



## รายงานการวิจัย

### การพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์ระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้า โดยใช้จีบีอุของแมทแล็บ

The Development of Control System Analysis Program in the Work of  
Electrical Engineering by using MATLAB GUI



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมมารถ ขำเกลี้ยง

รายงานวิจัยฉบับนี้ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณกองทุนวิจัย  
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

พ.ศ. 2559

<b>ชื่องานวิจัย</b>	การพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์ระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้าโดยใช้จี้ยู Ioขององแมทแล็ป
<b>ผู้วิจัย</b>	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมมารถ ขำเกลี่ยง
<b>คณะ</b>	เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
<b>ปี</b>	2559

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์ระบบควบคุมเบื้องต้นในงานวิศวกรรมไฟฟ้าโดยใช้ฟังก์ชันจี้ยู Ioขององแมทแล็ป สภาพแวดล้อมในการพัฒนาโปรแกรมจะทำตามอัลกอริทึมการทำงาน โดยการเขียนเอ็มไฟล์ฟังก์ชันร่วมกับฟังก์ชันเชิงวัตถุ การพัฒนาโปรแกรมประกอบด้วย 5 ขั้นตอนได้แก่ 1) ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา 2) ขั้นตอนการออกแบบ 3) ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม 4) ขั้นตอนการทดสอบและแก้ไขโปรแกรม และ 5) ขั้นตอนการจัดทำเอกสารและคู่มือการใช้งาน ผลของงานวิจัยสรุปได้ว่า โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถวิเคราะห์ระบบควบคุมเบื้องต้น โดยสามารถจำลองกราฟการตอบสนองช่วงขณะ การฟอกฟิลเตอร์ภาพของระบบควบคุม และผลตอบสนองในโอดเมนความถี่แบบโนบเด้ได้ถูกต้อง



1142786

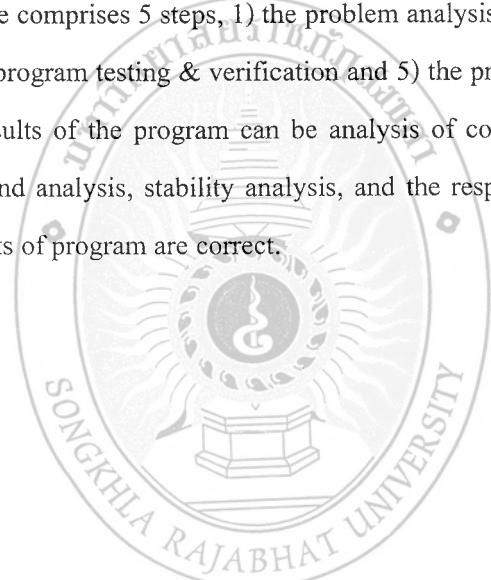
005.133

X167

<b>Research Title</b>	The Development of Control System Analysis Program in the Work of Electrical Engineering by using MATLAB GUI
<b>Researcher</b>	Assistance Professor Dr.Sommart Khamkleang
<b>Faculty</b>	Industrial Technology
<b>Year</b>	2016

### **Abstract**

This research describes about the development of basic control system analysis program in the work of electrical engineering by using function GUI of MATLAB. Environment of program will follow the algorithm, written by m-file functions with object function. The development of program are comprises 5 steps, 1) the problem analysis, 2) the program design, 3) the program coding 4) the program testing & verification and 5) the program documentation. The research found that the results of the program can be analysis of control system basic, by can simulate of transient respond analysis, stability analysis, and the response in frequency domain Bode. The simulation results of program are correct.



## กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยจำนวน 60,000 บาท จากกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา หมายเลข 9/2559 ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณมา ณ ที่นี่ด้วย

ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณท่านอาจารย์ ดร.วิชาญ เพชรทอง อารย์ ดร.กัณฑกณ มະหาหมัด และผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพบูลย์ คงเรือง ผู้เชี่ยวชาญที่ให้คำปรึกษาที่แนะนำ และยังช่วยแก้ไขในส่วนของรายละเอียดต่างๆ ให้เกิดความเข้าใจและชัดเจนตลอดระยะเวลาในการดำเนินงาน

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ผู้เป็นเจ้าของตำรา หนังสือ และงานวิจัยที่ช่วยเอื้อประโยชน์ในด้านข้อมูลอ้างอิงจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ทางผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ผู้เป็นเจ้าของตำราไว้ด้วยความยินดีเป็นอย่างยิ่ง พร้อมทั้งหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลจากการวิจัยในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์เพื่อให้ผู้ที่สนใจได้นำไปใช้งาน

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ในการทำวิจัยจนบรรลุผลตามที่ตั้งไว้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมมารถ นำเกดีย়

สิงหาคม 2560



## สารบัญ

	หน้า
<b>บทคัดย่อภาษาไทย</b>	๑
<b>บทคัดย่อภาษาอังกฤษ</b>	๒
<b>กิตติกรรมประกาศ</b>	๓
<b>สารบัญ</b>	๔
<b>สารบัญตาราง</b>	๕
<b>สารบัญรูป</b>	๖
<b>บทที่ ๑ บทนำ</b>	๑
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	๑
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	๒
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	๒
ขอบเขตการวิจัย	๒
นิยามศัพท์เฉพาะ	๓
<b>บทที่ ๒ ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	๔
ทฤษฎีระบบควบคุม	๔
การพัฒนาโปรแกรม	๑๑
โปรแกรม MATLAB	๑๒
การจัดลำดับ Tab และແນວມູນເຄື່ອງນິ້ອ	๔๓
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	๕๑
<b>บทที่ ๓ วิธีดำเนินการวิจัย</b>	๕๔
การวิเคราะห์ปัญหา	๕๔
การออกแบบโปรแกรม	๕๕
การเขียนโปรแกรม	๖๑
การทดสอบและแก้ไขโปรแกรม	๙๒
การจัดทำเอกสารและคู่มือการใช้งาน	๙๒

<b>บทที่ 4 ผลการวิจัย</b>	93
ผลการพัฒนาโปรแกรม	93
ผลการทดสอบคุณภาพของโปรแกรม	96
ผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้เชี่ยวชาญ	107
<b>บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล</b>	108
สรุปผลการวิจัย	108
อภิปรายผลการวิจัย	109
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	111
<b>ภาคผนวก ก</b>	114
คู่มือการใช้งานโปรแกรม	115
<b>ภาคผนวก ข</b>	131
แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญ	132
<b>ภาคผนวก ค</b>	134
บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์	135



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4-1 คุณลักษณะของผลตอบสนองชั้วขั้นของระบบควบคุมอันดับสอง ที่เปลี่ยนแปลงตามอัตราการหน่วงของระบบ	101
4-2 ผลการประเมินโปรแกรมจากผู้เชี่ยวชาญ	107



## สารบัญ

รูปที่	หน้า
2-1 บล็อก ไคโอด์แกรมของระบบควบคุมอันดับหนึ่ง	5
2-2 บล็อก ไคโอด์แกรมของระบบควบคุมอันดับสอง	7
2-3 หน้าต่าง โปรแกรม MATLAB	15
2-4 หน้าต่าง GUIDE	17
2-5 หน้าต่างสำหรับเลือกสร้าง GUI ใหม่	18
2-6 หน้าต่าง Preferences	18
2-7 หน้าต่างการสร้าง GUI ที่แสดงรายชื่อของวัตถุต่าง ๆ	19
2-8 หน้าต่าง GUIDE เลือกวัตถุในเมนู	20
2-9 หน้าต่างการบันทึกของ GUI	20
2-10 หน้าต่างไฟล์ ex_gui.m	21
2-11 หน้าต่าง ex_gui มีนามสกุล .fig	21
2-12 การเปลี่ยนแปลงค่าคุณสมบัติของวัตถุ	22
2-13 การสร้างฟังก์ชันเรียกกลับมาด้วย GUIDE	24
2-14 เมนูย่อซึ่งเป็นรายการของฟังก์ชันเรียกกลับทั้งหมดของปุ่ม Push Button	24
2-15 เมนูย่อซึ่งเป็นรายการของฟังก์ชันเรียกกลับทั้งหมดของ Edit Text	25
2-16 เขียนโปรแกรมเพื่อการเรียกกลับในปุ่ม Push Button	26
2-17 การเขียน GUI ด้วย Push Button และ Axes	27
2-18 เขียนโปรแกรมเพื่อการเรียกกลับใน Button Group	27
2-19 การเขียน GUI ด้วย Radio Button และ Button Group	28
2-20 การเพิ่ม Static Text ในหน้าต่าง GUI	29
2-21 เขียนคำสั่งเพื่อควบคุมการเรียกกลับในวัตถุ Edit Text	30
2-22 Edit Text และ Static Text	30
2-23 เขียนคำสั่งเพื่อควบคุมการเรียกกลับในวัตถุ Slider Bar	31
2-24 Slider bar และ static Text	32
2-25 เขียนคำสั่งเพื่อควบคุมการเรียกกลับในวัตถุ List Box	33
2-26 เขียนคำสั่งเพื่อควบคุมการเรียกกลับในวัตถุ Pop-up Menu	33
2-27 แสดงการแก้ไขคุณสมบัติ String	34
2-28 หน้าต่าง String สำหรับแก้ไขคุณสมบัติของ List Box	34
2-29 List Box กับ Pop-up Menu	35

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2-30 เขียนคำสั่งเพื่อควบคุมการเรียกกลับในวัตถุ Check Box	35
2-31 การทดสอบการทำงานของ Check Box	35
2-32 เขียนคำสั่งการใช้ KeyPress Fcn	38
2-33 ผลการรับค่าจากคีย์บอร์ด Alt จะแสดงที่ Static Text เป็น alt	38
2-34 เขียนคำสั่งการใช้ WindowButtonDownFcn	40
2-35 ผลการรัน gui ตามคำสั่งในรูปที่ 2-34	40
2-36 เขียนคำสั่งการใช้ WindowButtonMotionFcn	41
2-37 ผลการรัน gui ตามคำสั่งในรูปที่ 2-36	42
2-38 เขียนคำสั่งการใช้ WindowScrollWheelFcn	43
2-39 ผลการรัน gui ตามคำสั่งในรูปที่ 2-38	44
2-40 หน้าต่าง Tab Order Edition	44
2-41 หน้าต่าง Menu Editor ในส่วนของ Menu Bar	45
2-42 การสร้างเมนู File	46
2-43 การสร้างเมนูย่อย New	46
2-44 การเขียนคำสั่งเพื่อให้เมนูย่อย New ทำงาน	47
2-45 ผลการรัน gui และเลือก File<New ที่เมนูบาร์	47
2-46 หน้าต่าง Menu Editor ในส่วนของ Context Menus	48
2-47 การสร้างเมนู Show, Load และ Inverse	48
2-48 หน้าต่าง Inspector: figure(ex_gui)	49
2-49 การเขียนคำสั่งสำหรับเมนู Load	49
2-50 การเขียนคำสั่งสำหรับเมนู Inverse	50
2-51 แสดงภาพเมื่อคลิกขวาแล้วเลือกเมนู Load	50
2-52 แสดงภาพเมื่อคลิกขวาแล้วเลือกเมนู Inverse	51
3-1 ผังงานการทำงานของโปรแกรมวิเคราะห์ระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้า	58
3-2 ผังงานการทำงานของโปรแกรมหน้าต่างหลัก	62
3-3 ผลการเขียนโปรแกรมหน้าต่างหลัก	63
3-4 โค้ดการเชื่อมต่อภาระระบบควบคุมของโปรแกรมหน้าต่างหลัก	64

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3-5 โคล์ดการเชื่อมต่อให้ผู้ใช้งานเลือกวงจรควบคุมแบบต่าง ๆ ได้แก่ วงจรควบคุมอันดับหนึ่ง วงจรควบคุมอันดับสอง การออกแบบและวิเคราะห์วงจรควบคุม ของโปรแกรมหน้าต่างหลัก	65
3-6 ผังงานการทำงานของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับหนึ่ง	66
3-7 โปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับหนึ่ง	67
3-8 โคล์ดการเชื่อมต่อภาระแบบควบคุมของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับหนึ่ง	68
3-9 โคล์ดการเชื่อมต่อการจำลองผลตอบสนองชั่วขณะ ของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับหนึ่ง	68
3-10 โคล์ดการเชื่อมต่อการจำลองผลตอบสนองตามความถี่แบบโนเด ของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับหนึ่ง	69
3-11 โคล์ดการเชื่อมต่อการจำลองผลตอบสนองแบบไนคิวสต์ ของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับหนึ่ง	70
3-12 โคล์ดการเชื่อมต่อการจำลองผลตอบสนองแบบเส้นทางเดินของรถ ของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับหนึ่ง	70
3-13 โคล์ดเปลี่ยนสีของเส้นกราฟของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับหนึ่ง	71
3-14 โคล์ดการลบกราฟผลตอบสนองของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับหนึ่ง	71
3-15 ผังการทำงานของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับสอง	72
3-16 โปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับสอง	73
3-17 โคล์ดการเชื่อมต่อภาระแบบควบคุมของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับสอง	74
3-18 โคล์ดการเชื่อมต่อการจำลองผลตอบสนองชั่วขณะ ของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับสอง	74
3-19 โคล์ดการเชื่อมต่อการจำลองผลตอบสนองตามความถี่แบบโนเด ของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับสอง	76
3-20 โคล์ดการเชื่อมต่อการจำลองผลตอบสนองแบบไนคิวสต์ ของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับสอง	76
3-21 โคล์ดการเชื่อมต่อการจำลองผลตอบสนองแบบเส้นทางเดินของรถ ของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับสอง	77
3-22 โคล์ดเปลี่ยนสีของเส้นกราฟของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับสอง	77

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3-23 โศกการลบกราฟผลตอบสนองของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับสอง	78
3-24 ผังการทำงานของโปรแกรมออกแบบและวิเคราะห์ฟังก์ชัน	79
3-25 โปรแกรมออกแบบและวิเคราะห์ฟังก์ชัน	80
3-26 โศกการเชื่อมต่อการจำลองผลตอบสนองชั่วขณะ ของโปรแกรมออกแบบและวิเคราะห์ฟังก์ชัน	80
3-27 โศกการเชื่อมต่อการจำลองผลตอบสนองตามความถี่แบบโนเบค ของโปรแกรมโปรแกรมออกแบบและวิเคราะห์ฟังก์ชัน	83
3-28 โศกการเชื่อมต่อการจำลองผลตอบสนองแบบในคิวิสต์ ของโปรแกรมออกแบบและวิเคราะห์ฟังก์ชัน	86
3-29 โศกการเชื่อมต่อการจำลองผลตอบสนองแบบเส้นทางเดินของราก ของโปรแกรมออกแบบและวิเคราะห์ฟังก์ชัน	89
3-30 โศกการลบกราฟผลตอบสนองของโปรแกรมออกแบบและวิเคราะห์ฟังก์ชัน	92
4-1 หน้าต่างเมนูหลักของโปรแกรมวิเคราะห์ระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้า	94
4-2 หน้าต่างของโปรแกรมวิเคราะห์ระบบควบคุมอันดับหนึ่ง	95
4-3 หน้าต่างของโปรแกรมวิเคราะห์ระบบควบคุมอันดับสอง	95
4-4 หน้าต่างของโปรแกรมออกแบบและวิเคราะห์ฟังก์ชัน	96
4-5 หน้าต่างของโปรแกรมวิเคราะห์ฟังก์ชัน	96
4-6 ผลการจำลองผลตอบสนองชั่วขณะของระบบควบคุมอันดับหนึ่ง	97
4-7 ผลตอบสนองตามความถี่แบบโนเบคของระบบควบคุมอันดับหนึ่ง	98
4-8 ผลตอบสนองแบบในคิวิสต์ของระบบควบคุมอันดับหนึ่ง	99
4-9 ผลตอบสนองแบบเส้นทางเดินของราก (Root Locus Plot) ของระบบควบคุมอันดับหนึ่ง	100
4-10 ผลตอบสนองชั่วขณะของระบบควบคุมอันดับสอง ที่เปลี่ยนแปลงตามอัตราการหน่วงของระบบ	101
4-11 ผลตอบสนองตามความถี่แบบโนเบคของระบบควบคุมอันดับสอง ที่เปลี่ยนแปลงตามอัตราการหน่วงของระบบ	102
4-12 ผลตอบสนองแบบในคิวิสต์ของระบบควบคุมอันดับสอง ที่เปลี่ยนแปลงตามอัตราการหน่วงของระบบ	103
4-13 ผลตอบสนองแบบเส้นทางเดินของรากของระบบควบคุมอันดับสอง	104

## สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า	
รูปที่	
4-14 ผลตอบส่องชั่วขณะที่เวลา (t) 0 ถึง 10 วินาที ของระบบควบคุมอันดับ 5	105
4-15 ผลตอบสนองในโอดเมนความถี่แบบบิโอดของระบบควบคุมอันดับ 5	106
4-16 ผลการหาเสถียรภาพด้วยวิธีการ ในคิวสต์ของระบบควบคุมอันดับ 5	107
4-17 ผลการหาเสถียรภาพด้วยวิธีการเส้นทางเดินของรากของระบบควบคุมอันดับ 5	107
5-1 สรุปผลการพัฒนาโปรแกรม	110



## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันนี้ระบบควบคุมได้เข้ามายึด主导ทบทวนสำคัญต่อการพัฒนาความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยี และในชีวิตประจำวัน ได้แก่ระบบควบคุมในเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะอยู่ควบคุมอุณหภูมิกายในห้องให้คงที่ อีกทั้งในอุตสาหกรรม ได้มีการนำระบบควบคุมอัตโนมัติไปใช้ควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ควบคุมการทำงานของเครื่องจักร เป็นต้น [1] ซึ่งการวิเคราะห์ระบบควบคุมอันดับหนึ่ง จะใช้การหาความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอินพุตกับสัญญาณเอาต์พุตของระบบ จะใช้สัญญาณมาตรฐานทดสอบระบบ และกำหนดให้ค่าเงื่อนไขเริ่มต้นเป็นศูนย์ หลังจากนั้นทำการแปลงลาปลาซ และลาปลาซผกผันเพื่อหาค่าสมการผลตอบสนองของระบบ โดยที่การวิเคราะห์ระบบควบคุมอันดับสองเป็นต้นไป การวิเคราะห์คุณสมบัติของระบบ จะพิจารณาในเทอมของตัวแปรสองตัวคืออัตราการหน่วงของระบบ ( $\zeta$ ) และความเร็วเชิงมุมในการแกว่งตามธรรมชาติ ( $\omega_n$ ) และจะต้องทำการแปลงลาปลาซ และลาปลาซผกผันเพื่อหาค่าสมการผลตอบสนองของระบบ เช่นเดียวกัน [2] การทำให้ระบบมีเสถียรภาพเป็นเรื่องที่สำคัญยิ่งของระบบควบคุม ดังนั้นผู้ออกแบบจึงมีความจำเป็นต้องหาวิธีการวิเคราะห์และออกแบบให้ระบบควบคุมเป็นระบบที่มีเสถียรภาพมากที่สุด โดยวิธีวิเคราะห์หาเสถียรภาพของระบบสามารถทำได้โดยใช้วิธีการต่างๆ ได้แก่ วิธีการทดสอบแบบไนคิวท์ (Nyquist Stability Criterion) วิธีการทดสอบแบบเส้นทางเดินของราก (Root Locus) และวิธีวิกฤตของเร้าท์ไฮร์วิช (Routh – Hurwitz Criterion) [3]

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าวิเคราะห์ระบบควบคุมมีความซับซ้อนในการคำนวณหาค่าต่างๆ และต้องใช้ระยะเวลาเป็นอย่างมาก การแก้ปัญหาวิธีการหนึ่งในปัจจุบันคือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาคำนวณ [4]-[5] โดยใช้โปรแกรมต่างๆ เช่น ไมโครซอฟต์เอ็กเซล (Microsoft Excel) เมธแอล (Matlab), Visual C# หรือ โปรแกรมที่ออกแบบมาเฉพาะทาง โปรแกรมที่นิยมนำมาใช้สำหรับวิเคราะห์งานทางด้านวิศวกรรม ได้แก่ โปรแกรมเมธแอล เพราะใช้งานง่าย มีความสะดวกในการพัฒนาเป็นโปรแกรมประยุกต์ จากการเป็นมาและความสำคัญของปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ระบบควบคุมเบื้องต้นสำหรับงานทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าโดยใช้พัฟ์ชันจีบุ๊ก ของเมธแอลต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 เพื่อพัฒนาโปรแกรมประยุกต์เพื่อช่วยในการวิเคราะห์วิศวกรรมระบบควบคุมโดยใช้ฟังชันจีบี ของแมทแล็บ
- 1.2.2 ทดสอบคุณภาพของโปรแกรมประยุกต์เพื่อช่วยในการวิเคราะห์วิศวกรรมระบบควบคุมโดยใช้ฟังชันจีบี ของแมทแล็บ

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 สามารถนำโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการออกแบบระบบควบคุมที่ซับซ้อนได้อย่างถูกต้อง สะดวก และรวดเร็ว และสามารถพัฒนาในการนำไปใช้งานทางด้านวิศวกรรมระบบควบคุมในเชิงพาณิชย์ได้ ตลอดจนผลของงานวิจัยสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมคำนวณทางคณิตศาสตร์ โดยวิธีการอื่น ๆ

