง ที่จะนำไปใช้ในส่วนของการประมวลผลสำหรับการพัฒนาซอฟต์แวร์โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้ 1) พิจารณาวงจรและใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์ในการเขียนสมการ 2) แทนค่าตัวแปรและจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปของสมการอนุพันธ์ และ 3) แก้สมการอนุพันธ์

โดยใช้วิธีพื้นฐานทางคณิตศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ (RL) เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 1 พบว่าในช่วงเก็บพลังงานและช่วงคายพลังงาน สามารถให้ผลตอบสนองของกระแสและแรงดันแสดงดังตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุ (RC) เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2 พบว่าในช่วงเก็บพลังงาน และช่วงคายพลังงาน สามารถให้ผลตอบสนองของกระแสและแรงดันดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 สมการผลตอบสนองของกระแส และแรงดันของวงจร RL

	สมการแรงดัน	สมการกระแส
ช่วงเก็บพลังงาน	$v_L(t) = Ee^{-t/\tau}$ $v_R(t) = Ee^{t/\tau}$	$i(t) = \frac{E}{R} (1 - e^{-t/\tau})$
ช่วงคายพลังงาน	$v_L(t) = -Ee^{-t/\tau}$ $v_R(t) = -Ee^{t/\tau}$	$i(t) = \frac{E}{R} e^{-t/\tau}$

$$\text{เมื่อ } \tau = \frac{L}{R}$$

และ  $I_0$  คือเงื่อนไขเริ่มต้นของวงจรอันดับหนึ่ง RC



## ตารางที่ 2 สมการผลตอบสนองของกระแส และแรงดันของวงจร RC

	สมการแรงดัน	สมการกระแส
ช่วงเก็บพลังงาน	$v_C(t) = E(1 - e^{-t/\tau})$ $v_R(t) = Ee^{-t/\tau}$	$i(t) = \frac{E}{R} e^{-t/\tau}$
ช่วงคายพลังงาน	$v_C(t) = Ee^{-t/\tau}$ $v_R(t) = Ee^{-t/\tau}$	$i(t) = -\frac{E}{R} e^{-t/\tau}$

เมื่อ  $\tau = RC$

และ  $V_0$  คือเงื่อนไขเริ่มต้นของวงจรอันดับหนึ่ง RC

## 2.2 วงจรไฟฟ้าอันดับสอง

สมการลักษณะเฉพาะของวงจรไฟฟ้าอันดับสอง (RLC) มีรูปแบบดังนี้  $s^2 + 2\alpha s + \omega_0^2 = 0$  โดยมีพารามิเตอร์ต่างๆ ดังตารางที่ 3

### ตารางที่ 3 พารามิเตอร์ของวงจร RLC

พารามิเตอร์	คำจำกัดความ
รากลักษณะเฉพาะ ( $s_1, s_2$ )	$s_1 = -\alpha + \sqrt{\alpha^2 - \omega_0^2}$ $s_2 = -\alpha - \sqrt{\alpha^2 - \omega_0^2}$
ความถี่เนเปอร์ ( $\alpha$ )	กรณีขนาน $\alpha = 1/2 RC$ กรณีอนุกรม $\alpha = R/2L$
ความถี่เชิงมุม เรโซแนนซ์ ( $\omega_0$ )	$\omega_0^2 = 1/LC$

รูปแบบของผลตอบสนองสัญญาณเข้าศูนย์ และผลตอบสนองสถานะศูนย์ของวงจร RLC ขึ้นอยู่กับค่า  $\alpha^2 - \omega_0^2$  ซึ่งเป็นไปได้ 3 แบบแสดงดังตารางที่ 4

### ตารางที่ 4 รูปแบบ และเงื่อนไขของผลตอบสนองสัญญาณเข้าศูนย์

รูปแบบ	เงื่อนไข	สมบัติของผลตอบสนอง
หน่วงเกิน	$\omega_0^2 < \alpha^2$	แรงดันหรือกระแสจะเข้าสู่ค่าสุดท้ายโดยไม่มีการแกว่งค่า
หน่วงขาด	$\omega_0^2 > \alpha^2$	แรงดันหรือกระแสจะแกว่งค่ารอบๆ ค่าสุดท้าย
หน่วงวิกฤต	$\omega_0^2 = \alpha^2$	แรงดันหรือกระแสจะอยู่ในสภาวะคงที่เกือบจะแกว่งค่ารอบๆ ค่าสุดท้าย

สมการของผลตอบสนองสัญญาณเข้าศูนย์ของวงจรอันดับสองมีรูปแบบดังตารางที่ 5

### ตารางที่ 5 รูปแบบและสมการผลตอบสนองสัญญาณเข้าศูนย์

รูปแบบ	สมการผลตอบสนองสัญญาณเข้าศูนย์ และสมการเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์
หน่วงเกิน	$x(t) = A_1 e^{s_1 t} + A_2 e^{s_2 t}$
	$x(0^+) = A_1 + A_2, \frac{dx(0^+)}{dt} = s_1 A_1 + s_2 A_2$
หน่วงขาด	$x(t) = B_1 e^{-\alpha t} \cos \omega_d t + B_2 e^{-\alpha t} \sin \omega_d t$ เมื่อ $\omega_d = \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2}$
	$x(0^+) = B_1, \frac{dx(0^+)}{dt} = -\alpha B_1 + \omega_d B_2$
หน่วงวิกฤต	$x(t) = D_1 t e^{-\alpha t} + D_2 e^{-\alpha t}$
	$x(0^+) = D_2, \frac{dx(0^+)}{dt} = D_1 - \alpha D_2$

โดยที่  $x(0^+)$  แทนค่าเริ่มต้นของผลตอบสนอง และ  $\frac{dx(0^+)}{dt}$  แทนค่าเริ่มต้นของอนุพันธ์อันดับหนึ่งของผลตอบสนอง

สมการของผลตอบสนองสัญญาณสถานะศูนย์ของวงจรอันดับสองมีรูปแบบดังตารางที่ 6

### ตารางที่ 6 รูปแบบและสมการผลตอบสนองสัญญาณสถานะศูนย์

รูปแบบ	สมการผลตอบสนองสัญญาณเข้าศูนย์ และสมการเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์
หน่วงเกิน	$x(t) = X_s + A_1' e^{s_1 t} + A_2' e^{s_2 t}$
	$x(0^+) = X_s + A_1' + A_2'$ $\frac{dx(0^+)}{dt} = s_1 A_1' + s_2 A_2'$
หน่วงขาด	$x(t) = X_s + B_1' e^{-\alpha t} \cos \omega_d t + B_2' e^{-\alpha t} \sin \omega_d t$
	$x(0^+) = X_s + B_1', \frac{dx(0^+)}{dt} = -\alpha B_1' + \omega_d B_2'$
หน่วงวิกฤต	$x(t) = X_s + D_1' t e^{-\alpha t} + D_2' e^{-\alpha t}$
	$x(0^+) = X_s + D_2', \frac{dx(0^+)}{dt} = D_1' - \alpha D_2'$

โดยที่  $X_s$  แทนค่าสุดท้ายของผลตอบสนอง  
ผลตอบสนองบริบูรณ์ของวงจรอันดับสอง RLC  
สามารถหาได้จากผลรวมของผลตอบสนองสัญญาณ  
เข้าสู่ศูนย์กับผลตอบสนองสถานะศูนย์

### 3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน  
ได้แก่ การพัฒนาซอฟต์แวร์ และการนำซอฟต์แวร์ไป  
ประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอน สามารถอธิบายได้ดังนี้

#### 3.1 การพัฒนาซอฟต์แวร์

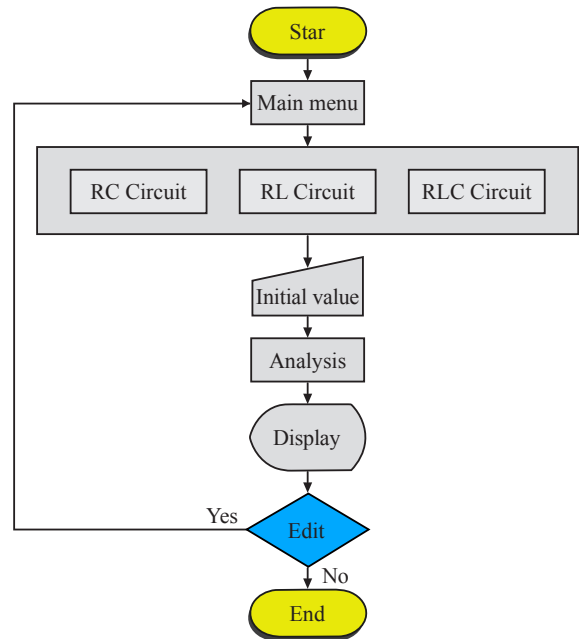
ขั้นตอนในการพัฒนาซอฟต์แวร์ประกอบไปด้วย 6  
ขั้นตอน [9] ดังนี้