1.3.2 สามารถนำโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อเป็นสื่อการเรียนรู้ของนักศึกษา และนักวิจัยในการวิเคราะห์วิศวกรรมระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้า และยังสามารถนำไปพัฒนาเป็นงานวิจัยต่อไปในอนาคต

1.3.3 สามารถนำผลงานงานวิจัยไปตีพิมพ์เผยแพร่ในงานประชุมวิชาการ วารสารวิชาการในระดับชาติและระดับนานาชาติ เพื่อเผยแพร่และส่งเสริมให้นักวิจัยและผู้ที่สนใจนำผลการวิจัยไปใช้ในการพัฒนาหรือใช้ประโยชน์ต่อไป

## 1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ใช้การประมวลผลภายใน ให้การทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ MATLAB เป็นโปรแกรมหลัก

1.4.2 ประสิทธิภาพของโปรแกรมประยุกต์เพื่อช่วยในการวิเคราะห์วิศวกรรมระบบควบคุม ในงานวิศวกรรมไฟฟ้าที่สร้างขึ้นกับผลทางทฤษฎี

1.4.3 เนื้อหาของวิศวกรรมระบบควบคุมที่นำมาสร้างโปรแกรมประกอบด้วย

- 1) ระบบควบคุมอันดับหนึ่ง
- 2) ระบบควบคุมอันดับสอง
- 3) การออกแบบและวิเคราะห์ฟังชันถ่ายโอน

4) การวิเคราะห์หาเสถียรภาพของระบบควบคุม

### 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 การพัฒนาโปรแกรม คือ การใช้กระบวนการพัฒนาโปรแกรมอย่างเป็นระบบประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ปัญหา 2) ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรม 3) ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม 4) ขั้นตอนการทดสอบและแก้ไขโปรแกรม และ 5) ขั้นตอนการจัดทำเอกสารและคู่มือการใช้งาน

1.5.2 ประสิทธิภาพของโปรแกรม คือ ผลของการทดสอบโปรแกรมวิเคราะห์วิศวกรรมระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้าที่สร้างขึ้น กับผลการคำนวณทางทฤษฎี

1.5.3 ระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้า คือ การควบคุมวงจรไฟฟ้า ให้มีค่าเอาต์พุตที่ต้องการ โดยการป้อนค่าอินพุตที่เหมาะสมสมให้กับระบบ



## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

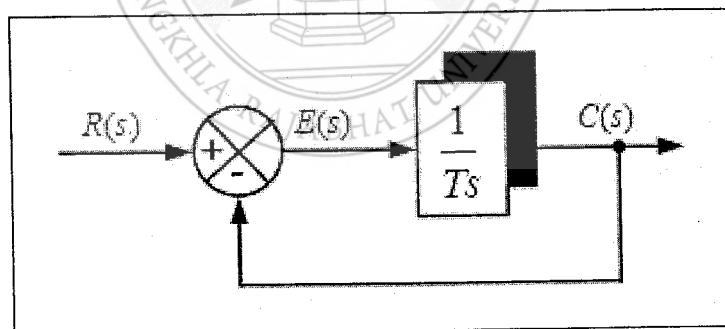
ในบทที่ 2 จะกล่าวถึงทฤษฎีที่นำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์ระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้าโดยใช้จัญโภของแมทแล็บ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากหนังสือต่างๆ [2]-[3] มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 2.1 ทฤษฎีระบบควบคุม

##### 2.1.1 ระบบควบคุมอันดับหนึ่ง

พิจารณาจากรูปที่ 2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอินพุตกับสัญญาณเอาต์พุตของระบบ เป็นดังนี้

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{1}{Ts + 1} \quad (1)$$



รูปที่ 2-1 บล็อกไซด์แกรมของระบบควบคุมอันดับหนึ่ง

การวิเคราะห์ผลตอบสนองของระบบ จะใช้สัญญาณมาตรฐานทดสอบระบบ โดยจะใช้สัญญาณระดับ (unit-step) สัญญาณลาด (unit-ramp) และสัญญาณอิมพลัส (Impulse) เป็นสัญญาณอินพุตและกำหนดให้ค่าเงื่อนไขเริ่มต้นเป็นศูนย์

เมื่อทำการแปลงลาปลาชสัญญาณอันดับหนึ่งจะได้  $R(s) = \frac{1}{s}$  จากสมการที่ (1) เวียนผลตอบสนองของสัญญาณเอต์พุต ได้เป็น

$$C(s) = \frac{1}{s} \cdot \frac{1}{Ts + 1} \quad (2)$$

แปลงลาปลาชผกผันสมการที่ (2) จะได้

$$c(t) = 1 - e^{\frac{-t}{T}} \quad (t \geq 0) \quad (3)$$

เมื่อ  $t = T$  สามารถเวียนสมการที่ (3) ได้เป็นดังนี้

$$c(T) = 1 - e^{-1} = 0.632 \quad (4)$$

และจากสมการที่ (3) สามารถเวียนสมการสัญญาณความคลาดเคลื่อน ได้ดังนี้

$$e(t) = e^{\frac{-t}{T}} \quad (5)$$

เมื่อทำการแปลงลาปลาชสัญญาณลากจะได้  $R(s) = \frac{1}{s^2}$  จากสมการที่ (1) เวียนผลตอบสนองของสัญญาณเอต์พุต ได้เป็น

$$C(s) = \frac{1}{s^2} - \frac{T}{s} \cdot \frac{T^2}{Ts + 1} \quad (6)$$

แปลงลาปลาชผกผันสมการที่ (6) จะได้

$$C(t) = 1 - T(1 - e^{\frac{-t}{T}}) \quad (t \geq 0) \quad (7)$$

และจากสมการที่ (7) สามารถเวียนสมการสัญญาณความคลาดเคลื่อน ได้ดังนี้

$$e(t) = T(1 - e^{\frac{-t}{T}}) \quad (8)$$

สำหรับสัญญาณอินพุตอิมพัลส์จะได้  $R(s) = 1$  จากสมการที่ (1) เวียนผลตอบสนองของสัญญาณเอาต์พุต ได้เป็น

$$C(s) = \frac{1}{Ts + 1} \quad (9)$$

แปลงลาปลาซผกพันสมการที่ (9) จะได้

$$c(t) = \frac{1}{T} - e^{\frac{-t}{T}} \quad (t \geq 0) \quad (10)$$

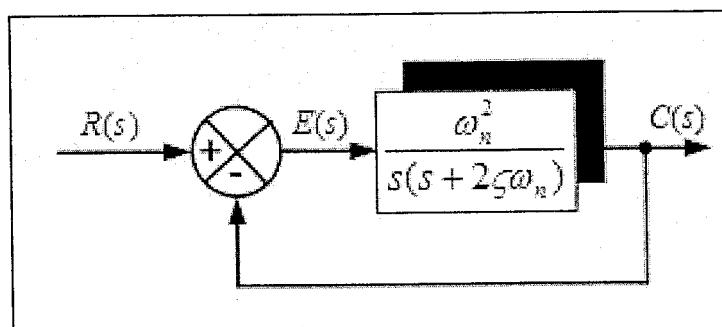
### 2.1.2 ระบบควบคุมอันดับสอง

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2-2 พังก์ชันถ่ายโอนแบบปิดของระบบควบคุมอันดับสองสามารถเขียนได้เป็นดังนี้

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad (11)$$

โดยที่  $\omega_n$  คือ ความเร็วเชิงมุมในการแก่วงตามธรรมชาติ

$\zeta$  คือ อัตราการหน่วงของระบบ



รูปที่ 2-2 บล็อกไซด์แกรมของระบบควบคุมอันดับสอง

การวิเคราะห์คุณสมบัติของระบบอันดับสอง จะพิจารณาในเทอมของตัวแปรสองตัวคือ  $\zeta$  และ  $\omega_n$  เมื่อสัญญาณอินพุตเป็นฟังก์ชันอันดับหนึ่ง มีค่า  $R(s) = \frac{1}{s}$  สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. กรณี  $0 < \zeta < 1$  เป็นระบบที่มีความหน่วงน้อย (Under Damped) จะได้สมการสัญญาณเอ้าต์พุตดังนี้

$$C(s) = \frac{\omega_n^2}{(s + \zeta\omega_n + j\omega_d)(s + \zeta\omega_n - j\omega_d)} \cdot \frac{1}{s} \quad (12)$$

โดยที่  $\omega_d$  คือ ความเร็วเชิงมุมในการแกว่งขณะระบบมีความถ่วงน้อย มีค่าเท่ากับ  $\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}$

2. กรณี  $\zeta = 1$  เป็นระบบที่มีความหน่วงวิกฤติ (Critical Damped) จะได้สมการแสดงการตอบสนองของระบบดังนี้

$$C(s) = \frac{\omega_n^2}{(s + \omega_n)^2} \cdot \frac{1}{s} \quad (13)$$

3. กรณี  $\zeta > 1$  เป็นระบบที่มีความหน่วงเกิน (Over Damped) จะได้สมการแสดงการตอบสนองของระบบดังนี้

$$C(s) = \frac{\omega_n^2}{(s + \zeta\omega_n + \omega_n\sqrt{\zeta^2 - 1})(s + \zeta\omega_n - \omega_n\sqrt{\zeta^2 - 1})s} \quad (14)$$

### 2.1.3 การวิเคราะห์หาเสถียรภาพของระบบควบคุม

วิธีการทดสอบแบบไนคิทช์ (Nyquist) เป็นวิธีที่ใช้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างจำนวนโพลและซีโร่ของฟังก์ชันถ่ายโอนแบบป้อนกลับ โดยการสังเกตพฤติกรรมจากกราฟไนคิทช์ของโพล ของฟังก์ชันถ่ายโอนแบบป้อนกลับจะเป็นรากของสมการคุณลักษณะ

วิธีการทดสอบแบบเส้นทางเดินของราก (Root Locus) เป็นการเขียนทางเดินของรากของสมการคุณลักษณะ เมื่อพารามิเตอร์ของระบบแปรค่าไปมากกว่าหนึ่ง เมื่อทางเดินของรากอยู่ทางครึ่งขวาของระนาบເອສ ระบบควบคุมแบบป้อนกลับจะไม่เสถียร

วิธีการทดสอบแบบโบเด (Bode) คือการพล็อตขนาดของฟังก์ชันถ่ายโอน (dB) เปรียบเทียบกับความถี่ (rad/s) และเฟสของฟังก์ชันถ่ายโอน (องศา) เปรียบเทียบกับความถี่ (rad/s) ลงในกราฟกึ่งลอการิทึม

$$\text{ตัวอย่างฟังก์ชันถ่ายโอน } H(\omega) = \frac{200j\omega}{(j\omega + 2)(j\omega + 10)}$$

ขนาดของฟังก์ชันถ่ายโอนในสเกลเดซิเบลคือ

$$\begin{aligned} H_{dB} &= 20 \log_{10} \left\{ \frac{200\omega}{(\sqrt{\omega^2 + 2^2})(\sqrt{\omega^2 + 10^2})} \right\} \\ &= 20 \log_{10}(200\omega) - 20 \log_{10} \left\{ (\sqrt{\omega^2 + 2^2})(\sqrt{\omega^2 + 10^2}) \right\} \\ &= 20 \log_{10}(200) + 20 \log_{10}(\omega) - 20 \log_{10}(\sqrt{\omega^2 + 2^2}) - 20 \log_{10}(\sqrt{\omega^2 + 10^2}) \end{aligned}$$

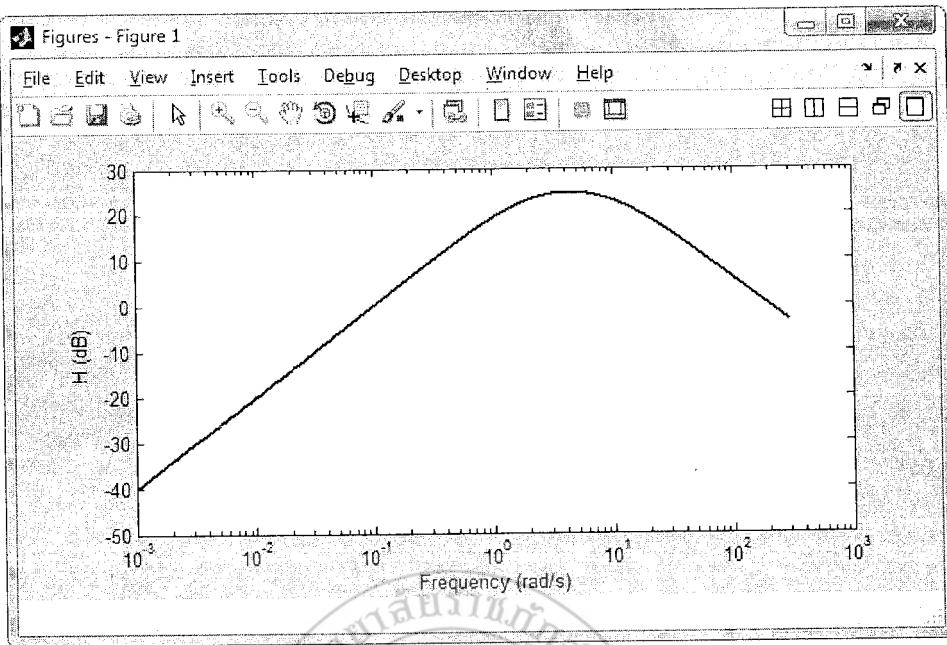
เฟสของฟังก์ชันถ่ายโอนคือ

$$\angle H = \angle(200j\omega) - \{\angle(j\omega + 2) + \angle(j\omega + 10)\} = 90^\circ - \tan^{-1}\left(\frac{\omega}{2}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{\omega}{10}\right)$$

การลงจุดโดยด้วยคำสั่งของ MATLAB สำหรับ “ขนาด” ใช้คำสั่งดังต่อไปนี้

```
w = 0:1e-3:300;
HdB = 20*log10(200)+20*log10(w)-20*log10(sqrt(w.^2+4))-20*log10(sqrt(w.^2+100));
semilogx(w,HdB);hold on
xlabel('Frequency (rad/s)')
ylabel('H (dB)')
```

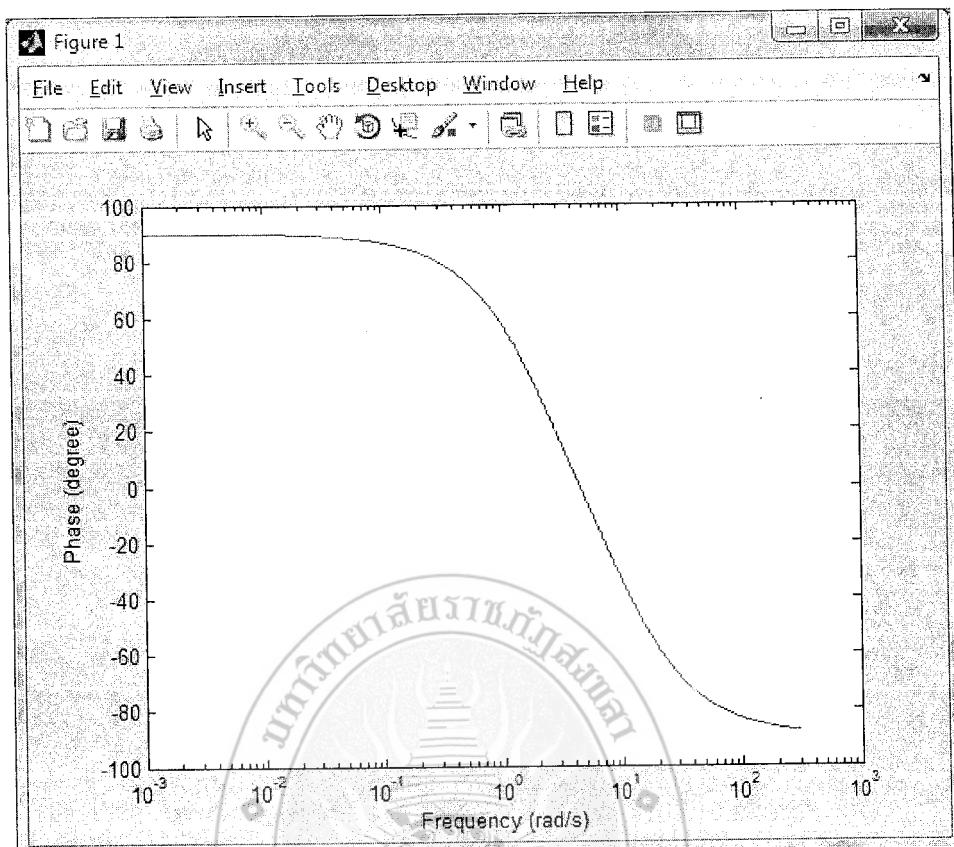
ผลลัพธ์ที่ได้คือ



การลงชุดโปรแกรมคำสั่งของ MATLAB สำหรับ “เฟส” ใช้คำสั่งดังต่อไปนี้

```
w = 0:1e-3:300;
phase = 90-(180/pi)*(atan(w/2)+atan(w/10));
semilogx(w,phase);hold on
xlabel('Frequency (rad/s)')
ylabel('Phase (degree)')
```

ผลลัพธ์ที่ได้คือ



การลงจุดโดยด้วยคำสั่งของ MATLAB สำหรับฟังก์ชันถ่ายโอน

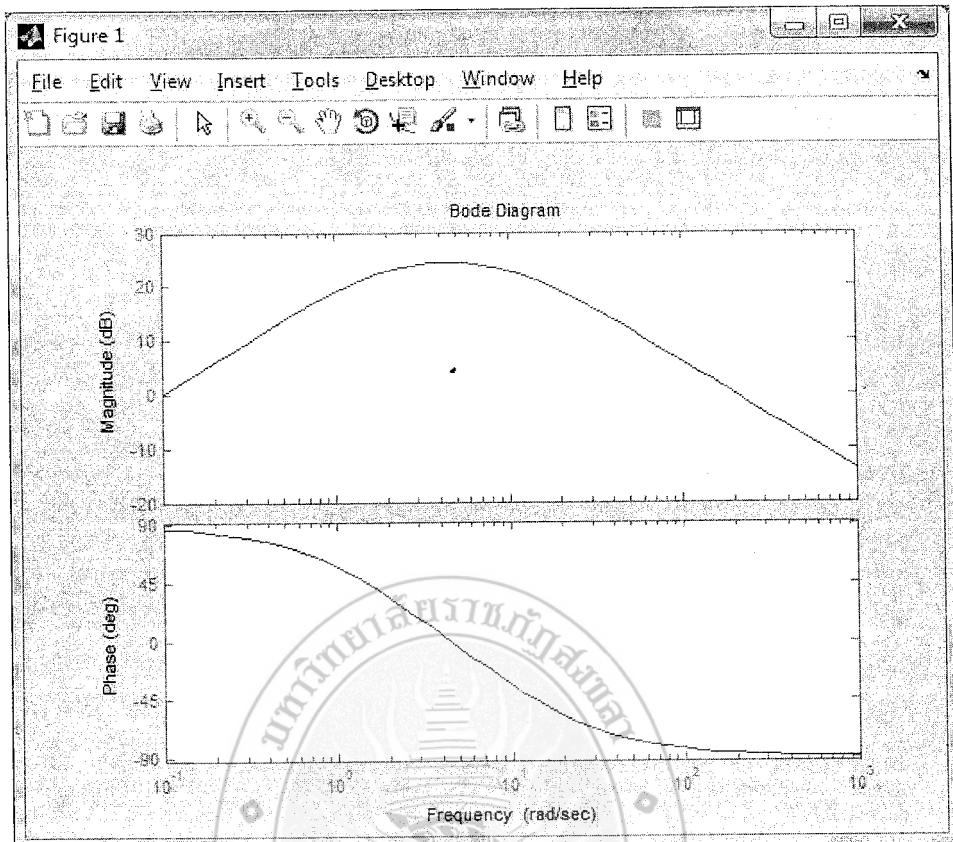
$$H(s) = H(\omega) \Big|_{j\omega} = \frac{200j\omega}{(j\omega + 2)(j\omega + 10)} \Big|_{j\omega} = \frac{200s}{s^2 + 12s + 20}$$

ใช้คำสั่ง

```
H = tf([200 0],[1 12 20]);
```

```
bode(H)
```

ผลลัพธ์ที่ได้คือ



วิธีการทดสอบผลตอบสนองเชิงเวลา (Transient Respond Analysis) การออกแบบระบบควบคุมจำเป็นที่จะต้องตรวจสอบผลตอบสนอง (Response) ของระบบต่อสัญญาณป้อนเข้าเพื่อทดสอบคุณสมบัติของระบบและผลตอบสนอง โดยป้อนสัญญาณที่รูปร่างแน่นอนเพื่อใช้เป็นสัญญาณอ้างอิงให้กับระบบแล้วจึงพิจารณาจากผลตอบสนองของระบบในโดเมนเวลา (Time Domain) เพื่อหาผลตอบสนองของระบบ (Transient Response) ความคลาดเคลื่อนในสภาวะคงที่ (Stedy - state error) และ เสถียรภาพของระบบ (Stability)

## 2.2 การพัฒนาโปรแกรม

ขั้นตอนในการพัฒนาโปรแกรม [6] มี 5 ขั้นตอน สามารถอธิบายในแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) การวิเคราะห์ปัญหา ในงานวิจัยนี้จะเป็นการพัฒนาโปรแกรมเพื่อนำไปแก้ปัญหาความยุ่งยากและลดต้นทุนในการจัดซื้อโปรแกรมมาใช้ในการวิเคราะห์ระบบควบคุมพื้นฐานในงานวิศวกรรมไฟฟ้า โดยที่ผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถเลือกวิเคราะห์ระบบควบคุมได้ตั้งแต่ระบบ

ควบคุมอันดับหนึ่ง ระบบควบคุมอันดับสอง การวิเคราะห์ฟังก์ชันถ่ายโอน การวิเคราะห์หาเสถียรภาพของระบบควบคุมด้วยวิธีการต่างๆ การป้อนอินพุตจะเป็นการป้อนจากแป้นพิมพ์เป็นตัวเลข และใช้การเลือกข้อความผ่านเข้าไปประมวลผลตามสมการทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการวิเคราะห์ในแต่ละระบบควบคุม ซึ่งผลลัพธ์จะแสดงในรูปของตัวเลข และเส้นกราฟ 2 มิติ

2) การออกแบบโปรแกรม จะใช้งานอธิบายลำดับขั้นตอนการทำงาน โดยเริ่มต้นการทำงานด้วยการเข้าสู่หน้าต่างโปรแกรมหลัก กำหนดชนิดของระบบควบคุม กำหนดค่าตัวแปรต่างๆ

3) การเขียนโปรแกรม โดยทำการสร้างส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (Graphic User Interface) หรือ GUI ในส่วนของการรับค่าทางอินพุตและการแสดงผลทางเอาต์พุต ในส่วนของการประมวลผลจะเขียนอัลกอริทึมโดยใช้เอ็มไฟล์ของโปรแกรม MATLAB® 2012a จากสมการทางคณิตศาสตร์ที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.1-2.3

4) การทดสอบและแก้ไขโปรแกรม เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของผลการคำนวณ เมื่อยกเทียบกับทฤษฎี แล้วตรวจสอบคุณภาพผลลัพธ์หลังจากนั้นทำการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรม

5) การจัดทำเอกสารและคู่มือการใช้งาน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ คู่มือสำหรับผู้ใช้โปรแกรม (User's Manual) และคู่มือสำหรับผู้เขียนโปรแกรม (Programmer's Manual) จัดทำไฟล์เป็นนามสกุล .pdf และทำการเชื่อมต่อไว้ที่ปุ่ม การใช้งาน ของโปรแกรม

### 2.3 โปรแกรม MATLAB

MATLAB [7], [8], [9] เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง เพื่อใช้ในการคำนวณทางเทคนิค MATLAB ได้รวมการคำนวณ การเขียนโปรแกรมและการแสดงผลรวมกันอยู่ในตัวโปรแกรมเดียว ได้อย่างมีประสิทธิภาพและอยู่ในลักษณะที่ง่ายต่อการใช้งาน นอกจากนี้ลักษณะของการเขียนสมการในโปรแกรมก็จะเหมือนการเขียนสมการคณิตศาสตร์งานที่ทั่วไปที่ใช้ MATLAB เช่น การคำนวณทั่วไปการสร้างแบบจำลองและการทดสอบแบบจำลอง การวิเคราะห์ข้อมูล การแสดงผลในรูปกราฟโดยทั่วไปและการฟทางด้านทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม สามารถสร้างโปรแกรมในลักษณะที่ติดต่อกับผู้ใช้งานกราฟฟิกถ้าการทำงานของ MATLAB จะสามารถทำงานได้ทั้งในลักษณะของการติดต่อโดยตรง (Interactive) คือการเขียนคำสั่งเข้าไปทีละคำสั่ง เพื่อให้ MATLAB ประมวลผล หรือสามารถที่จะรับรวมชุดคำสั่งเป็นโปรแกรมก็ได้ข้อสำคัญอย่างหนึ่งของ MATLAB ก็คือข้อมูลทุกตัวจะถูกเก็บในลักษณะของ array คือในแต่ละตัวแปรจะได้รับการแบ่งเป็นส่วนย่อยเด็กๆ ซึ่งการใช้ตัวแปรเป็น array ใน MATLAB ไม่จำเป็นที่จะต้องของ

dimension เมื่อกับการเขียนโปรแกรมในภาษาขึ้นตัวทั่วไป ซึ่งทำให้สามารถที่จะแก้ปัญหาของตัวแปรที่อยู่ในลักษณะของ matrix และ vector ได้โดยง่าย

สำหรับในปัจจุบันนี้ MATLAB ได้ถูกเขียนขึ้นโดยใช้ภาษา C โดยบริษัท MathWorks ภายใต้โครงการ LAPACK และ ARPACK ถ้าหากเราจะเรียนรู้จากโปรแกรมที่ออกแบบเพื่อเป็นครั้งแรกที่มีผู้ร่วมเขียนโปรแกรมไม่กี่คน จนกระทั่งทุกวันนี้มีทีมงานขนาดใหญ่ที่ทำงานในการพัฒนาโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งทำให้ทุกวันนี้ MATLAB เป็นโปรแกรมที่สุดยอดในการคำนวณที่คำนวณด้าน matrix สำหรับงานทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม โปรแกรมหนึ่งแสดงโปรแกรม

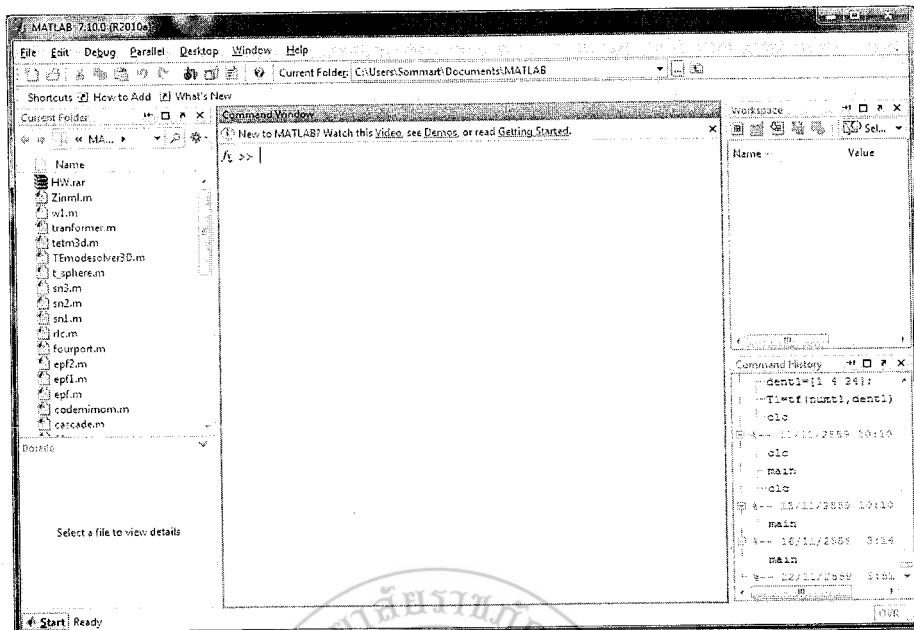
### 2.3.1 ประโยชน์ของ MATLAB

การพัฒนาโปรแกรมด้วย MATLAB มีความง่ายและเร็วกว่าภาษาอื่นๆ เพราะมีไลบรารีจำนวนมากรองรับและด้วยลักษณะการทำงานเชิงเมทริกซ์ทำให้เราสามารถจัดการกับอาร์เรย์ได้อย่างง่ายดาย โดยโปรแกรมส่วนใหญ่ที่ดี หมายความว่าการสร้าง ลดทอนของระเบียบวิธีใหม่ๆ รองรับการทำงานกับกราฟิกรวมถึง GUI ทำให้สะดวกในการป้อนค่าและแสดงผล นอกจากนี้ยังติดต่อ กับชาร์ดแวร์ และโปรแกรมภาษาอื่นๆ ได้ โดยความสามารถแบ่งเป็นประโยชน์ของ MATLAB ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. MATLAB เป็นเป็นโปรแกรมคำนวณ ที่รองรับเชิงตัวเลข (Numeric) เราสามารถใช้เป็นเครื่องคำนวณธรรมชาติ หรือใช้งานพื้นที่นักวิชาชีพคณิตศาสตร์ขั้นสูง ได้ เชิงสัญลักษณ์ (Symbolic) เราสามารถคำนวณในเชิงตัวแปรได้ เช่น การอินทิเกรต หรือการแก้สมการต่างๆ แบบติดตัวแปร

2. MATLAB สามารถเขียนเป็นโปรแกรมได้

สามารถเขียนได้ทั้งแบบ Script ซึ่งทำงานในลักษณะชุดคำสั่งต่อเนื่อง หรือเขียนเป็น Function เพื่อใช้งานก็ได้ สามารถใช้งานได้ทั้งแบบ interprets หรือ Compile โปรแกรม MATLAB ออกมากลไนเดอร์ทั้งแบบ Standalone หรือ Library เช่น .exe หรือ .dll เป็นต้น มี GUI รองรับโดยสามารถเขียนได้ทั้งแบบใช้ GUIDE (คล้าย Visual Basic) หรือแบบไม่ใช้ก็ได้ รองรับการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุทั้งคลาสของ MATLAB เอง หรือคลาสของภาษาอื่น เช่น Java หรือ .NET สามารถ Debug โปรแกรมได้ และในส่วนการติดต่อกับภาษาอื่นๆ สามารถ Compile ไปเพื่อทำการ Debug ในโปรแกรมอื่น เช่น Visual Studio ได้ด้วยแสดงดังรูปที่ 2-3



รูปที่ 2-3 หน้าต่างโปรแกรม MATLAB

3. MATLAB สามารถติดต่อ หรือใช้งานร่วมกับโปรแกรมภาษา อาาร์ดแวร์ หรือแฟ้มข้อมูลรูปแบบต่างๆ ได้ สามารถเชื่อมต่อกับภาษา หรือโปรแกรมอื่นๆ ได้ เช่น Java, C/C++, .NET, MS Excel โดย เราอาจให้โปรแกรมหลักเขียนโดย MATLAB และเรียกใช้งานภาษาอื่น หรือให้ภาษาอื่นเป็นโปรแกรมหลักแล้วเรียกใช้งาน MATLAB ก็ได้ สามารถอ่านหรือเขียนแฟ้มข้อมูลสื่อสารแบบมาตรฐานได้ เช่น ข้อมูลความรู้ ภาพ เสียง วิดีโอ เป็นต้น

### 2.3.2 การติดตั้งโปรแกรม MATLAB

ก่อนที่เราจะติดตั้ง MATLAB เราต้องเลือกรุ่นที่ตรงตามความต้องการของเราก่อน โดยอันดับแรกคือ ระบบปฏิบัติการ ซึ่ง MATLAB นั้นรองรับทั้ง Unix, Linux, Mac OS, และ MS Windows

สำหรับระบบปฏิบัติการ Unix หรือ Linux เราสามารถใช้งานแบบ Command Line ผ่าน Console ปกติ หรือใช้งาน GUI ผ่าน X-window ก็ได้

หลังจากเลือกรอบปฏิบัติการแล้ว ให้เรามาเลือกว่าต้องการใช้ MATLAB แบบ 32 บิต หรือ 64 บิต ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอาาร์ดแวร์ของเราด้วย

### 2.3.3 ความแตกต่างระหว่างรุ่น x86 กับ x64

ใน MATLAB R2009b นอกจากนี้จะมีให้เลือกใช้บนระบบปฏิบัติการหลากหลายแล้ว MATLAB ยังมีให้เราเลือกใช้อีก 2 รุ่น ได้แก่ รุ่น X86 กับ X64

สำหรับ รุ่น X86 หรือแบบ 32 บิต สามารถติดตั้งได้ทั้งระบบปฏิบัติการแบบ 32 และ 64 บิต ส่วนรุ่น X64 ซึ่งต้องติดตั้งบนระบบปฏิบัติการแบบ 64 บิต เท่านั้น

สำหรับความแตกต่างระหว่างระบบสองแบบนี้ จากประสบการณ์ของผู้เขียนพบว่า สิ่งที่เห็นได้ชัดเจนนี้ทั้งหมด 3 เรื่อง ได้แก่

1. เวลาในการประมวลผล ซึ่งจากการทดสอบของผู้เขียนพบว่า รุ่น X86 ทำงานได้เร็วกว่า รุ่น X64 เป็นส่วนใหญ่

2. หน่วยความจำที่สามารถใช้งานได้ รุ่น X64 สามารถใช้งานหน่วยความจำได้มากกว่า X86 อย่างเห็นได้ชัด ซึ่งดูเหมือนจะเป็นเหตุผลหลักที่ทำให้เราต้องใช้ รุ่น X64 สำหรับงานที่ใช้หน่วยความจำในการประมวลผลมาก ๆ เช่น งานด้านที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลสื่อผสม เป็นต้น

3. จำนวน Toolbox หรือ Block set ที่แตกต่างกัน โดยสำหรับ R2009b รุ่น X86 จะมี Toolbox หรือ Block set ครบแต่ในรุ่น X64 จะมีน้อยกว่าถึง 14 Toolbox

### 2.3.4 GUI ของโปรแกรม MATLAB

ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ (Graphical User interface, GUI) เป็นส่วนประกอบของโปรแกรมที่อยู่ระหว่างส่วนโปรแกรมหลักกับผู้ใช้ ช่วยเพิ่มความสมบูรณ์ และความสะดวกให้แก่ผู้ใช้งานมากขึ้น วัตถุประสงค์ GUI ใน MATLAB คือเป็นวัตถุชนิดหนึ่งภายใต้หน้าต่าง Figure ซึ่งสามารถเขียนได้ 2 รูปแบบคือ

**รูปแบบที่ 1** ใช้เครื่องมือช่วยในการเขียนใน MATLAB graphical User Interface Development Environment (GUIDE)

**รูปแบบที่ 2** ใช้ชุดคำสั่ง หรือฟังก์ชันในการสร้าง โดยไม่ใช้ GUIDE

ซึ่งในแบบแรกนั้นจะเขียนได้ง่ายกว่าและมีลักษณะคล้ายการเขียนโปรแกรมภาษาอื่น ๆ เช่น Visual Basic เป็นต้น แต่แบบที่สองจะมีความอิสระ และยืดหยุ่น ได้มากกว่าการสร้าง GUI ด้วย GUIDE MATLAB Graphical User Interface Development Environment (GUIDE) เป็นสภาพแวดล้อมที่จัดเตรียมเครื่องมือที่จำเป็นในการสร้าง GUI โดยเราสามารถเรียกหน้าต่าง GUIDE ขึ้นมาได้ 3 วิธีคือ

วิธีที่ 1 : จากปุ่ม GUIDE ในแถบเมนูหลักของหน้าต่าง MATLAB

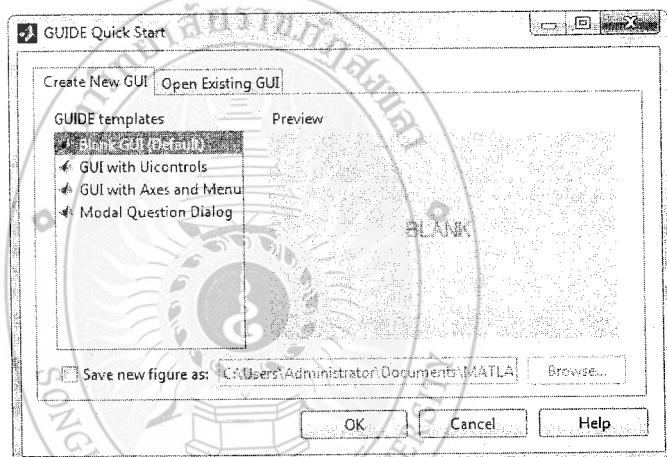
วิธีที่ 2 : จากภายในปุ่มเริ่ม (Start > MATLAB > GUI)

วิธีที่ 3 : จากคำสั่ง guide ที่ Command Window

### 2.3.5 การเรียกใช้งาน GUI

การเรียกใช้งาน GUI จะทำได้ทั้ง 3 วิธีที่กล่าวมาข้างต้น ในหัวข้อนี้จะเรียกใช้งาน GUI โดยใช้วิธีที่ 3 ดังนี้

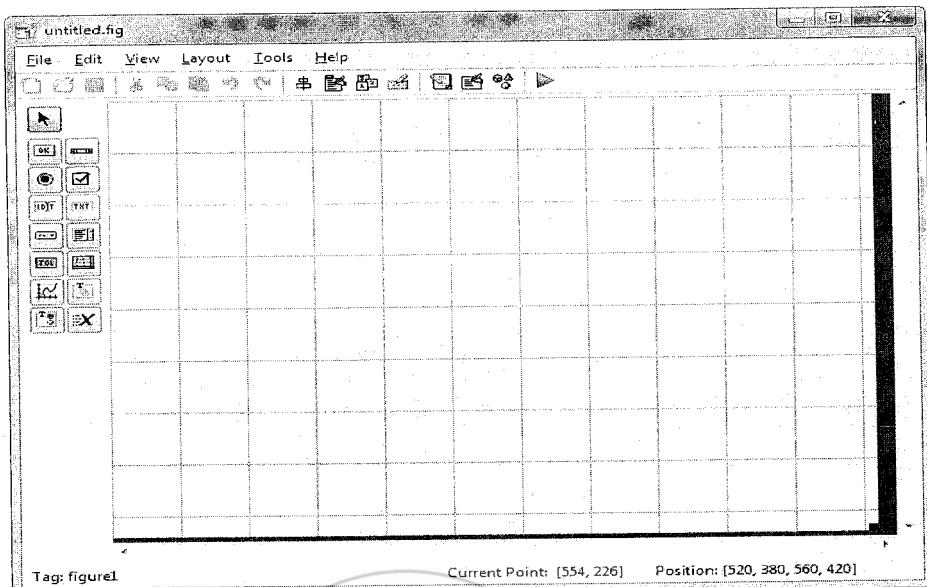
1) เมื่อพิมพ์คำสั่ง guide ที่ Command Window หน้าต่าง GUIDE จะปรากฏขึ้นมา แสดงดังรูปที่ 2-4



รูปที่ 2-4 หน้าต่าง GUIDE

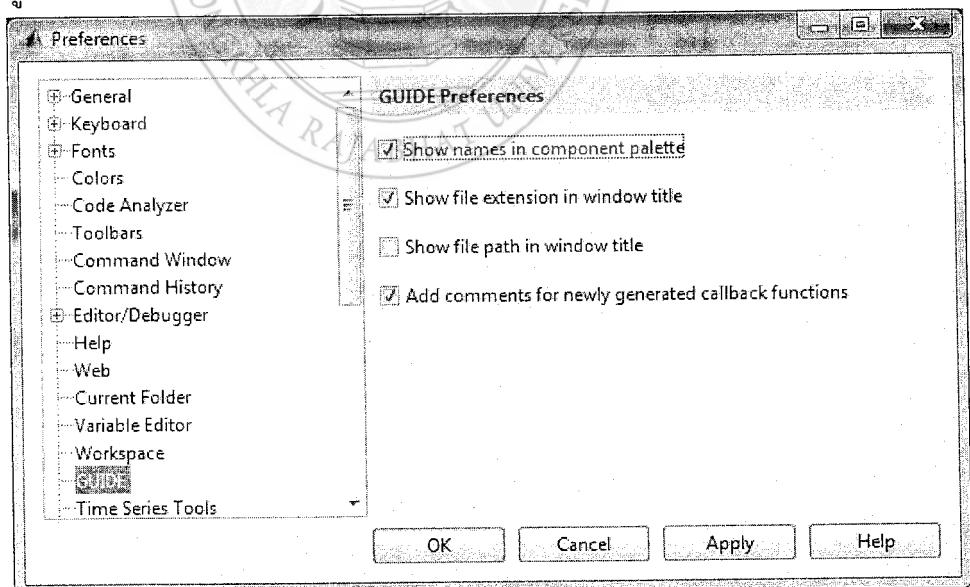
2) ในหน้าต่าง GUIDE Quick Start เป็นหน้าต่างสำหรับเลือกสร้าง GUI ใหม่ หรือเปิด GUI เดิมที่เคยสร้างไว้แล้วในที่นี่เราจะสร้าง GUI แบบว่างเปล่า โดยให้เลือก Blank GUI (Default) อย่าง

3) ในภาพเหล้าคลิกปุ่ม OK จะปรากฏหน้าต่างใหม่พร้อมเครื่องมือในการสร้าง GUI แสดงดังรูปที่ 2-5