1) วิเคราะห์ความต้องการของซอฟต์แวร์ โดยการ  
วิเคราะห์ทฤษฎีของวงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่งและวงจรไฟฟ้า  
อันดับสอง ประกอบด้วยส่วนของข้อมูลนำเข้า (Input)  
วิธีการคำนวณ (Process) และผลลัพธ์ที่ให้ซอฟต์แวร์  
แสดงผล (Output)

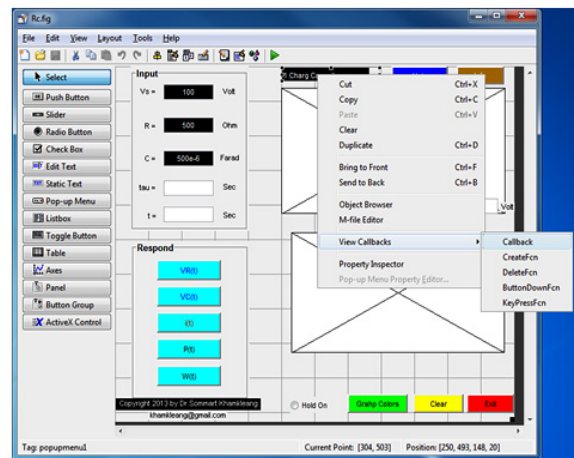
2) ออกแบบอัลกอริทึม โดยการนำข้อมูลที่ได้จาก  
การวิเคราะห์ความต้องการ มาเขียนเป็นกระบวนการ  
ในการทำงานของซอฟต์แวร์ แสดงดังรูปที่ 3

จากรูปที่ 3 กระบวนการทำงานของซอฟต์แวร์  
จะเริ่มต้นจากหน้าต่างเมนูหลัก (Main Menu) ที่ประกอบ  
ไปด้วยปุ่มเชื่อมโยงไปยังหน้าต่างการวิเคราะห์วงจร RC  
วงจร RL และวงจร RLC ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าเริ่มต้น  
(Initial Value) ได้ตามต้องการ หลังจากนั้นซอฟต์แวร์  
จะทำการวิเคราะห์ (Analysis) โดยใช้สมการต่างๆ  
ที่กล่าวไว้ข้างต้น และจะทำการแสดงผล (Display)  
ซึ่งสามารถแก้ไขค่าเริ่มต้น และเลือกค่าการแสดงผลได้  
ตามต้องการ

3) เขียนซอฟต์แวร์โดยใช้จ็อยโอของแมทแล็บ  
เป็นฐานในการพัฒนา ซึ่งประกอบด้วยส่วนติดต่อกับ  
ผู้ใช้งาน (Graphic User Interface: GUI) และในส่วนของ  
การประมวลผลจะเขียนอัลกอริทึมโดยใช้เอ็มไฟล์ (m-file)  
จากสมการทางคณิตศาสตร์ แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 กระบวนการทำงานของซอฟต์แวร์



```
=====start=====
global frc
mfc_get(hObject,'value');
hh=findobj(gcf,'Tag','edit4');
vs=get(hh,'string');

if isempty(vs)
    vs=100;
else
    vs=str2double(get(hh,'string'));
end
```

รูปที่ 4 ตัวอย่างการเขียนซอฟต์แวร์โดยใช้จ็อยโอของ  
แมทแล็บ

4) ทดสอบซอฟต์แวร์ในระหว่างการเขียน และทำการปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่มีข้อผิดพลาด ในส่วนของการเชื่อมโยง และการส่งข้อมูลสำหรับใช้ในการประมวลผล หลังจากนั้นทำการทดสอบโดยทำการวิเคราะห์ผลตอบสนองของวงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่ง และวงจรไฟฟ้าอันดับสอง และเปรียบเทียบกับตัวอย่างจากหนังสือ และตำรา ทำการปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่ซอฟต์แวร์ทำงานผิดพลาด

5) จัดทำคู่มือการใช้งานโปรแกรม และทำเป็นไฟล์นามสกุล .pdf แล้วนำไปเชื่อมต่อไว้ที่ปุ่มให้ความช่วยเหลือ (Help) ของโปรแกรม

6) จัดทำซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นให้อยู่ในรูปแบบของไฟล์นามสกุล .exe ที่สามารถลงในคอมพิวเตอร์ (Install) โดยไม่ต้องใช้โปรแกรมเมทแปลัปมาเป็นฐานในการเรียกใช้งาน หลังจากนั้นบรรจุลงในแผ่นซีดี พร้อมกับคู่มือการใช้งาน ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านทำการทดสอบ และประเมินผลความเหมาะสม