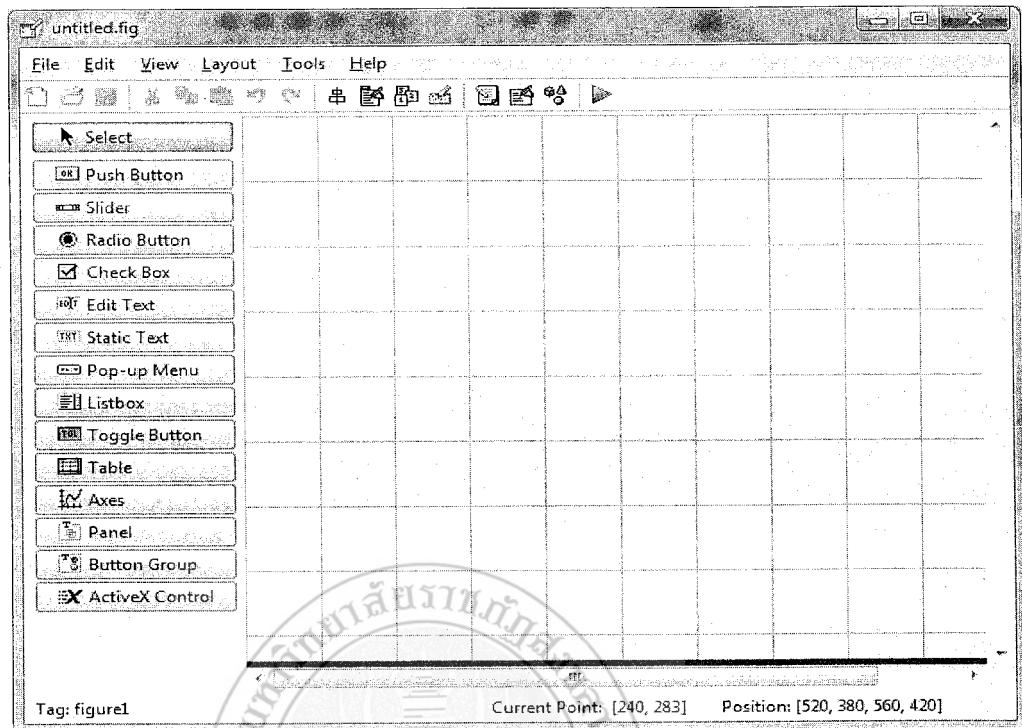


รูปที่ 2-5 หน้าต่างสำหรับเดี๋ยอกสร้าง GUI ใหม่

จากหน้าต่างในรูปที่ 2-5 ให้คลิกเดี๋ยอก File > Preferences จะปรากฏหน้าต่าง Preferences แสดงดังรูปที่ 2-6 และทำการคลิก  ที่ Show names in component Palate เลือกคลิก OK จะทำให้วัตถุที่จะนำมาสร้างเป็นส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานแสดงรายชื่อ แสดงดังรูปที่ 2-7



รูปที่ 2-6 หน้าต่าง Preferences



รูปที่ 2-7 หน้าต่างการสร้าง GUI ที่แสดงรายชื่อของวัตถุต่างๆ

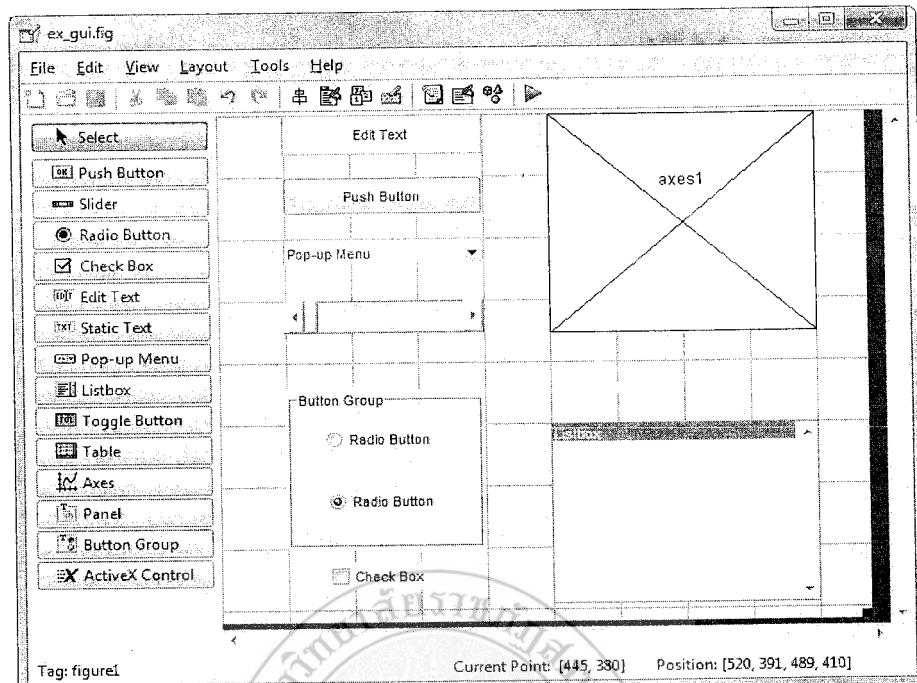
### 2.3.6 การสร้าง GUI

การสร้าง GUI ในหัวข้อนี้ จะทำการเลือกวัตถุในเมนูค้างซ้าย โดยให้สร้าง GUI ให้มีลักษณะแสดงดังรูปที่ 2-8

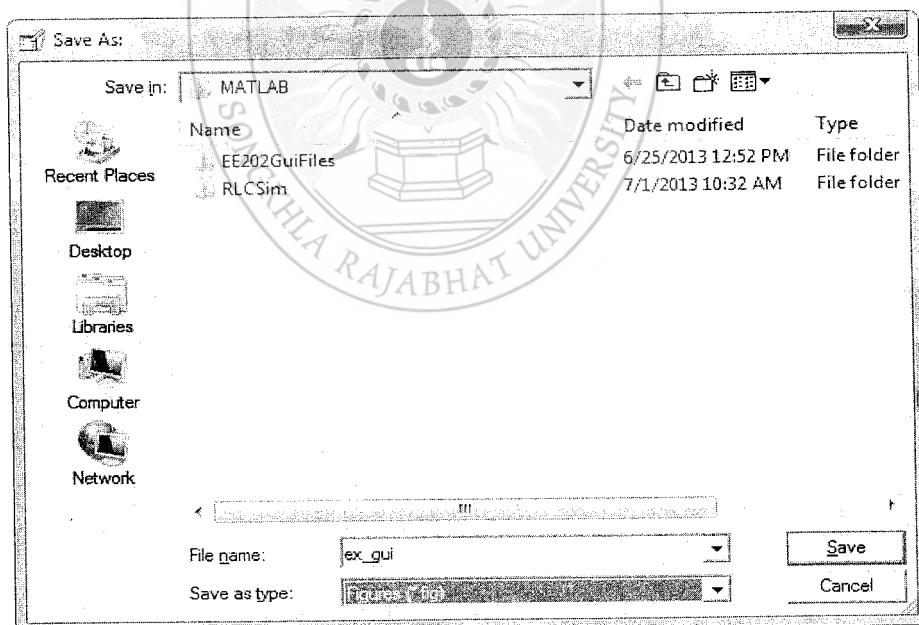
เมื่อเสร็จแล้วให้คลิกปุ่ม Save ที่เมนูบาร์จะปรากฏหน้าต่างสำหรับการบันทึกแสดงดังรูปที่ 9 พร้อมทั้งชื่อเป็น ex\_gui

ในช่อง File Name ให้เราตั้งชื่อ ชึ้งชื่อนี้มีความสำคัญคือ

- 1) เป็นชื่อหน้าต่าง Figure ของโปรแกรม
- 2) เป็นชื่อพังก์ชันที่ใช้ในการเรียกเพื่อเปิดใช้งาน GUI ที่ได้สร้างขึ้น

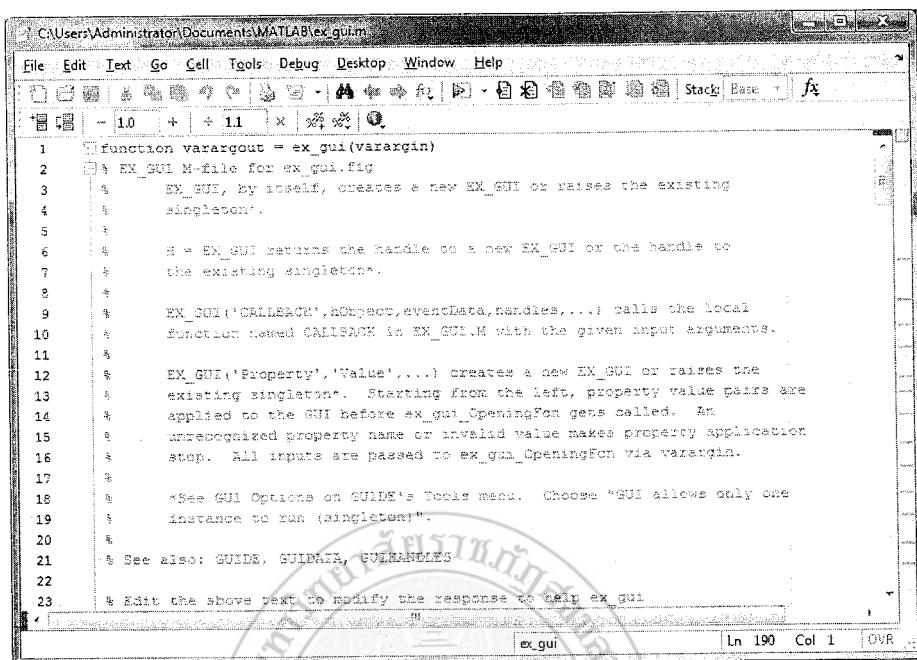


รูปที่ 2-8 หน้าต่าง GUIDE เลือกวัตถุในเมนู



รูปที่ 2-9 หน้าต่างการบันทึกของ GUI

ในที่นี้ใช้ชื่อ ex\_gui และคลิกปุ่ม save เพื่อทำการบันทึก เราจะพบไฟล์ ex\_gui.fig และ.m จำนวน 2 ไฟล์ ที่เพิ่มข้อมูลมูด แล้วจะปรากฏหน้าต่างไฟล์ ex\_gui.m แสดงดังรูปที่ 2-10



```

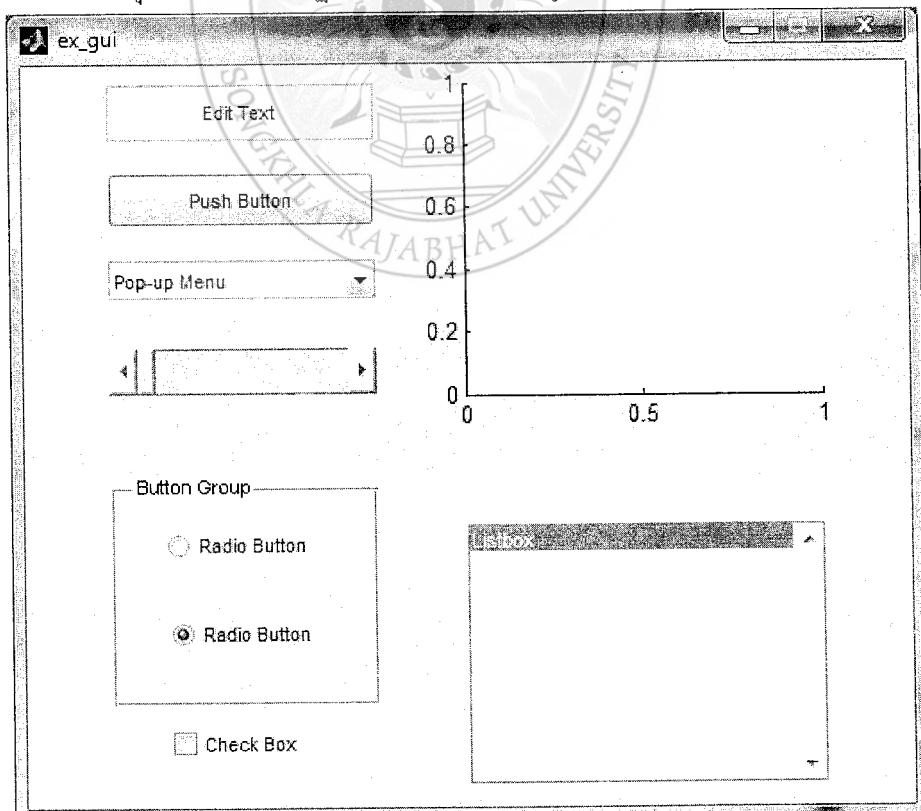
C:\Users\Administrator\Documents\MATLAB\ex_gui.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
+ - 1.0 + 1.1 x %&@&@ Stack Base A
1 %function varargout = ex_gui(varargin)
2 % EX_GUI M-file for ex_gui.fig
3 % EX_GUI, by itself, creates a new EX_GUI or raises the existing
4 % singleton'.
5 %
6 % H = EX_GUI returns the handle to a new EX_GUI or the handle to
7 % the existing singleton.
8 %
9 % EX_GUI('CALLBACK', hObject, eventdata, handles,...) calls the local
10 % function named CALLBACK in EX_GUI.M with the given input arguments.
11 %
12 % EX_GUI('Property','Value',...) creates a new EX_GUI or raises the
13 % existing singleton. Starting from the left, property value pairs are
14 % applied to the GUI before ex_gui_OpeningFcn gets called. An
15 % unrecognized property name or invalid value makes property application
16 % stop. All inputs are passed to ex_gui_OpeningFcn via varargin.
17 %
18 % *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only one
19 % instance to run (singleton)".
20 %
21 % See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES
22 %
23 % Edit the above text to modify the response to help ex_gui

```

ex\_gui Ln 190 Col 1 OVR

รูปที่ 2-10 หน้าต่างไฟล์ ex\_gui.m

และเมื่อกดปุ่ม จะปรากฏหน้าต่าง ex\_gui ดังรูปที่ 2-11 ชื่มีนามสกุล .fig



รูปที่ 2-11 หน้าต่าง ex\_gui มีนามสกุล .fig

“ในหัวข้อต่อไปจะใช้ GUI ที่สร้างขึ้นนี้ในการเขียนโปรแกรม”

### 2.3.7 หลักการเขียนโปรแกรมด้วย GUIDE

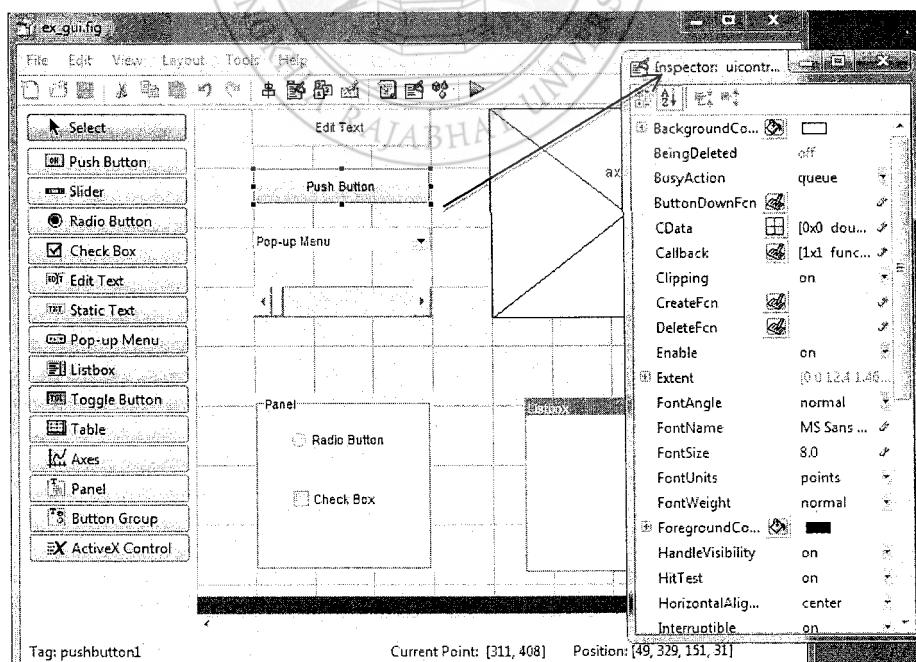
การเขียน GUI ใน MATLAB มีหลักการสำคัญอยู่ที่ตัวแปร **handles** เพื่อใช้เป็นตัวอ้างอิง หรือชี้ไปที่วัตถุแต่ละวัตถุ ค่าคุณสมบัติ (Property) ต่างๆ ของแต่ละวัตถุ และฟังก์ชันเรียกกลับ (Callback Function) ซึ่งมีหลักการเดียวกับการแก้ไขหน้าต่าง figure

ตัวแปร **handle** เป็นตัวแปรที่ใช้เก็บเลขจัมวนหนึ่งที่ใช้เป็นตัวอ้างอิงถึงวัตถุแต่ละวัตถุ คล้ายกับ Binder ในภาษา C โดยหากเราสร้าง GUI ด้วย GUIDE ตัวแปร handle จะถูกสร้างให้เอง สำหรับทุกๆ วัตถุที่สร้างขึ้น และบรรจุไว้ในตัวแปรชื่อ handles และใช้ Tag ในการเรียกใช้ `handles.Tag`

จากตัวอย่างข้างบนสามารถอ้างอิงแกนได้โดย `handles.axes1` เป็นต้น

#### 1. การเปลี่ยนแปลงค่าคุณสมบัติของวัตถุ

การเปลี่ยนแปลงค่าคุณสมบัติในขณะที่เราสร้าง GUI ทำได้โดยการดับเบิลคลิกที่วัตถุแต่ละชิ้น เช่น ดับเบิลคลิกที่ Push Button จะพบหน้าต่าง Inspector ซึ่งเราสามารถแก้ไขค่าในหน้าต่างนี้ได้โดยแสดงดังรูปที่ 2-12



รูปที่ 2-12 การเปลี่ยนแปลงค่าคุณสมบัติของวัตถุ

สำหรับกรณีที่เราต้องการเปลี่ยนแปลงค่าคุณสมบัติในขณะที่โปรแกรมกำลังใช้งานอยู่นั้น ทำได้คือ เรียกค่าและกำหนดค่าคุณสมบัติได้ฟังก์ชัน get และ set ตามลำดับ ซึ่ง Handles จะถูกส่งมาให้วัตถุเรียกกลับทุกฟังก์ชันภายในโปรแกรมเองอยู่แล้วในกรณีใช้ GUIDE ในการสร้าง โดยวัตถุส่วนติดต่อผู้ใช้แต่ละแบบ (Style) จะมีคุณสมบัติที่สำคัญต่างๆ กันตัวอย่างเช่น static Text มีคุณสมบัติที่สำคัญคือ String เราสามารถเรียกคุ้มได้โดย

```
A = get(handles.text1, string);
```

ตอนนี้สตริงที่ต้องการจะถูกเก็บไว้ในตัวแปร A และ ถ้าต้องการเปลี่ยนค่าสามารถทำได้ เช่น

```
Set(handles.text1, string, Hello world)
```

ตอนนี้ Static Text ที่ถูกชี้ด้วย handles.text1 จะมีข้อความเปลี่ยนเป็น Hello world แทน นอกจากนี้วิธีข้างบน การเปลี่ยนแปลงค่าสมบัติของวัตถุส่วนติดต่อผู้ใช้สามารถทำได้ง่ายขึ้น โดยผ่านฟังก์ชัน guided ดังนี้

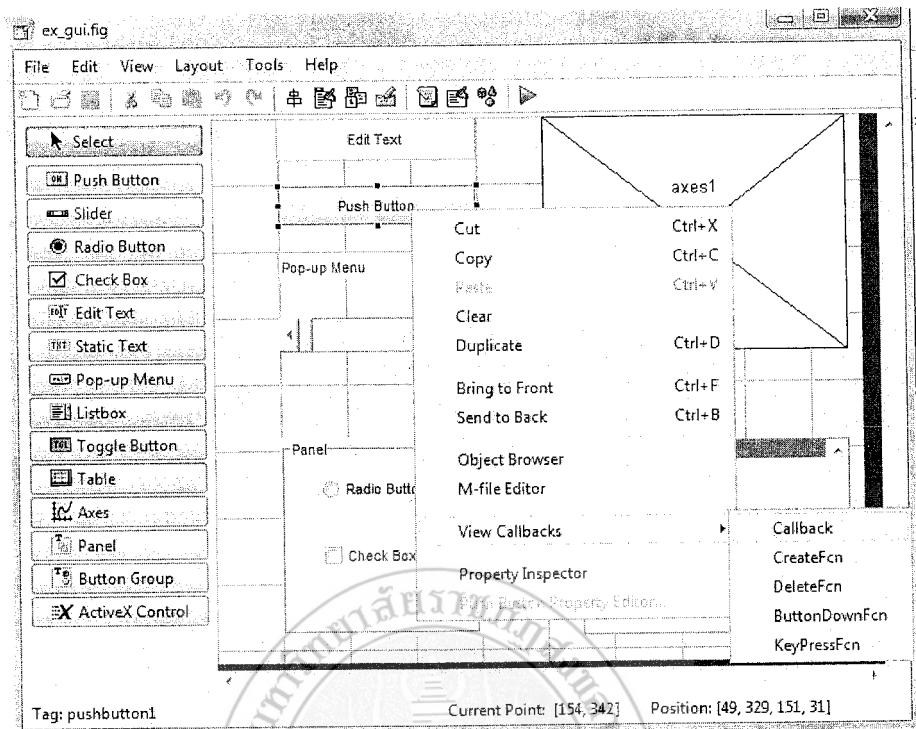
```
guidata(hObject, handles);
```

ตัวแปร hObject หมายถึง handle ของวัตถุที่เป็นตัวเรียกใช้ฟังก์ชันเรียกกลับนั้นๆ และจะถูกส่งมาให้ในฟังก์ชันเรียกกลับภายในโปรแกรมที่สร้างด้วย GUIDE เองอยู่แล้ว