### 3.2 การประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอน

3.2.1 กำหนดแบบแผนการทดลองคือ One-group Pretest-posttest Design [11] ซึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้

โดยที่ Pr คือการสอบก่อนที่จะจัดกระทำทดลอง

Op คือการจัดกระทำ

Po คือการสอบหลังจากที่จัดกระทำทดลอง

3.2.2 กำหนดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยโดยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจงได้แก่ นักศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ภาคเรียนที่ 2/2556 จำนวน 28 คน ตามสภาพจริง

3.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น ร่วมกับใบเนื้อหา ใบกิจกรรม และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยที่แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีค่าเท่ากับ 0.8

3.2.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการนำเครื่องมือ

การวิจัยที่พัฒนาขึ้นไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน ทำการสอนตามแผนการสอน ในเนื้อหา เรื่องวงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่ง และวงจรไฟฟ้าอันดับสอง ตามลำดับ หลังจากนั้นทำการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $S.D.$ ) และค่าประสิทธิภาพของเมกยูแกนส์ [11] จากสูตร

$$MR = \frac{M_2 - M_1}{P - M_1} + \frac{M_2 - M_1}{P}$$

เมื่อ  $MR$  คือประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของเมกยูแกนส์

$M_1$  คือคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบก่อนเรียน

$M_2$  คือคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบหลังเรียน

$P$  คือคะแนนเต็มของแบบทดสอบ

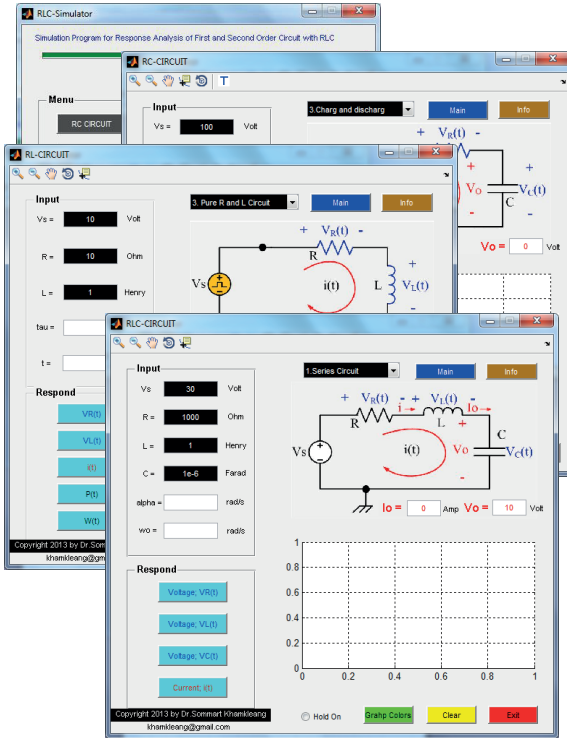
ค่าอัตราส่วนที่ได้จากสูตรนี้ จะมีช่วงอยู่ระหว่าง 0-2 ถ้าค่าที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 1 ถือว่าได้เกณฑ์มาตรฐาน

### 4. ผลการวิจัย

#### 4.1 ผลการพัฒนาและทดสอบคุณภาพของซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยหน้าต่างเมนูหลัก หน้าต่างวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่ง RC หน้าต่างวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่ง RL และหน้าต่างวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าอันดับสอง RLC แสดงดังรูปที่ 5

จากตารางที่ 7 เป็นผลการประเมินซอฟต์แวร์จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่าความเหมาะสมของซอฟต์แวร์ด้านโครงสร้างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.48 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.54 ด้านการใช้งานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.48 และด้านการนำไปใช้ประกอบการสอนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.52 ซึ่งในภาพรวมซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด การทดสอบคุณภาพของซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น จะทำการเปรียบเทียบผลการ



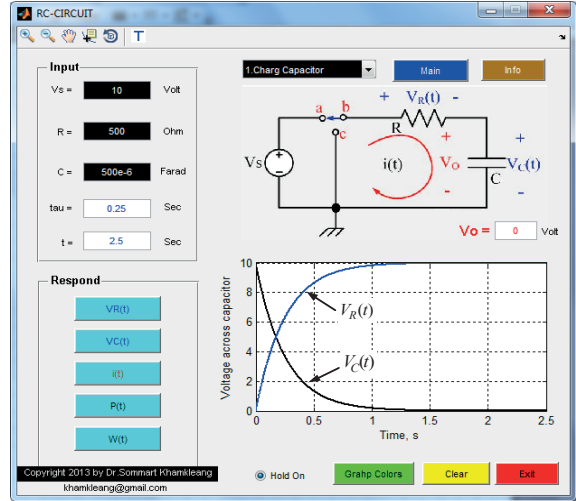
รูปที่ 5 ซอฟต์แวร์การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่ง และวงจรไฟฟ้าอันดับสอง