## 2. ฟังก์ชันเรียกกลับ (Callback function)

ฟังก์ชันเรียกกลับเป็นฟังก์ชันที่ถูกเรียกใช้งาน เพื่อตอบสนองเหตุการณ์ เช่น การกดปุ่ม การลากเม้าส์ผ่าน การคลิก เป็นต้น

การสร้างฟังก์ชันเรียกกลับมาด้วย GUIDE โดยคลิกขวาบนวัตถุที่ต้องการ และเลือก View Callbacks ในฟังก์ชันที่เราต้องการ เช่น การสร้างฟังก์ชันเรียกกลับของปุ่ม Push Button ให้คลิกขวาที่บริเวณ Push Buttonเลือก View Callbacks และดูดังรูปที่ 2-13



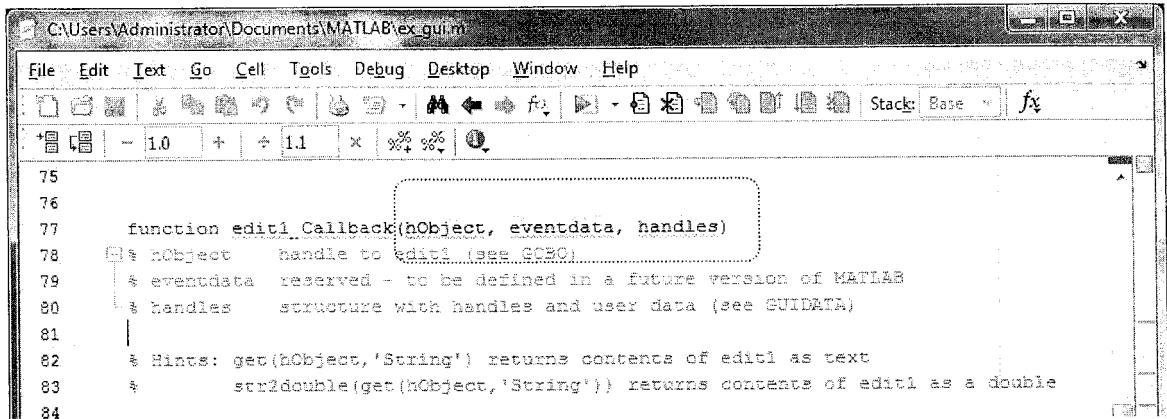
รูปที่ 2-13 การสร้างฟังก์ชันเรียกกลับมาด้วย GUIDE

จากรูปที่ 2-13 จะพบเมนูย่อยซึ่งเป็นรายการของฟังก์ชันเรียกกลับทั้งหมดของปุ่ม Push Button ในที่นี่ทดลองเลือกฟังก์ชันเรียกกลับชื่อ Callback โปรแกรมจะสร้างโค้ดของฟังก์ชันนี้ขึ้นให้เราโดยอัตโนมัติใน ex\_gui.m แสดงดังรูปที่ 2-14

```
C:\Users\Administrator\Documents\MATLAB\ex_gui.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack: Base fx
98
99 % ---- Executes on button press in pushbutton1.
100 % function hObject = guidata(hObject, eventdata, handles)
101 % hObject    handle to pushbutton1 (see GCBO)
102 % eventdata   reserved - to be defined in a future version of MATLAB
103 % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
104
```

รูปที่ 2-14 เมนูย่อยซึ่งเป็นรายการของฟังก์ชันเรียกกลับทั้งหมดของปุ่ม Push Button

โดยฟังก์ชันเรียกกลับเหล่านี้จะถูกสร้างขึ้นในลักษณะเดียวกัน ดังรูปที่ 2-15



```

C:\Users\Administrator\Documents\MATLAB\ex_gui.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stacks Base f(x)
+ - 1.0 + ÷ 1.1 × %% %% ⌂
75
76
77 function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
78 % hObject    handle to edit1 (see GCBO)
79 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
80 % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
81
82 % Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit1 as text
83 %         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit1 as a double
84

```

รูปที่ 2-15 เมนูย่อของเป็นรายการของฟังก์ชันเรียกกลับทั้งหมดของ Edit Text

โดยตัวแปรทั้ง 3 มีรายละเอียดดังนี้

- 1) **hobject** เห็นตัวแปร handle หรือตัวชี้ของวัตถุที่เราใช้เป็นตัวเรียกฟังก์ชันเรียกกลับนี้ โดยในที่นี่ค่าเดียวกับ handles.pushbutton1 นั้นเอง
- 2) **Event data** ตัวแปรนี้จะถูกใช้ในบางฟังก์ชันเรียกกลับบางฟังก์ชันเท่านั้น เพื่อเก็บข้อมูลบางอย่าง เช่น แป้นพิมพ์ที่ถูกกด หรือตัวเลือกที่ถูกเลือก เป็นต้น
- 3) **Handles** เป็นตัวแปรที่สำคัญที่สุดในโปรแกรม GUI ซึ่งใช้ในการเก็บ handles ของวัตถุต่างๆ รวมกันทั้งหมด

### 2.3.8 การเขียน GUI ด้วย GUIDE

การเขียน GUI ด้วย GUIDE ที่จะนำเสนอ มีเป้าหมายเพื่อศึกษาการทำงานของวัตถุส่วนติดต่อผู้ใช้ทั้งหมดที่กล่าวมาในข้อก่อน โดยเราจะสร้างให้แต่ละวัตถุมีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน โดยในตัวอย่างนี้เราจะใช้งาน GUI ชื่อ ex\_gui ที่ได้สร้างเตรียมไว้แล้วในหัวข้อก่อนดังนี้

#### 1. การใช้ Push Button และ Axes

ตัวอย่างนี้เป็นการเขียนโปรแกรมเมื่อกดปุ่ม (pushbutton 1) และจะปรากฏภาพขึ้นในแกน (area 1) ดังนั้นวัตถุที่ใช้ในการเรียกฟังก์ชันเรียกกลับคือ pushbutton 1

- 1) ให้เราสร้างฟังก์ชันเรียกกลับด้วยการคลิกขวาที่ Push Button ที่มี Tag เป็น pushbutton 1 ในGUIDE และเลือก View Callbacks> Callback และดูดังรูปที่ 2-16
- 2) แก้ไขโปรแกรม ดังนี้



```

C:\Users\Administrator\Documents\MATLAB\ex.gui.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
File New Open Save All Recent File Stack Base fx
1.0 1.1 < > << >> <<< >>> <<<< >>>> <<<<< >>>>>
98 % ---- Executes on button press in pushbutton1.
99
100 function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
101 % hObject handle to pushbutton1 (see GCBO)
102 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
103 % handles statehandle with handles and user data (see GUIDATA)
104 axes(handles.axes1)
105 imshow('main.jpg')

```

รูปที่ 2-16 เขียนโปรแกรมเพื่อการเรียกกลับในปุ่ม Push Button

main เป็นข้อมูลภาพ (main.jpg) ที่มีอยู่แล้วใน MATLAB

axes (handles. axes1)

พังก์ชัน axes นี้ใช้เลือกแกนที่ต้องการทำงานต่อไปในกรณีที่ GUI ของเราไม่หลายแกน ซึ่งในกรณีนี้เรามีเพียงแกนเดียว คำสั่งนี้จึงไม่จำเป็น และสามารถออกได้

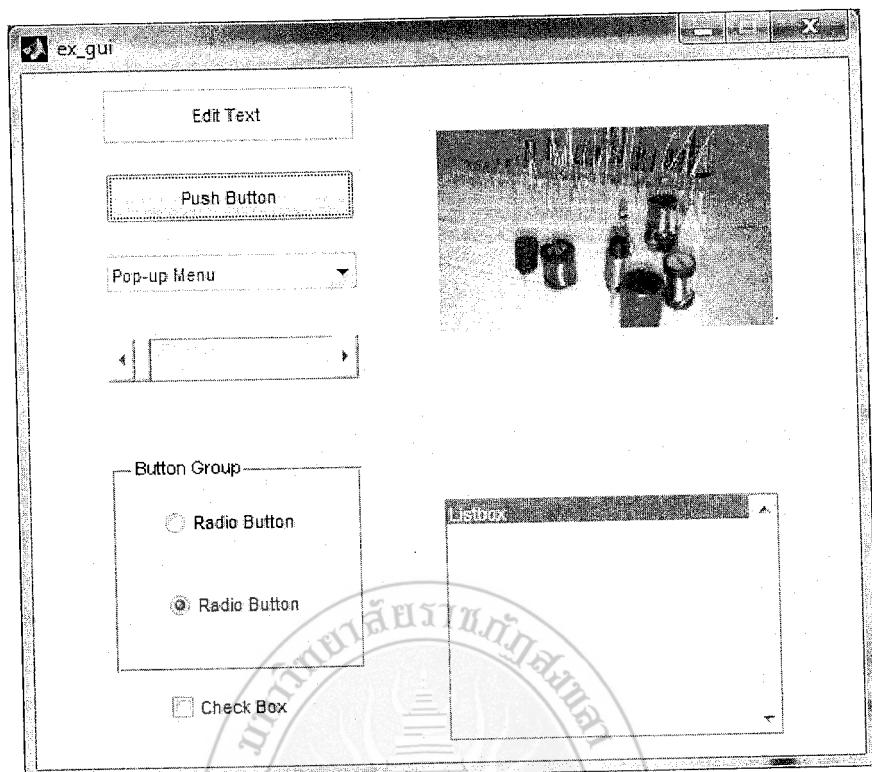
3) สั่งรันหรือ ปุ่ม <F5>แล้วทดลองคลิกปุ่ม Push Button จะปรากฏภาพของในแกน axes1 แสดงค้างรูปที่ 2-17

## 2. การใช้ Radio Button และ Button Group

ตัวอย่างนี้เป็นการเขียนโปรแกรมเมื่อเลือกตัวเลือกใด แล้วจะมีกล่องข้อความของตัวเลือก นั้นปรากฏขึ้นมา ดังนั้น วัตถุที่ใช้ในการเรียกฟังก์ชันเรียกกลับคือ Button Group (uipanel 1) ที่ใช้บรรจุ Radio Button (radio button 1 และ radio button 2) ทั้ง 2 ตัวเลือก

1) ให้เราสร้างฟังก์ชันเรียกกลับด้วยการคลิกขวาที่ Button Group ที่มี Tag เป็น uipanel 1 ใน GUIDE แล้วเลือก View Callback > แบบเดียวกับในหัวข้อที่แล้ว

2) แก้ไขโปรแกรมดังรูปที่ 2-18



รูปที่ 2-17 การเขียน GUI ด้วย Push Button และ Axes

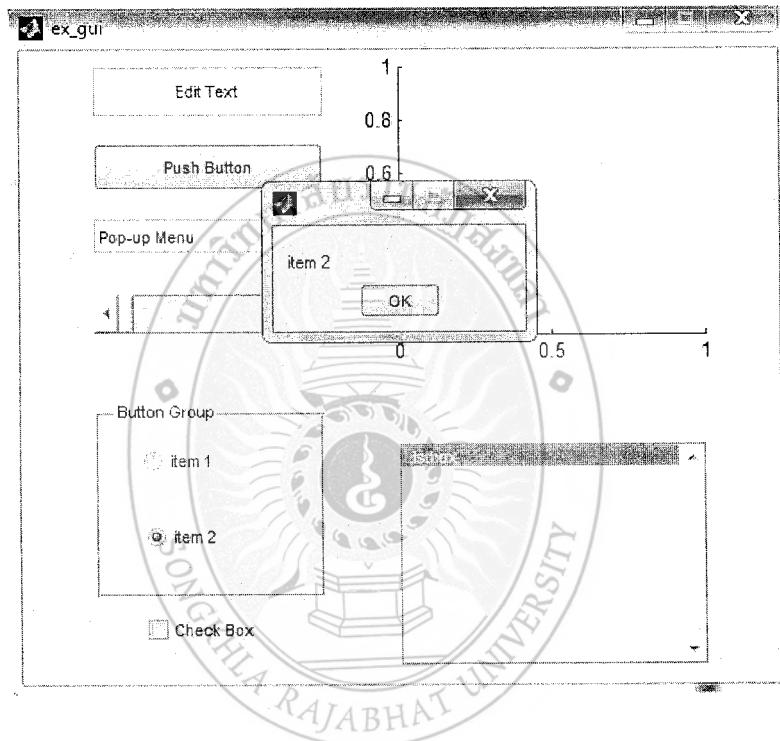
```
C:\Users\Administrator\Documents\MATLAB\ex_gui.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack: Base f4
109 % HIGHLIGHT get(hObject, 'Value') returns current state of CHECKBOX1
110
111
112 % --- Executes when selected object is changed in uipanel2.
113 function uipanel2_SelectionChangeFcn(hObject, eventdata, handles)
114 % hObject    handle to the selected object in uipanel2
115 % eventdata   structure with the following fields (see UIBUTONGROUP)
116 % EventName: string 'SelectionChanged' (read only)
117 % OldValue: handle of the previously selected object or empty if none was selected
118 % NewValue: handle of the currently selected object
119 % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
120
121 - msgbox(get(eventdata.NewValue, 'String'))|
```

รูปที่ 2-18 เขียนโปรแกรมเพื่อการเรียกกลับใน Button Group

ฟังก์ชันเรียกกลับนี้ใช้ตัวแปร eventdata ในการเก็บตัวแปร handle ของ Radio Button ที่ถูกเลือกในฟิลด์ NewValue และตัวแปร handle ของ Radio Button ที่เคยถูกเลือกก่อนหน้าในฟิลด์ Old Value

3) แก้ไขคุณสมบัติ String ของ radio button 1 และ radio button 2 ในหน้าต่าง inspector เป็น item1 และ item 2 ตามลำดับ

4) ทดลองเลือก item 2 จะพบว่าลักษณะความที่แสดงตัวเลือกที่เราไว้ปรากฏขึ้นมา แสดงดังรูปที่ 2-19

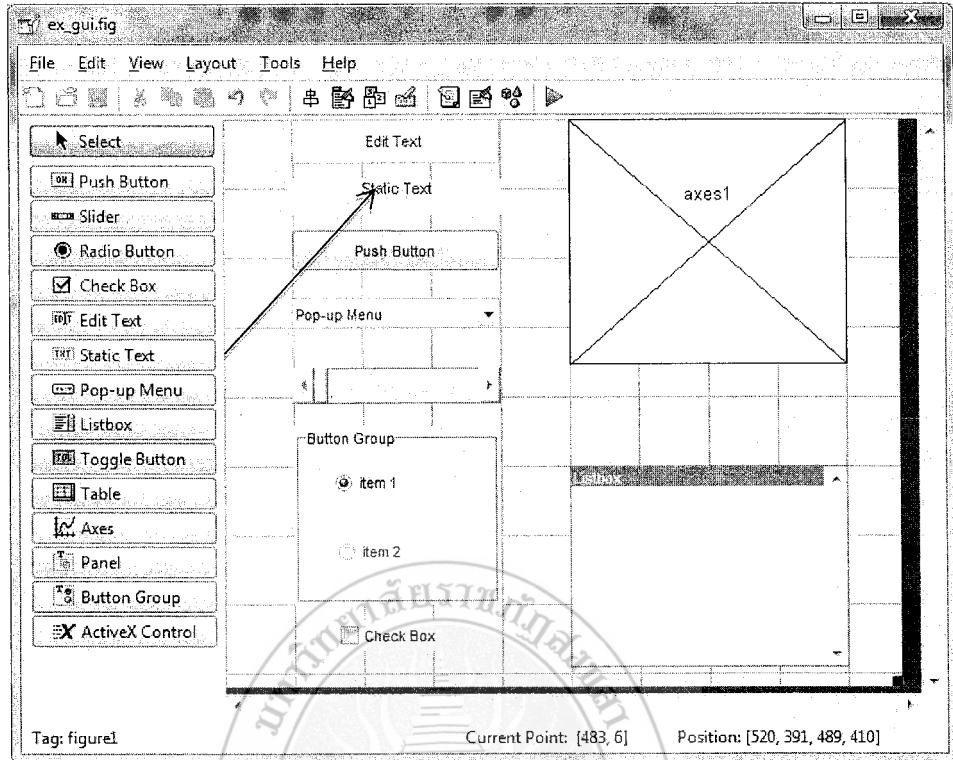


รูปที่ 2-19 การเขียน GUI ด้วย Radio Button และ Button Group

### 3. การใช้ Edit Text และ Static Text

ตัวอย่างนี้เป็นการเขียนโปรแกรมเมื่อพิมพ์ข้อความใดใน Edit Text และกดปุ่ม <Enter> ปรากฏข้อความนั้นขึ้นใน Static Text ดังนั้น วัตถุที่ใช้ในการเรียกฟังก์ชันเรียกกลับคือ Edit Text (edit1)

1) ให้เพิ่มวัตถุ Static Text ในหน้าต่าง GUI ดังรูปที่ 2-20



รูปที่ 2-20 การเพิ่ม Static Text ในหน้าต่าง GUI

- 2) ให้สร้างฟังก์ชันเรียกกลับด้วยการคลิกขวาที่ Edit Text ที่มี Tag เป็น edit 1 ใน GUIDE  
เลือก View Callback > Callback แบบเดียวกับในหัวข้อที่แล้ว
- 3) เก็บไฟล์โปรแกรม ดังรูปที่ 2-21
- 4) สั่งรัน หรือกดปุ่ม <F5>แล้วทดลองพิมพ์ข้อความในช่อง Edit text แล้วกดปุ่ม <Enter>  
จะปรากฏข้อความใน Static Text รูปที่ 2-22

C:\Users\Administrator\Documents\MATLAB\ex\_gui.m

```

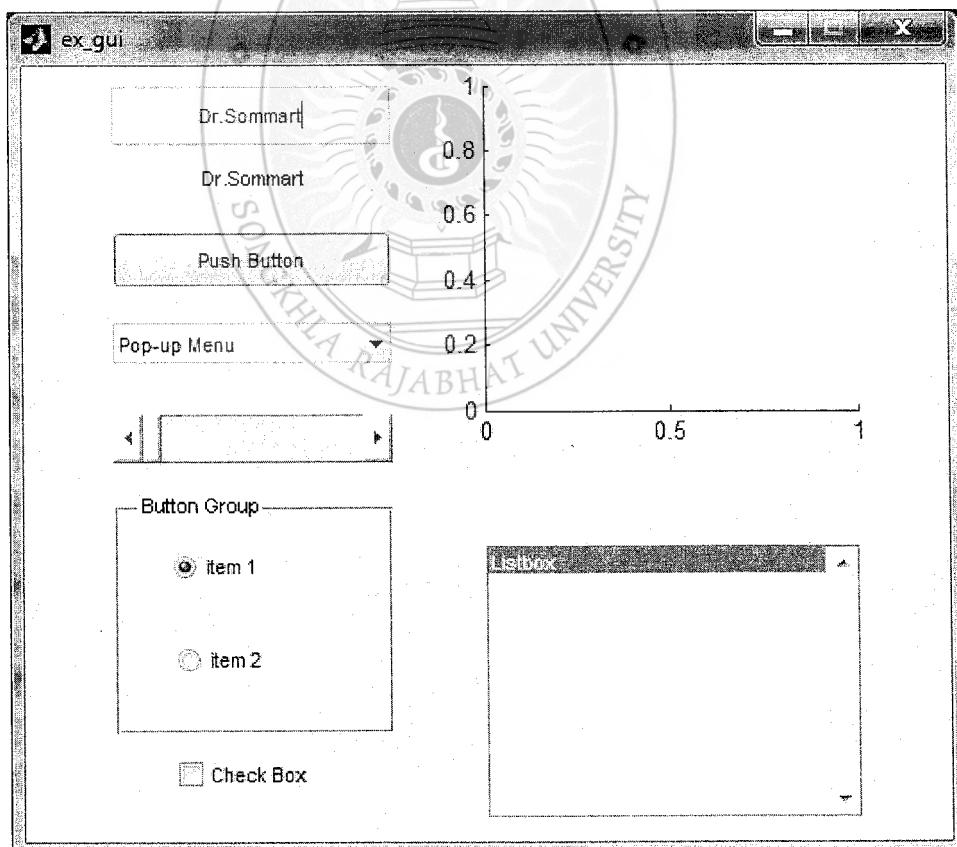
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack Base fx

79 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
80 % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
81
82 % Hint: get(hObject,'String') returns contents of edit1 as text
83 % str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit1 as a double
84
85 - set(handles.text1,'String',get(hObject,'String'))
86
87 % --- Executes during object creation, after setting all properties.
88 function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
89 % hObject handle to edit1 (see GCBO)
90 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
91 % handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
92

```

Ln 85 Col 12 OVR

รูปที่ 2-21 เปลี่ยนคำสั่งเพื่อควบคุมการเรียกกลับในวัตถุ Edit Text



รูปที่ 2-22 Edit Text และ Static Text

#### 4. การใช้ Slider bar และ static Text

ตัวอย่างนี้เป็นการเขียนโปรแกรมเมื่อเลื่อน slider Bar แล้วจะปรากฏตัวเลขสเกลที่เลือกขึ้นใน Static Text ดังนั้น วัตถุที่ใช้ในการเรียกฟังก์ชันเรียกกลับคือ Slider Bar (Slider 1)