จำลองกับโปรแกรม PSpice A/D Student

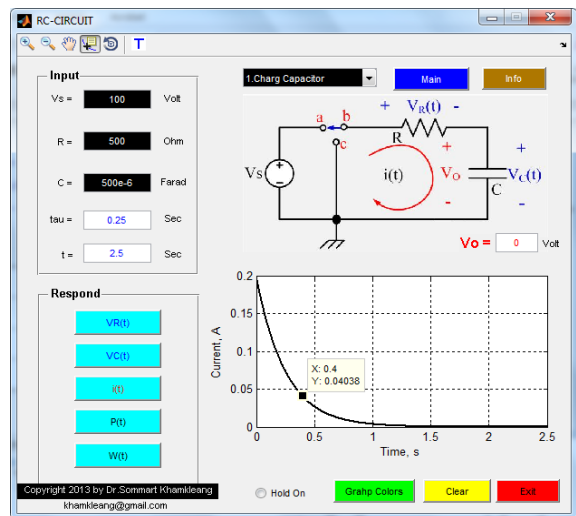
ตารางที่ 7 ผลการประเมินซอฟต์แวร์

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ด้านโครงสร้าง	4.48	0.54	มาก
ด้านการใช้งาน	4.50	0.48	มากที่สุด
ด้านการนำไปใช้ประกอบการสอน	4.54	0.52	มากที่สุด
รวม	4.51		มากที่สุด

ตัวอย่างแรกเป็นการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่งในช่วงการสะสมพลังงานในวงจร RC โดยกำหนดให้แรงดันที่แหล่งกำเนิด ( $V_s$ ) = 10 V,  $R$  = 500  $\Omega$ ,  $C$  = 500  $\mu F$  และ  $V_C(t) = 0$  V ที่เวลา  $t = 0$  ผลการจำลองสถานะชั่วครู่



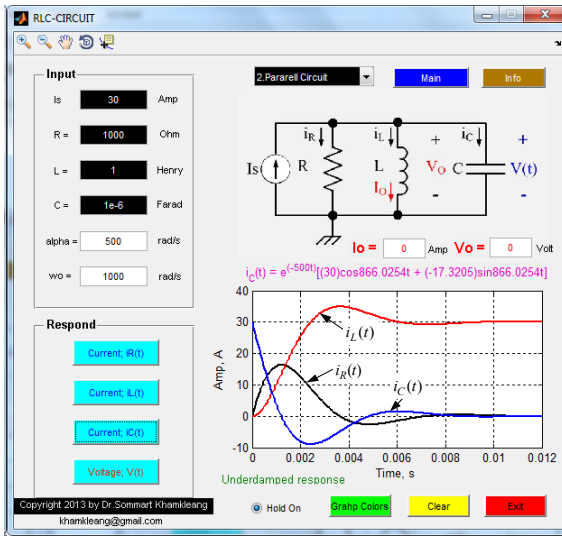
รูปที่ 6 ผลการจำลองสถานะชั่วครู่ของแรงดัน  $V_R(t)$ ,  $V_C(t)$  ในวงจร RC



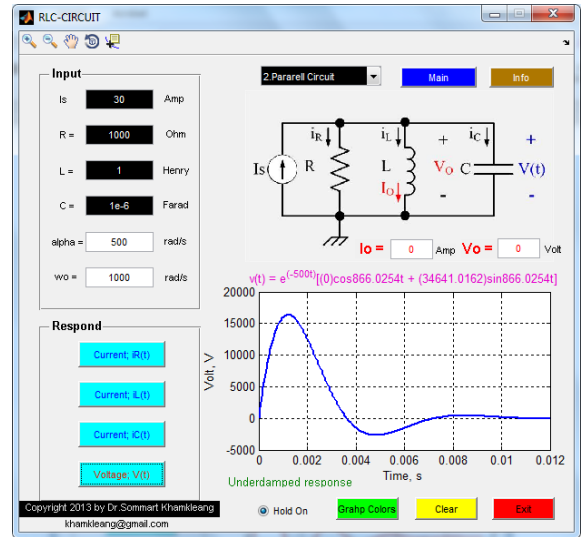
รูปที่ 7 ผลการจำลองสถานะชั่วครู่ของกระแส  $i(t)$  ในวงจร RC

ของแรงดัน  $V_R(t)$ ,  $V_C(t)$  แสดงดังรูปที่ 6 และผลการจำลองสถานะชั่วครู่ของกระแส แสดงดังรูปที่ 7 การเปรียบเทียบผลการคำนวณของซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นกับโปรแกรม PSpice แสดงดังตารางที่ 8 ซึ่งมีผลการคำนวณสอดคล้องกัน มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด 0.76%





รูปที่ 8 ผลการจำลองกระแส  $i_R(t)$ ,  $i_L(t)$  และ  $i_C(t)$  ของวงจร RLC แบบขนาน



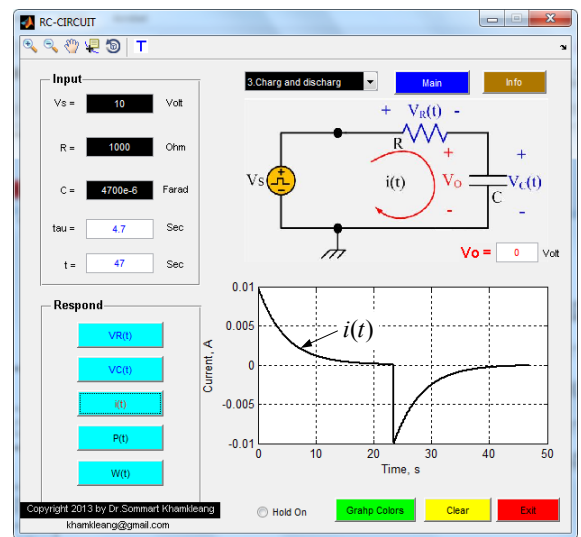
รูปที่ 9 ผลการจำลองแรงดัน  $v(t)$  ของวงจร RLC แบบขนาน

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบผลการคำนวณของซอฟต์แวร์กับโปรแกรม PSpice

Time	$i(t)$ mA		$V_C(t)$ V	
	PSpice	P-RLC	PSpice	P-RLC
0	200	200	0	0
0.2	91.234	90.540	54.526	55.070
0.4	40.549	40.380	79.789	79.810
0.6	18.022	18.140	91.018	90.930
0.8	8.009	8.060	96.008	95.920
1	3.560	3.540	98.220	98.170

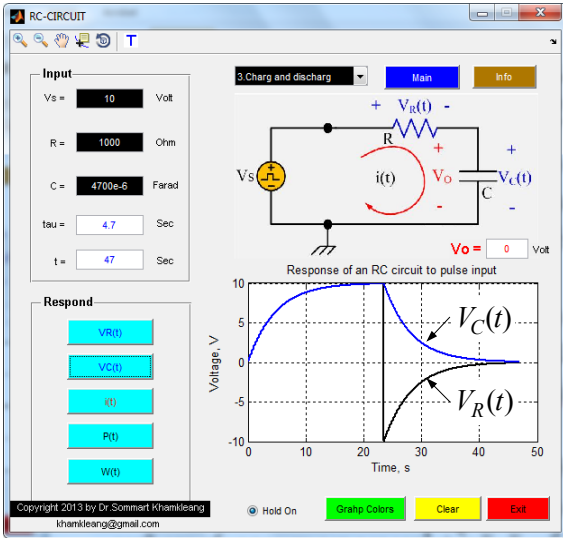
ตัวอย่างที่สองเป็นการวิเคราะห์ห้วงจรลำดับสอง RLC ต่อแบบขนาน กำหนดค่าแหล่งกำเนิดกระแส ( $I_s$ ) = 30 A,  $R = 1\text{K}\Omega$ ,  $L = 1\text{H}$ ,  $C = 1\ \mu\text{F}$  โดยให้วิเคราะห์หาค่ากระแส  $i_R(t)$  และแรงดัน  $v(t)$  ที่เวลาตั้งแต่ 0–25 วินาที ผลการจำลองกระแส  $i_R(t)$ ,  $i_L(t)$  และ  $i_C(t)$  แสดงดังรูปที่ 8 และผลการจำลองแรงดัน  $v(t)$  รูปที่ 9

ผลการจำลองผลตอบสนองของแรงดันและกระแสที่เกิดขึ้นในวงจรจะมีลักษณะแบบหน่วงขาด (Under Damped Response) เพราะค่าของควมถี่เนเปอร์ ( $\alpha$ ) มีค่าน้อยกว่าความถี่เชิงมุมเรโซแนนซ์ ( $\omega_0$ ) ผลการตอบสนองของแรงดันและกระแสจะแกว่งรอบๆ ค่าสุดท้ายตรงตามทฤษฎี