- 1) ให้สร้างฟังก์ชันเรียกกลับด้วยการคลิกขวาที่ Slider Bar ที่มี Tag เป็น Slider 1 ใน GUIDE และเลือก view Callbacks > Callback แบบเดียวกันในหัวข้อที่แล้ว
- 2) แก้ไขโปรแกรม ดังรูปที่ 2-23

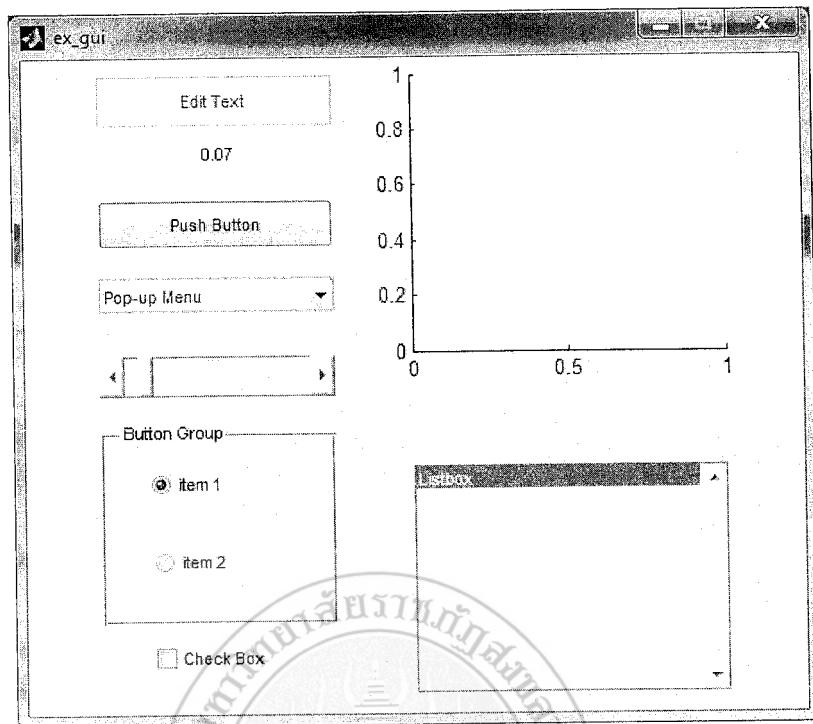
```

1 C:\Users\Administrator\Documents\MATLAB\ex/gui.m
2
3 % --- Executes on slider movement.
4 function slider1_Callback(hObject, eventdata, handles)
5 % hObject    handle to slider1 (see GCBO)
6 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
7 % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
8
9 % Hints: get(hObject,'Value') returns position of slider
10 %        get(hObject,'Min') and get(hObject,'Max') to determine range of slider
11 set(handles.text1,'String',num2str(get(hObject,'Value')))
12
13 % --- Executes during object creation, after setting all properties.
14

```

รูปที่ 2-23 เขียนคำสั่งเพื่อควบคุมการเรียกกลับในวัตถุ Slider Bar

- 3) ถอดรหัส หรือ กด <F5>แล้วทดลองเลื่อน Slider Bar จะปรากฏข้อความใน Static Text เป็นตัวเลขตั้งแต่ค่า 0 ถึง 1 ซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งของ Slider Bar แสดงดังรูปที่ 2-24



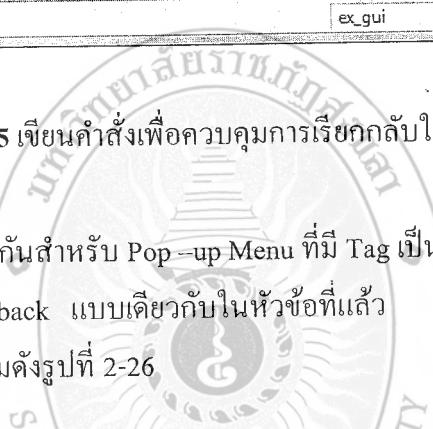
รูปที่ 2-24 Slider bar และ static Text

### 5. การใช้ List Box และ Pop-up Menu

ตัวอย่างนี้เขียนโปรแกรมเมื่อเลือกตัวเลือกภายใน list Box หรือ pop-up Menu แล้วจะมีกล่องข้อความของตัวเลือกนั้นปรากฏขึ้นมา

ดังนั้น วัตถุที่ใช้ในการเรียกฟังก์ชันเรียกกลับคือ list Box (listbox1) หรือ pop-up Menu (popup menu) ซึ่งลักษณะการใช้งาน และการเขียนโปรแกรมของทั้ง List Box และ pop-up Menu มีลักษณะคล้ายกัน

- 1) สร้างฟังก์ชันเรียกกลับด้วยการคลิกขวาที่ List Box และ ที่มี tag เป็น list box 1 ใน GUIDE และเลือก View Callbacks >Callback แบบเดียวกับในหัวข้อที่แล้ว
- 2) จากนั้นแก้ไขโปรแกรมดังรูปที่ 2-25

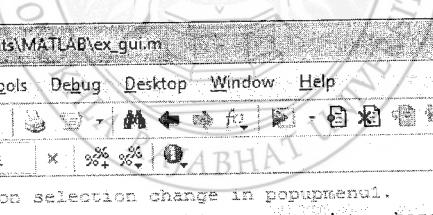


```
C:\Users\Administrator\Documents\MATLAB\ex_gui.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
150
151
152 % --- Executes on selection change in listbox1.
153 function listbox1_Callback(hObject, eventdata, handles)
154 % hObject    handle to listbox1 (see GCBO)
155 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
156 % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
157
158 % Hints: contents = cellstr(get(hObject,'String')) returns listbox1 contents as cell
159 % array
160 % contents=get(hObject,'String');
161 -   msgbox(contents{get(hObject,'Value')})
162
```

ex\_gui Ln 163 Col 49 OVR

รูปที่ 2-25 เปลี่ยนคำสั่งเพื่อควบคุมการเรียกกลับในวัตถุ List Box

- 3) ให้ทำแบบเดียวกันสำหรับ Pop-up Menu ที่มี Tag เป็น popup menu 1 คือ เมนู GUIDE เลือก view Callback >Callback แบบเดียวกันในหัวข้อที่แล้ว
- 4) แก้ไขโปรแกรมดังรูปที่ 2-26



```
C:\Users\Administrator\Documents\MATLAB\ex_gui.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
108
109 % --- Executes on selection change in popupmenu1.
110 function popupmenu1_Callback(hObject, eventdata, handles)
111 % hObject    handle to popupmenu1 (see GCBO)
112 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
113 % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
114
115 % Hints: contents = cellstr(get(hObject,'String')) returns popupmenu1 contents as cel
116 % array
117 -   contents=get(hObject,'String');
118 -   msgbox(contents{get(hObject,'Value')})
119
120
```

ex\_gui Ln 120 Col 1 OVR

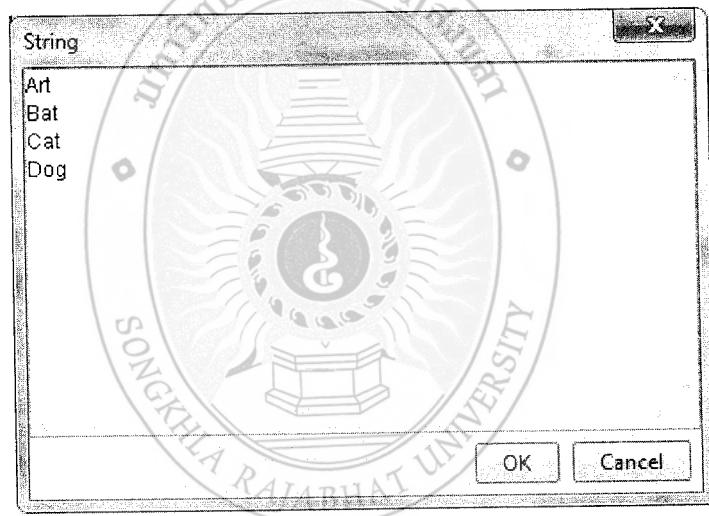
รูปที่ 2-26 เปลี่ยนคำสั่งเพื่อควบคุมการเรียกกลับในวัตถุ Pop-up Menu

5) เพิ่มเติมเดี๋ยวก่อนทั้งใน list Box และ pop-up Menu โดยการดับเบิลคลิกที่วัตถุนั้นในหน้าต่าง GUIDE จะปรากฏหน้าต่าง inspector ให้ไปแก้ที่คุณสมบัติ String โดยการคลิกปุ่มหลังซี่อคุณสมบัติแสดงดังรูปที่ 2-27



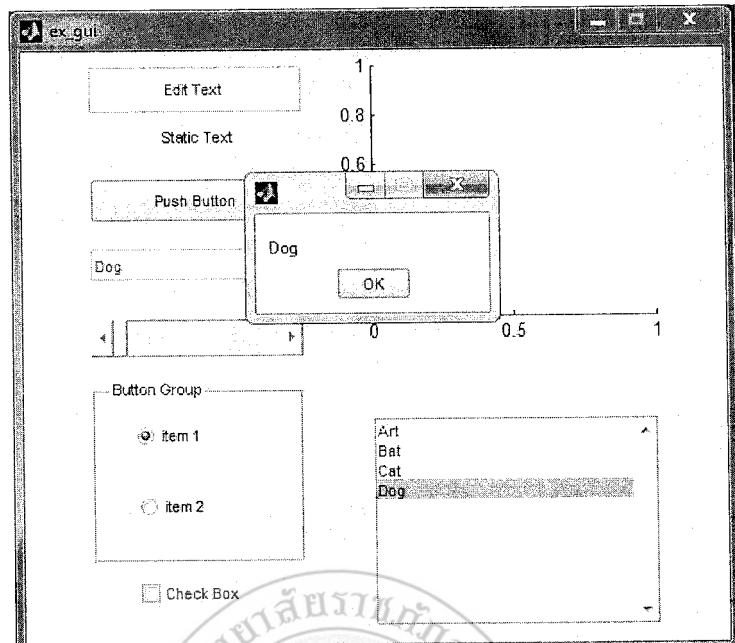
รูปที่ 2-27 แสดงการแก้ไขคุณสมบัติ String

6) จะปรากฏหน้าต่าง String ขึ้นมาเพื่อแก้ไขตัวเลือก ให้เราแก้ไขโดยป้อนข้อความแต่ละตัวเลือกซึ่งจะค้นด้วยการขึ้นบรรทัดใหม่ แล้วคลิกปุ่ม OK แสดงดังรูปที่ 2-28



รูปที่ 2-28 หน้าต่าง String สำหรับแก้ไขคุณสมบัติของ List Box

7) ทำเช่นนี้กับ Pop-up Menu ด้วย จากนั้นทดลองรันโปรแกรมจากปุ่มรันในหน้าต่าง GUIDE และทดลองเลือกตัวเลือกใน List Box หรือ Pop-up menu จะได้ผลแสดงดังรูปที่ 2-29

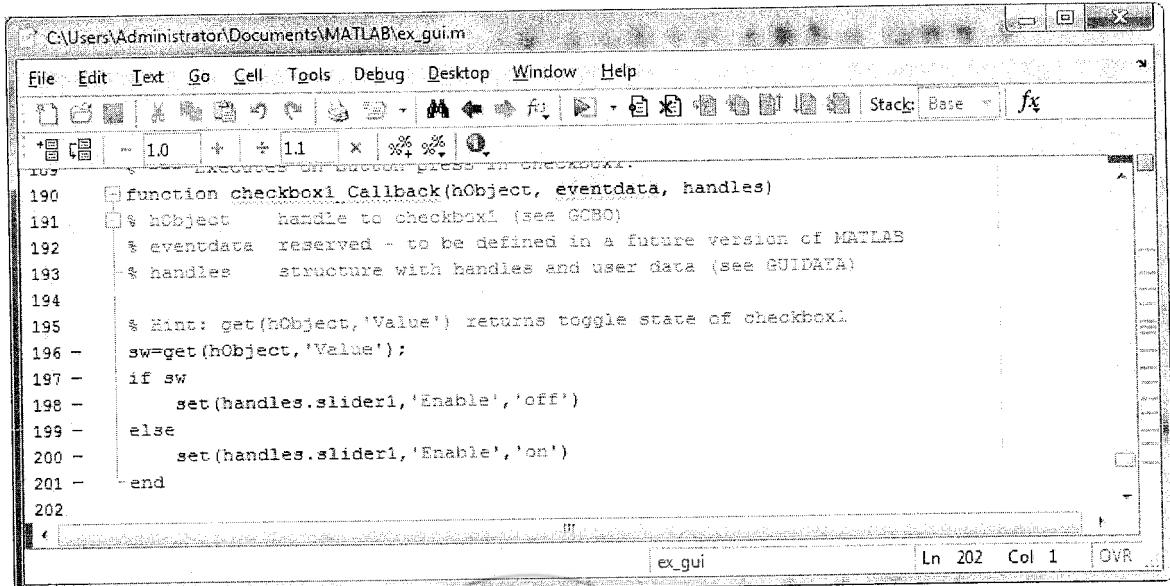


รูปที่ 2-29 List Box กับ Pop-up Menu

#### 6. การใช้ Check Box และ Slider Bar

ตัวอย่างนี้เป็นการเขียนโปรแกรมเมื่อคลิกที่ Check Box จะเป็นการเปิดหรือปิดการทำงานของ Slider Bar ดังนั้น วัตถุที่ใช้ในการเรียกฟังก์ชันเรียกกลับคือ ที่ Check Box (check Box1)

- 1) ให้สร้างฟังก์ชันเรียกกลับด้วยการคลิกขวาที่ Check Box ที่มี Tag เป็น check Box1 ใน GUIDE และเลือก View Callbacks>Callbacks>แบบเดียวกับหัวข้อที่แล้ว
- 2) แก้ไขโปรแกรม ดังรูปที่ 2-30



```

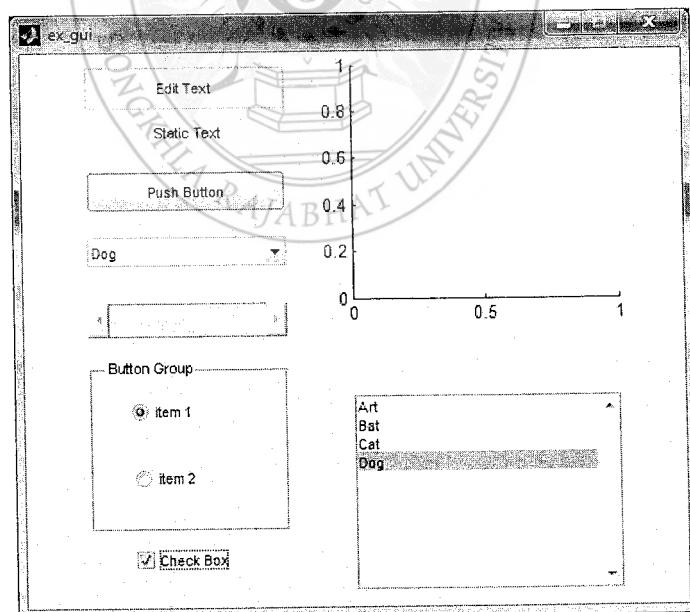
C:\Users\Administrator\Documents\MATLAB\ex_gui.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack: Base fx
1.0 + - 1.1 x %% % Q
190 function checkbox1_Callback(hObject, eventdata, handles)
191 % hObject handle to checkbox1 (see GCBO)
192 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
193 % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
194
195 % Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of checkbox1
196 sw=get(hObject,'Value');
197 if sw
198 set(handles.slider1,'Enable','off')
199 else
200 set(handles.slider1,'Enable','on')
201 end
202

```

Ln 202 Col 1 OVR

รูปที่ 2-30 เนื่องคำสั่งเพื่อควบคุมการเรียกกลับในวัตถุ Check Box

3) สั่งรัน หรือกดปุ่ม <F5> และคลิกที่ Check Box จะพบว่า Slider Bar จะถูกทำให้ไม่สามารถใช้งานได้ดังรูปที่ 2-31



รูปที่ 2-31 การทดสอบการทำงานของ Check Box

### 2.3.9 การรับค่าจากแป้นพิมพ์ (Keyboard) และเมาส์ (Mouse)

#### 1. การรับค่าจากแป้นพิมพ์

การรับค่าจากแป้นพิมพ์ สามารถแบ่งเป็นเหตุการณ์ตามฟังก์ชันเรียกกลับคือ

**KeyPress Fcn** ซึ่งจะถูกเรียกใช้เมื่อปุ่มบนแป้นพิมพ์ถูกกดลง และไฟก์สอยู่ที่หน้าต่าง

Figure

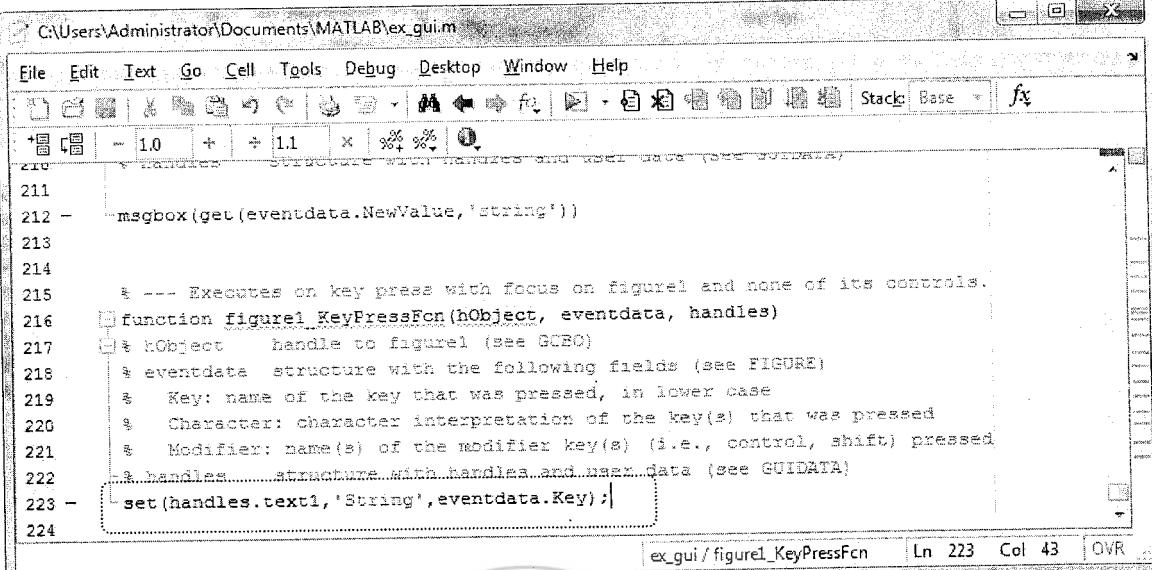
**WindowKeyPressFcn** ซึ่งจะถูกเรียกใช้เมื่อปุ่มบนแป้นพิมพ์ถูกกดลง และไฟก์สอยู่ที่หน้าต่าง Figure หรือวัตถุใดๆ ในหน้าต่าง Figure

**KeyReleaseFcn** ซึ่งจะถูกเรียกใช้เมื่อปุ่มบนแป้นพิมพ์ถูกปล่อยขึ้น และไฟก์สอยู่ที่หน้าต่าง Figure หรือวัตถุใดๆ ในหน้าต่าง Figure

**WindowKeyReleaseFcn** ซึ่งจะถูกเรียกใช้เมื่อปุ่มบนแป้นพิมพ์ถูกปล่อยขึ้น และไฟก์สอยู่ที่หน้าต่าง Figure หรือวัตถุใดๆ ในหน้าต่าง Figure

สำหรับตัวอย่างต่อไปนี้ เป็นการเขียนโปรแกรมเมื่อกดปุ่มบนแป้นพิมพ์จะปรากฏชื่อของปุ่มบนแป้นพิมพ์นั้นในช่อง Static Text ดังนั้น วัตถุที่ใช้ในการเรียกฟังก์ชันเรียกกลับคือ Figure (figure 1)

- 1) สร้างฟังก์ชันเรียกกลับด้วยการคลิกขวาที่ Figure (พื้นหลังที่ว่างๆ) ที่มี Tag เป็น figure 1 ใน GUIDE และเลือก View Callbacks > Key Press Fcn แบบเดียวกับในหัวข้อที่แล้ว
- 2) แก้ไขโปรแกรม ดังรูปที่ 2-32



```

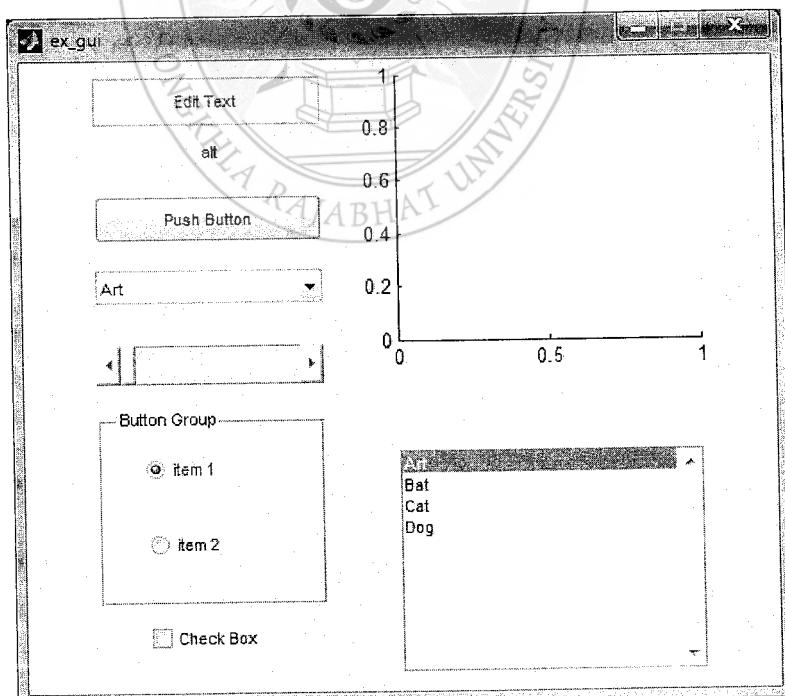
C:\Users\Administrator\Documents\MATLAB\ex_gui.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
handles Structure with handles and user data (see GUIDATA)
211
212 - msgbox(get(eventdata.NewValue,'string'))
213
214
% --- Executes on key press with focus on figure1 and none of its controls.
215 function figure1_KeyPressFcn(hObject, eventdata, handles)
216 % hObject handle to figure1 (see GCBO)
217 % eventdata structure with the following fields (see FIGURE)
218 % Key: name of the key that was pressed, in lower case
219 % Character: character interpretation of the key(s) that was pressed
220 % Modifier: name(s) of the modifier key(s) (i.e., control, shift) pressed
221 % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
222 set(handles.text1,'String', eventdata.Key);
223 -
224

```

ex\_gui /figure1\_KeyPressFcn | Ln 223 Col 43 | QVR

รูปที่ 2-32 เมื่อ摁ค่าสั่งการใช้ KeyPress Fcn

3) สั่งรัน หรือกดปุ่ม <F5>แล้วทดสอบกดปุ่มใดๆ บนแป้นพิมพ์ เช่น ปุ่ม Alt จะพบคำว่า alt (ต้องเปลี่ยนพิมพ์เป็นตัวพิมพ์เล็กทั้งหมด) ในช่อง Static Text และคงดังรูปที่ 2-33



รูปที่ 2-33 ผลการรับค่าจากคีย์บอร์ด Alt จะแสดงที่ Ststic Text เป็น alt

## 2. การรับค่าจากเมาส์ (Mouse)

การรับค่าจากเมาส์ สามารถแบ่งเป็นเหตุการณ์ตามฟังก์ชันเรียกกลับคือ

Window Button Down Fcn ซึ่งจะถูกเรียกใช้เมื่อปุ่มใดๆ บนเมาส์ถูกกดลง และไฟกัส

อยู่ที่หน้าต่าง Figure หรือวัตถุใดๆ ในหน้าต่าง Figure

Window Button Down Fcn ซึ่งจะถูกเรียกใช้เมื่อปุ่มใดๆ บนเมาส์ถูกปล่อยขึ้น และ

ไฟกัสอยู่ที่หน้าต่าง Figure หรือวัตถุใดๆ ในหน้าต่าง Figure

Window Button Down Fcn ซึ่งจะถูกเรียกใช้เมื่อตัวชี้เมาส์เคลื่อนที่ผ่านบนหน้าต่าง

Figure หรือวัตถุใดๆ ในหน้าต่าง Figure

Window Button Down Fcn ซึ่งจะถูกเรียกใช้เมื่อลูกกลิ้งของเมาส์ถูกหมุน และไฟกัส

อยู่หน้าต่าง Figure หรือวัตถุใดๆ ในหน้าต่าง Figure

ตัวอย่าง การเขียนโปรแกรมรับค่าจากเมาส์ : โดยคลิกเมาส์ปุ่มซ้าย ขวา หรือดับเบิลจะ<sup>1</sup>  
ปรากฏข้อความบอกปุ่มที่ผู้ใช้กด และตำแหน่งที่กดปุ่มนั้นใน Edit Text ดังนี้ วัตถุที่ใช้ในการ  
เรียกฟังก์ชันเรียกกลับคือ Figure (figure1)

1) ให้เราสร้างฟังก์ชันเรียกกลับด้วยการคลิกขวาที่ Figure (พื้นหลังที่ว่างๆ) ที่มี Tag เป็น  
Figure1 ใน GUIDE View Callbacks >WindowButtonDownFcn แบบเดียวกับในหัวข้อที่แล้ว

2) แก้ไขโปรแกรมดังรูปที่ 2-34

คุณสมบัติ CurrentPoint ของ Figure หมายถึง คู่อันดับพิกัด (x , y) ของตัวชี้เมาส์

คุณสมบัติ SelectionType ของFigure หมายถึง ปุ่มหรือวิธีการคลิก Normal หมายถึง คลิก  
ซ้าย (กรณี Mouse แบบปกติ) Alt หมายถึง คลิกขวา (กรณี Mouse แบบปกติ)

Extend หมายถึง คลิกปุ่มกลาง และ Open หมายถึง ดับเบิลคลิกปุ่มใดก็ได้

เมื่อรัน หรือกดปุ่มเมาส์ เช่น คลิกปุ่มซ้ายแสดงดังรูปที่ 2-35

## 2. การรับค่าจากเมาส์ (Mouse)

การรับค่าจากเมาส์ สามารถแบ่งเป็นเหตุการณ์ตามฟังก์ชันเรียกกลับคือ

Window Button Down Fcn ซึ่งจะถูกเรียกใช้เมื่อปุ่มใดๆ บนเมาส์ถูกกดลง และไฟกัส

อยู่ที่หน้าต่าง Figure หรือวัตถุใดๆ ในหน้าต่าง Figure

Window Button Down Fcn ซึ่งจะถูกเรียกใช้เมื่อปุ่มใดๆ บนเมาส์ถูกปล่อยขึ้น และ

ไฟกัสอยู่ที่หน้าต่าง Figure หรือวัตถุใดๆ ในหน้าต่าง Figure

Window Button Down Fcn ซึ่งจะถูกเรียกใช้เมื่อตัวชี้เมาส์เคลื่อนที่ผ่านบนหน้าต่าง

Figure หรือวัตถุใดๆ ในหน้าต่าง Figure

Window Button Down Fcn ซึ่งจะถูกเรียกใช้เมื่อลูกกลิ้งของเมาส์ถูกหมุน และไฟกัส

อยู่หน้าต่าง Figure หรือวัตถุใดๆ ในหน้าต่าง Figure

ตัวอย่าง การเขียนโปรแกรมรับค่าจากเมาส์ : โดยคลิกเมาส์ปุ่มซ้าย ขวา หรือดับเบิลจะปรากฏข้อความบอกปุ่มที่ผู้ใช้กด และตำแหน่งที่กดปุ่มนั้นใน Edit Text ดังนั้น วัตถุที่ใช้ในการเรียกฟังก์ชันเรียกกลับคือ Figure (figure1)

1) ให้เราสร้างฟังก์ชันเรียกกลับด้วยการคลิกขวาที่ Figure (พื้นหลังที่ว่างๆ) ที่มี Tag เป็น Figure1 ใน GUIDE View Callbacks >WindowButtonDownFcn แบบเดียวกับในหัวข้อที่แล้ว

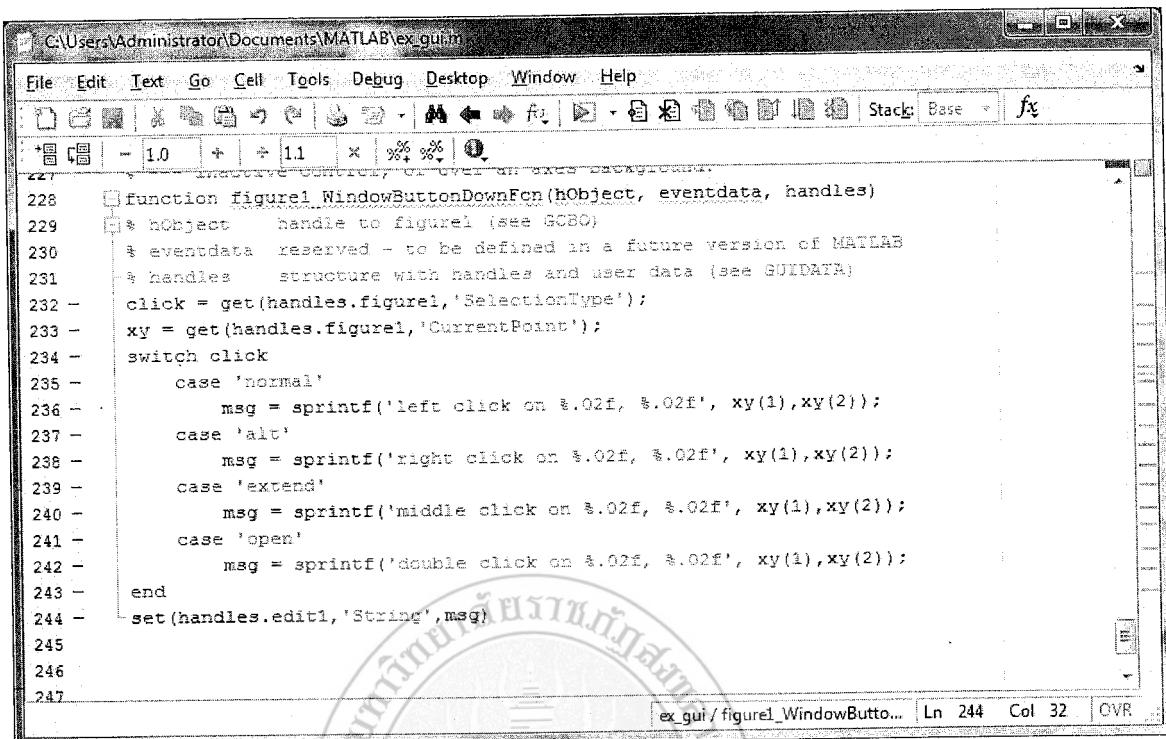
2) แก้ไขโปรแกรมดังรูปที่ 2-34

คุณสมบัติ CurrentPoint ของ Figure หมายถึง คู่อันดับพิกัด (x , y) ของตัวชี้เมาส์

คุณสมบัติ SelectionType ของFigure หมายถึง ปุ่มหรือวิธีการคลิก Normal หมายถึง คลิกซ้าย (กรณี Mouse แบบปกติ) Alt หมายถึง คลิกขวา (กรณี Mouse แบบปกติ)

Extend หมายถึง คลิกปุ่มกลาง และ Open หมายถึง ดับเบิลคลิกปุ่มโดยที่ได้

เมื่อรัน หรือกดปุ่มเมาส์ เช่น คลิกปุ่มซ้ายแสดงดังรูปที่ 2-35



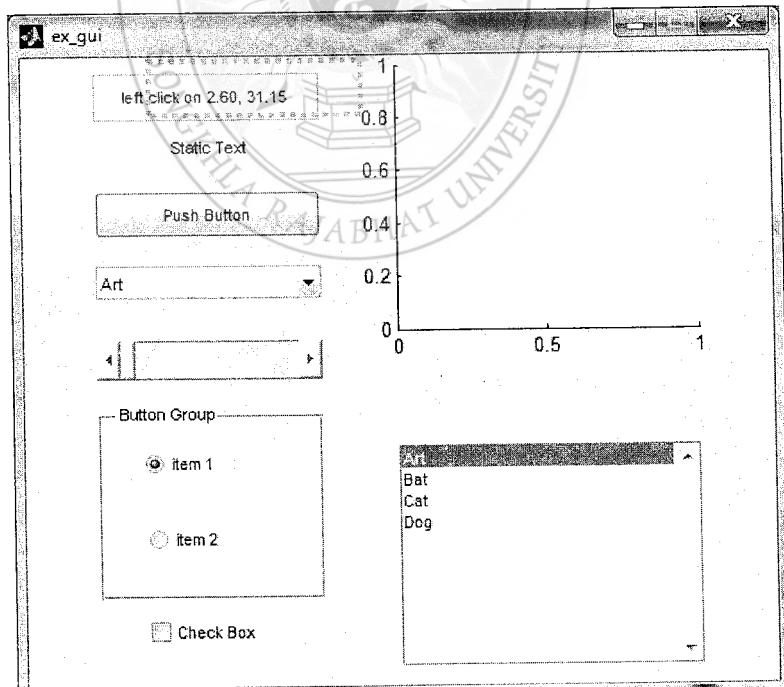
```

C:\Users\Administrator\Documents\MATLAB\ex/gui.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack: Base fx
227 - undirecte control or over an axes background.
228 function figure1_WindowButtonDownFcn(hObject, eventdata, handles)
229 % hObject handle to figure1 (see GCBO)
230 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
231 % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
232 click = get(handles.figure1,'SelectionType');
233 xy = get(handles.figure1,'CurrentPoint');
234 switch click
235 case 'normal'
236 msg = sprintf('left click on %.02f, %.02f', xy(1),xy(2));
237 case 'alt'
238 msg = sprintf('right click on %.02f, %.02f', xy(1),xy(2));
239 case 'extend'
240 msg = sprintf('middle click on %.02f, %.02f', xy(1),xy(2));
241 case 'open'
242 msg = sprintf('double click on %.02f, %.02f', xy(1),xy(2));
243 end
244 set(handles.edit1,'String',msg)
245
246
247

```

ex\_gui / figure1\_WindowButtonDownFcn... Ln 244 Col 32 OVR

รูปที่ 2-34 เป็นคำสั่งการใช้ WindowButtonDownFcn

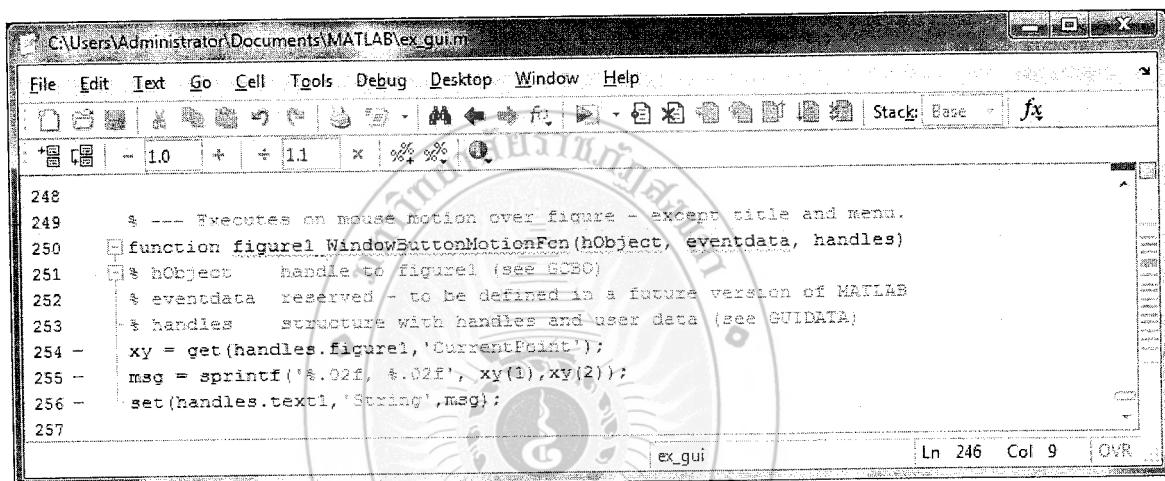


รูปที่ 2-35 ผลการรัน gui ตามคำสั่งในรูปที่ 2-34

สำหรับตัวอย่างต่อไปนี้ เป็นการเขียนโปรแกรมรับค่าจากมาส์ โดยจะบอกพิกัดมาส์ใน Static Text เมื่อตัวชี้มาส์เคลื่อนที่บนหน้าต่าง GUI ดังนั้น วัตถุที่ใช้ในการเรียกฟังก์ชันเรียกกลับคือ Figure (figure 1)

1) ให้เราสร้างฟังก์ชันเรียกกลับด้วยการคลิกขวาที่ Figure(พื้นที่ว่าง ๆ) ที่มี Tag เป็น figure1 ใน GUIDE และเลือก View Callbacks > Window Button Motion Fcn แบบเดียวกับหัวข้อที่แล้ว

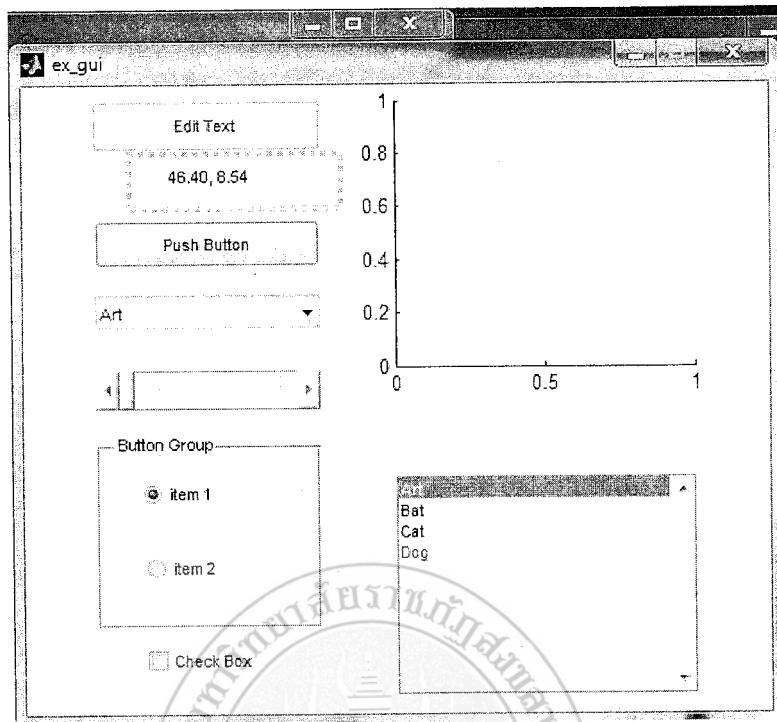
2) แก้ไขโปรแกรม ดังรูปที่ 2-36



```
C:\Users\Administrator\Documents\MATLAB\ex gui.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
1.0 + 1.1 × %% fx
248 % ---- Executes on mouse_motion over figure - except title and menu.
249 % function figure1.WindowButtonMotionFcn(hObject, eventdata, handles)
250 % hObject handle to figure1 (see GCBO)
251 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
252 % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
253 % xy = get(handles.figure1,'CurrentPoint');
254 % msg = sprintf('%0.2f %0.2f', xy(1),xy(2));
255 % set(handles.text1,'String',msg);
256 %
257
Ln 246 Col 9 OVR
```

รูปที่ 2-36 เวียนคำสั่งการใช้ WindowButtonMotionFcn

3) เมื่อรันแล้ว ให้เลื่อนตัวชี้มาส์ผ่านหน้าต่าง Figure จะปรากฏคู่อันดับ (x, y) ใน Static Text แสดงดังรูปที่ 2-37



รูปที่ 2-37 ผลการรัน gui ตามคำสั่งในรูปที่ 2-36

ตัวอย่าง การเขียนโปรแกรมรับค่าจากมาสเต็มโดยเมื่อหมุนลูกกลิ้งมาส์จะทำการไปเลื่อน Slider Bar ไปทางซ้ายหรือขวาตามหารหมุน ดังนั้น วัตถุที่ใช้ในการดึงฟังก์ชันเรียกกลับคือ Figure(figure1)

1) ให้เราสร้างฟังก์ชันเรียกกลับคืนด้วยการคลิกขวาที่ Figure (พื้นที่ว่าง ๆ ที่มี Tag เป็น figure ใน GUIDE และเลือก View Callback > WindowScrollWheel Fcn แบบเดียวกับในหัวข้อที่แล้ว