รูปที่ 10 ผลการจำลองของกระแส  $i(t)$  ในวงจร RC กรณีแหล่งกำเนิดเป็น Unit Step Function

ตัวอย่างที่สามเป็นการวิเคราะห์ห้วงจร RC ที่มีแหล่งกำเนิดแบบ Unit step Function กำหนดค่าแหล่งกำเนิดแรงดัน ( $V_s$ ) = 10V,  $R = 1\text{K}\Omega$ ,  $C = 4,700\ \mu\text{F}$  ทำการวิเคราะห์หาค่ากระแสและแรงดันที่เวลาตั้งแต่ 0–47 วินาที ผลการจำลองกระแสแสดงดังรูปที่ 10 และผลการจำลอง



รูปที่ 11 ผลการจำลองของกระแส  $V_R(t)$ ,  $V_L(t)$  ในวงจร RC กรณีแหล่งกำเนิดเป็น Unit Step Function

แรงดันแสดงดังรูปที่ 11 ซึ่งมีผลการคำนวณสอดคล้องกับทฤษฎี

#### 4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์

จากตารางที่ 9 พบว่ากลุ่มตัวอย่าง จำนวน 28 คน ทำแบบทดสอบก่อนเรียนได้ถูกต้องเฉลี่ย ( $M_1$ ) 5.57 และ ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ถูกต้องเฉลี่ย ( $M_2$ ) 30.91 ของคะแนนเต็ม ( $P$ ) 40 คะแนน และเมื่อคำนวณหาประสิทธิภาพ โดยใช้สูตรการหาประสิทธิภาพของเมกยูแกนส์ ( $MR$ ) มีค่าเท่ากับ 1.03 ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานของเมกยูแกนส์

ตารางที่ 9 ผลการหาประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์

รายการ	$P$	$M_1$	$M_2$	$MR$
คะแนนจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน	40	5.57	-	1.03
คะแนนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน	40	-	30.91	

## 5. สรุปและอภิปรายผล

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ซอฟต์แวร์สำหรับวิเคราะห์ผลตอบสนองของวงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่งและวงจรไฟฟ้าอันดับสองเบื้องต้น มีผลการคำนวณถูกต้องตรงตามทฤษฎีและโปรแกรม PSpice A/D Student มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 1%

5.1.2 ซอฟต์แวร์สำหรับวิเคราะห์ผลตอบสนองของวงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่งและวงจรไฟฟ้าอันดับสองเบื้องต้น มีผลการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.51$ )

5.1.3 ซอฟต์แวร์สำหรับวิเคราะห์ผลตอบสนองของวงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่งและวงจรไฟฟ้าอันดับสองเบื้องต้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของเมกยูแกนส์ ( $MR = 1.03$ )

ดังนั้นสรุปได้ว่าซอฟต์แวร์สำหรับการศึกษาที่พัฒนาขึ้น สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนเรื่องการวิเคราะห์ผลตอบสนองของวงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่งและวงจรไฟฟ้าอันดับสองเบื้องต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### 5.2 อภิปรายผล

จากผลการวิจัยพบว่าผลการคำนวณของซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมีค่าถูกต้องตรงตามทฤษฎี และโปรแกรม PSpice A/D Student เพราะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทฤษฎีการวิเคราะห์ผลตอบสนองของวงจรอันดับหนึ่งและวงจรอันดับสอง จากสมการทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อน มาเชื่อมโยงสู่ผลตอบสนองทางกายภาพของวงจร และนำไปสู่การพัฒนาซอฟต์แวร์ตามขั้นตอนการพัฒนาอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้ซอฟต์แวร์ มีความเหมาะสมเมื่อผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมากที่สุด

เมื่อนำซอฟต์แวร์ไปหาประสิทธิภาพ ผลการวิจัยพบว่า ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของเมกยูแกนส์ ( $MR = 1.03$ ) เนื่องมาจากการจัดการเรียนการสอนโดยการนำซอฟต์แวร์เข้าไปช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดี จะทำให้ผู้เรียนมีความคงทนต่อความรู้ที่ได้รับจากการเรียนรู้ทั้งในชั้นเรียน



และนอกชั้นเรียน โดยเฉพาะเนื้อหาที่ซับซ้อน มีสมการคณิตศาสตร์มากมาย จึงทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนมีค่าสูงกว่าก่อนเรียน และเมื่อนำคะแนนดังกล่าวมาหาค่าประสิทธิภาพ ทำให้ได้ค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของเมทริกซ์

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งนี้ คือ 1) การพัฒนาซอฟต์แวร์ควรมีการจัดเตรียมตัวแปร (Variable) ที่ใช้ในการเขียนซอฟต์แวร์ให้เป็นระบบ เพราะจะทำให้ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถเรียกใช้ข้อมูลในตัวแปรต่างๆ ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ และ 2) การนำซอฟต์แวร์ไปใช้ในการเรียนการสอนเมื่อผู้สอนให้เนื้อหาเสร็จเรียบร้อยแล้วควรมีการออกแบบกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีการศึกษาด้วยตนเองโดยใช้สื่อซอฟต์แวร์เป็นหลัก เพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษาข้อมูลนอกเหนือจากเนื้อหาในชั้นเรียน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป 1) ควรมีการพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับวิเคราะห์ผลตอบสนองของวงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่งและวงจรไฟฟ้าอันดับสองให้สามารถวัดค่าผลตอบสนองของวงจรจริง และแสดงผลตอบสนองที่ตัวซอฟต์แวร์แบบเวลาจริง (Real Time) และ 2) เนื่องจากการพัฒนาซอฟต์แวร์ในงานวิจัยนี้ยังไม่ครอบคลุมวงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่งและวงจรไฟฟ้าอันดับสองที่มีความซับซ้อน ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการพัฒนาซอฟต์แวร์ให้สามารถวิเคราะห์ผลตอบสนองของวงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่งและวงจรไฟฟ้าอันดับสองที่มีความซับซ้อน โดยที่ผู้ใช้สามารถออกแบบวงจรได้ตามความต้องการ เพื่อเป็นประโยชน์กับการเรียนรู้วงจรใหม่ๆ และช่วยประหยัดงบประมาณในการซื้อซอฟต์แวร์ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

#### เอกสารอ้างอิง

[1] Allan H. Robbins and Wilhelm C. Miller, *Circuit Analysis Theory and Practice*, 5th ed., DELMAR CENGAGE Learning, 2013.  
[2] H. Jr. William, Jack E. Kemmerly, and Steven M. Durbin, *Engineering Circuit Analysis*, 7th ed.,

McGraw-Hill, 2007.

- [3] Charles K. Alexander and Matthew N.O. Sadiku, *Fundamentals of Electric Circuit*, 2nd ed., McGraw-Hill, 2004.  
[4] D. A. Fares, S. I. Khaddaj, M. K. Joujou, and K.Y. Kabalan, "A Learning Approach to circuitry Problems Using MatLab and Pspice," in *Global Engineering Education Conference*, 2012 IEEE, 17–20 April 2012, pp. 1–5.  
[5] J. Gati and G. Kartyas. "Virtual Classrooms for Robotics and other Engineering Applications," in *Robotics in Alpe-Adria-Danube Region (RAAD)*, 2010 IEEE 19th International Workshop on, 24–26 June 2010, pp. 481–486.  
[6] Z. Raud and V. Vodovozov, "Virtual Lab to Study Power Electronic Converters," in *Power Electronics Electrical Drives Automation and Motion (SPEEDAM)*, 2010 International Symposium on, 14–16 June 2010, pp. 703–708.  
[7] L.M, Menendez, A. Salaverria, E. Mandado, and J.G. Dacosta, "Virtual Electronics Laboratory: A new tool to improve Industrial Electronics Learning," in *IEEE Industrial Electronics, IECON 2006*, 32nd Annual Conference on, 6–10 Nov. 2006, pp. 5445–5448.  
[8] K.G. Brandisky, K.P. Stanchev, I.I. Iacheva, R.D. Stancheva, S.K. Petrakieva, S.D. Terzieva, and V.M. Mladenov, "Computer-Aided Education in Theoretical Electrical Engineering at the Technical University of Sofia," in *Part II, Computer as a Tool, EUROCON 2005. The International Conference on*, vol. 1, Nov. 21–24, 2005, pp. 768–771.  
[9] Lesley A. Robertson, *Simple Program Design, Step-by-Step Approach*, 5th ed., Cengage



- Learning, 2006.
- [10] S. Khamkleang and S. Akatimagool, "Microwave Filter Education Supported by Wave Iterative Simulation Program," in *Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology*, ECTI-CON 2008, Krabi, May 2008, pp. 277–280.
- [11] S. Khamkleang and S. Akatimagool. "Microwave Planar Circuit Design Tool in the teaching of Microwave Engineering," in *Electrical Engineering/ Electronics, Computer, in Telecommunications and Information Technology 2009*, ECTI-CON 2009. 6th International Conference on, May 2009, vol. 2, pp. 830–833.