2) การแก้ไขโปรแกรม ดังรูปที่ 2-38



```

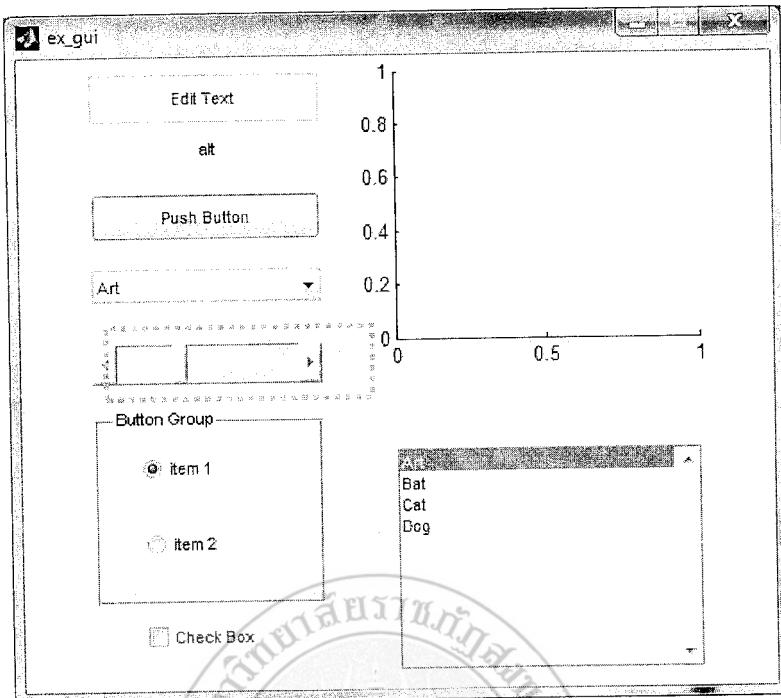
/C:/Users/Administrator/Documents/MATLAB/ex_gui.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack Base fx
+ - 1.0 + ÷ 11 × % % %
258
259 % ---- Executes on scroll wheel click while the figure is in focus.
260 function figure1_WindowScrollWheelFcn(hObject, eventdata, handles)
261 % hObject handle to figure1 (see GCBO)
262 % eventdata structure with the following fields (see FIGURE)
263 % VerticalScrollCount: signed integer indicating direction and number of clicks
264 % VerticalScrollAmount: number of lines scrolled for each click
265 % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
266 -
267 direction = eventdata.VerticalScrollCount;
268 current = get(handles.slider1,'value');
269 if direction < 0
270 current = current - 0.01;
271 else
272 current = current + 0.01;
273 end
274 if current > 1
275 current = 1;
276 elseif current < 0
277 current = 0;
278 end
279 set(handles.slider1,'value',current)
280

```

Ln 279 Col 1 OVR

รูปที่ 2-38 เขียนคำสั่งการใช้ WindowScrollWheelFcn

3) เมื่อรันแล้วกดลงบนลูกกลิ้งมาส์ จะพบว่า Slider Bar เลื่อนตามที่เรามุน แสดงดัง  
รูปที่ 2-39

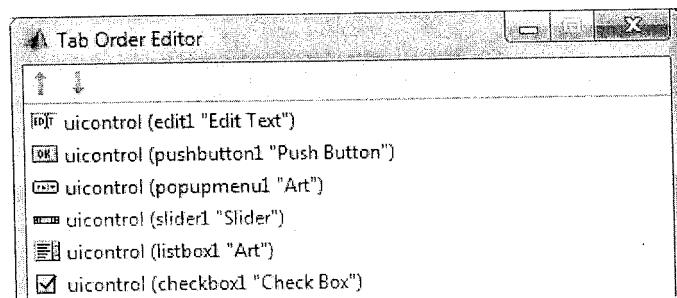


รูปที่ 2-39 ผลการรัน gui ตามคำสั่งในรูปที่ 2-38

## 2.4 การจัดลำดับ Tab และແນບເມນູກຣີອ່ອນນູ້

### 2.4.1 การจัดลำดับ Tab

การใช้ GUI บางครั้งเราต้องการใช้แป้นพิมพ์ (ปุ่มTab) ในการเลือกวัตถุแต่ละปุ่ม โดยการกดปุ่ม<Tab>แต่ละครั้งจะมีลำดับ ซึ่งเราสามารถแก้ไขได้โดยคลิกปุ่ม บริเวณແນບເມນູກຣີອ່ອນນູ້ ด้านบนในหน้าต่าง GUIDE (ใช้ GUI ในตัวอย่างที่แล้ว) และเมื่อคลิกแล้วจะปรากฏหน้าต่าง Tab Order Editor ดังรูปที่ 2-40



รูปที่ 2-40 หน้าต่าง Tab Order Edition

ในหน้าต่างนี้เราสามารถเลือนลำดับได้ด้วยปุ่มลูกศรขึ้นหรือลง โดยวัตถุที่อยู่บนสุดจะเป็นอันดับแรกและเรียงตามมาเรื่อยๆ

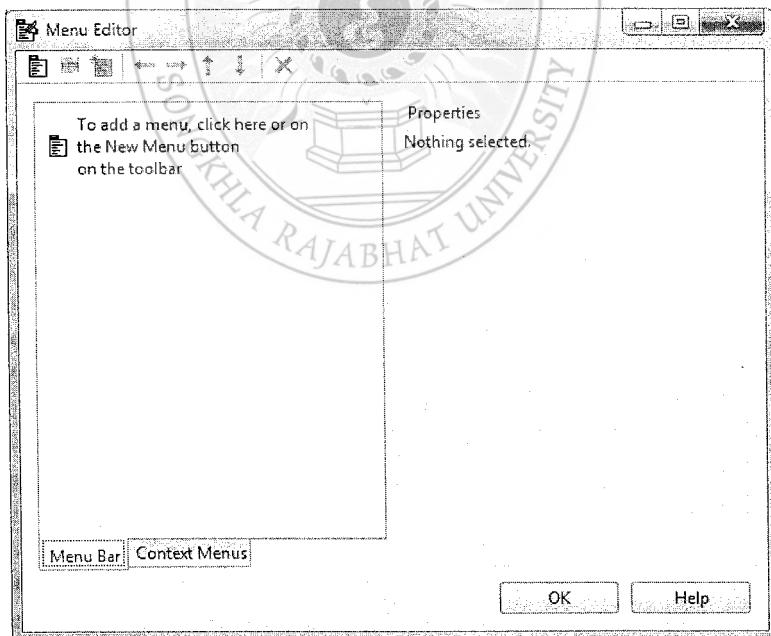
#### 2.4.2 เมนูແຄบเครื่องมือ

เมนูโดยปกติแบบข้อความแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือแบบที่ปรากฏอยู่ในแถบเมนูในหน้าต่าง Figure ( Menu Bar ) และแบบที่จะปรากฏเมื่อมีการคลิกขวาในแต่ละวัตถุ ( Context Menu) และเมนูประเภทที่เป็นรูปไอคอนหรือແຄบเครื่องมือ ( Toolbar )

##### แถบเมนู (Menu Bar)

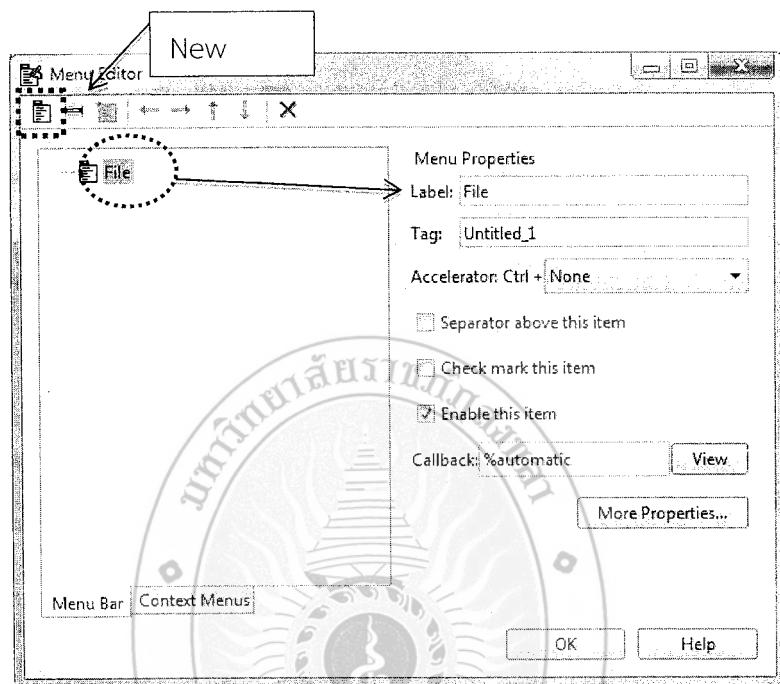
ก่อนอื่นให้เราใช้ guide สร้าง GUI แบบว่างเปล่าขึ้นมาก่อน โดยเดี๋ยวก่อน Black GUI (Default) ในหน้าต่าง GUIDE Quick Start อย่างที่ได้กล่าวไปแล้ว

1) การสร้างเมนู GUIDE ทำได้โดยคลิกปุ่ม  บริเวณແຄบเครื่องมือด้านบนในหน้าต่าง GUIDE เมื่อคลิกแล้วจะปรากฏหน้าต่าง Menu Editor แสดงดังรูปที่ 2-41

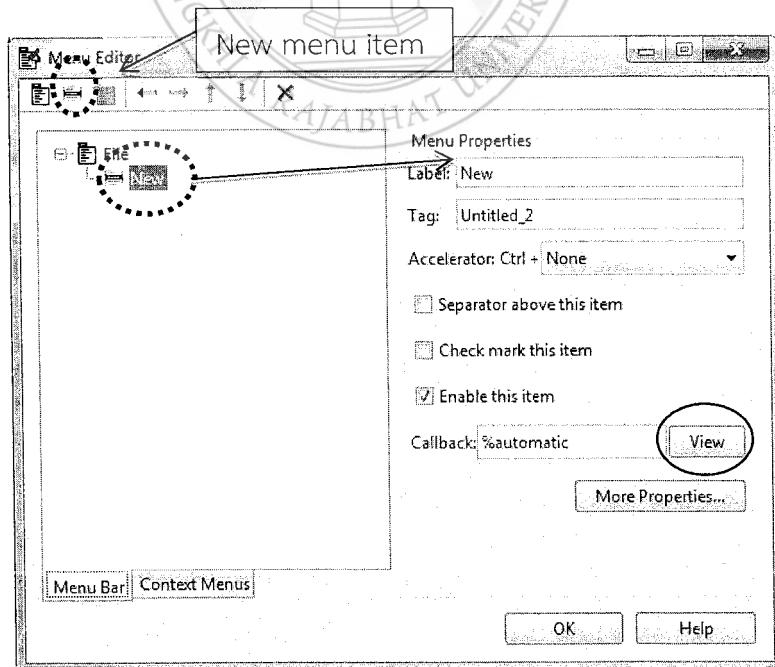


รูปที่ 2-41 หน้าต่าง Menu Editor ในส่วนของ Menu Bar

2) เมื่อต้องการสร้างเมนูใหม่ให้คลิกปุ่ม New Menu ในกรอบสีเหลืองเส้นประจะปรากฏเมนูใหม่ชื่อ Untitled1 ในกรอบด้านล่างให้คลิกเมนูใหม่ที่สร้างขึ้นเพื่อแก้ไขค่าคุณสมบัติ Label เป็น File แสดงดังรูปที่ 2-42



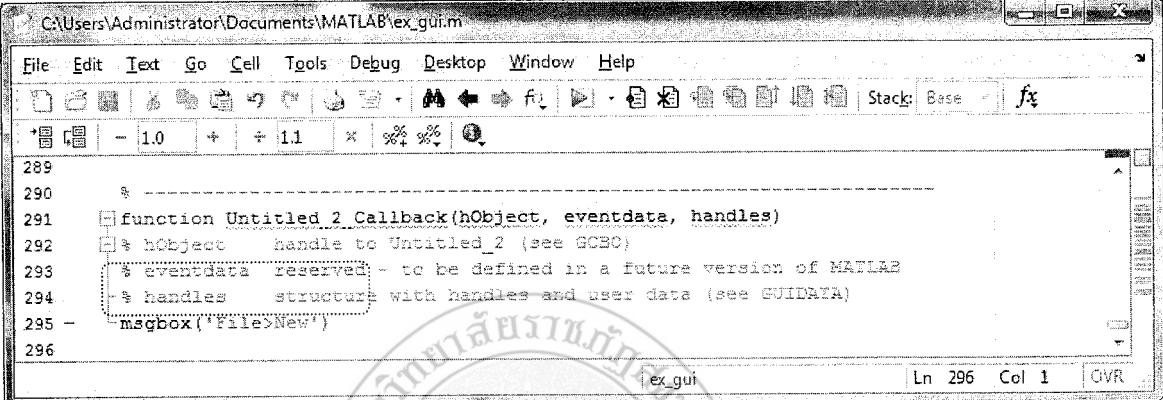
รูปที่ 2-42 การสร้างเมนู File



รูปที่ 2-43 การสร้างเมนูย่อย New

3) เมื่อต้องการสร้างเมนูย่อยให้กดปุ่ม New Menu Item ในวงกลมเส้นประจะปรากฏเมนูย่อยใหม่ในกรอบด้านล่างให้แก้ไขค่าคุณสมบัติ Label เป็น New แสดงดังรูปที่ 2-43

4) หากต้องการเขียนโปรแกรมให้ทำงานเมื่อมีการกดเมนูนั้นๆทำได้โดยกดปุ่ม View ในวงกลมเส้นที่บจะปรากฏฟังก์ชันนี้แล้วให้เขียนคำสั่งดังรูปที่ 2-44



```

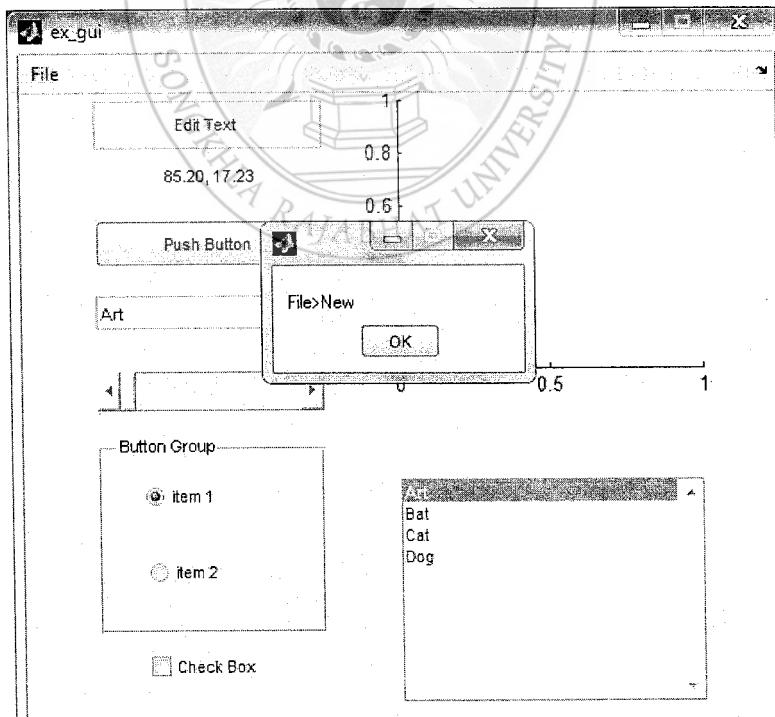
C:\Users\Administrator\Documents\MATLAB\ex_gui.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack: Base | fx
1.0 - 1.1 + % * %% / %
289
290 %
291 function Untitled_2_Callback(hObject, eventdata, handles)
292 % hObject handle to Untitled_2 (see GCBO)
293 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
294 % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
295 - msgbox('File>New')
296

```

Ln 296 Col 1 GVR

รูปที่ 2-44 การเขียนคำสั่งเพื่อให้เมนูย่อย New ทำงาน

เมื่อสั่งรันและเลือกเมนู New จะปรากฏข้อความว่า File > New แสดงดังรูปที่ 2-45

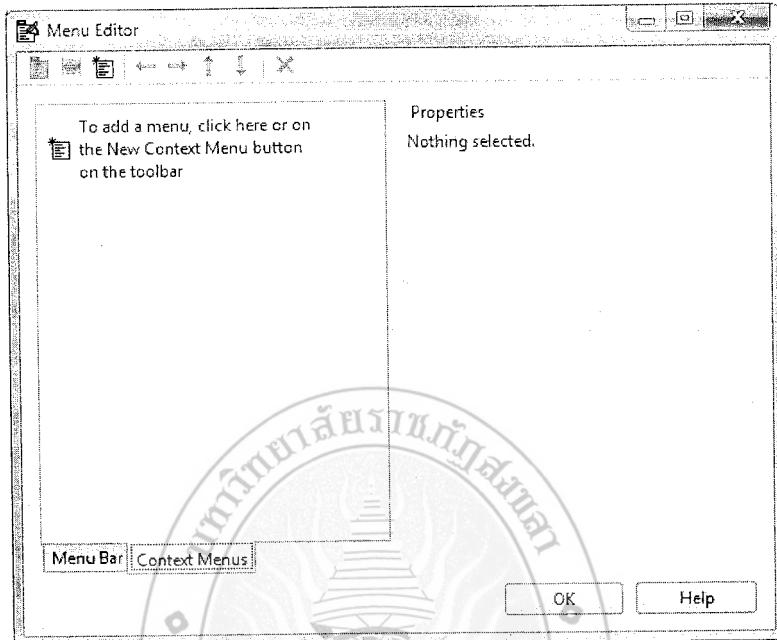


รูปที่ 2-45 ผลการรัน gui และเลือก File<New ที่เมนูบาร์

## Context Menus

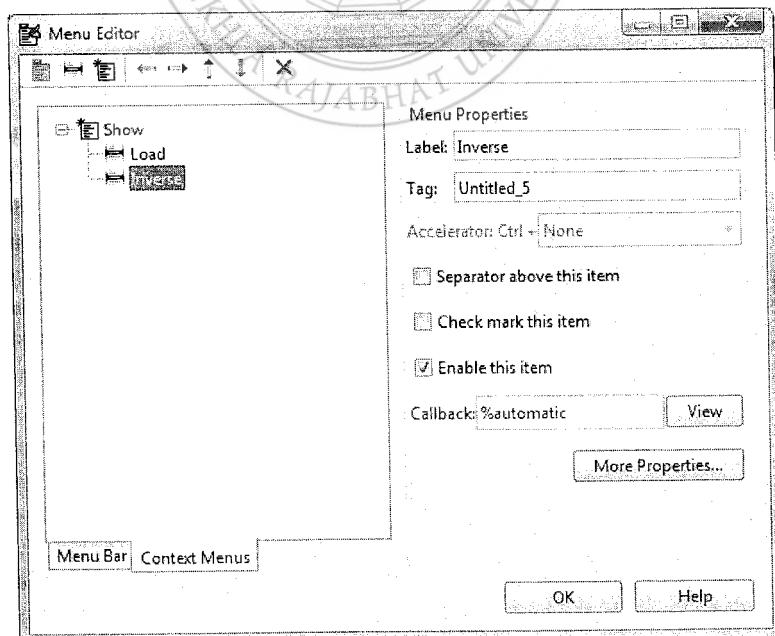
การสร้าง Context Menus ทำได้ในหน้าต่าง Menu Editor เช่นเดียวกับการสร้างแถบเมนู

- ให้คลิกที่ Context Menus แทนดังรูปที่ 2-46



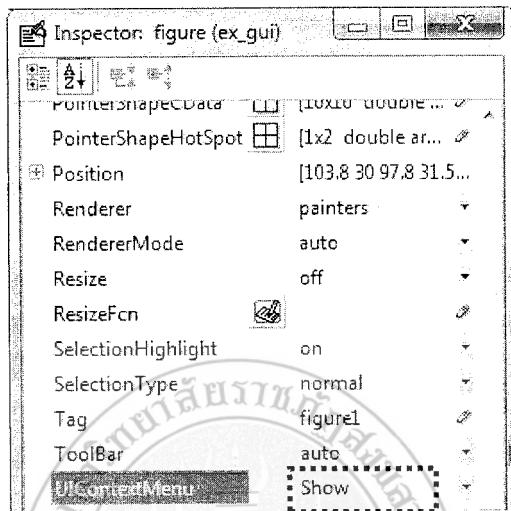
รูปที่ 2-46 หน้าต่าง Menu Editor ในส่วนของ Context Menus

- ให้เราสร้างเมนูและแก้ไขคุณสมบัติ Label ให้มีลักษณะดังรูปที่ 2-47



รูปที่ 2-47 การสร้างเมนู Show, Load และ Inverse

3) เพิ่ม Context Menus เข้าไปในหน้าต่าง Figure โดยการแก้ไขคุณสมบัติ UIContextMenu ในหน้าต่าง Inspector (ดับเบลคลิกที่ figure1 ใน GUIDE เพื่อเปิด) เป็น Show (ชื่อ Tag ของ Context Menu ที่สร้างขึ้นแสดงดังรูปที่ 2-48)



รูปที่ 2-48 หน้าต่าง Inspector: figure(ex\_gui)

4) สำหรับเมนู Load ให้คลิกปุ่ม View บริเวณ Callback เพื่อแก้ไขโปรแกรม แสดงดังรูปที่ 2-49

```

C:\Users\Administrator\Documents\MATLAB\ex_gui.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
1.0 + 11 × %% %% %
299 function Untitled_4_Callback(hObject, eventdata, handles)
300 % hObject    handle to Untitled_4 (see GCBO)
301 % eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
302 % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
303 -
304 - load main.jpg
305 - if isfield(handles,'himage')
306 -     set(handles.himage,'cdata',X)
307 - else
308 -     himage=imshow('main.jpg') ;
309 -     set(himage,'uicontextmenu',handle.Show);
310 -     handles.himage=himag;
311 -     guidata(hObject, handles)
312 -

```

The code in the editor is for a callback function. It loads an image named 'main.jpg' and sets its 'cdata' property to 'X'. If 'himage' is not a field in the handles structure, it creates a new image object and sets its 'uicontextmenu' property to 'handle.Show'. It also updates the handles structure and saves the state with 'guidata'. The 'Callback' section of the code is highlighted with a red box.

รูปที่ 2-49 การเขียนคำสั่งสำหรับเมนู Load

5) เม뉴 Inverse ให้กดลิขปุ่ม View บริเวณ Callback เพื่อแก้ไขโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 2-50

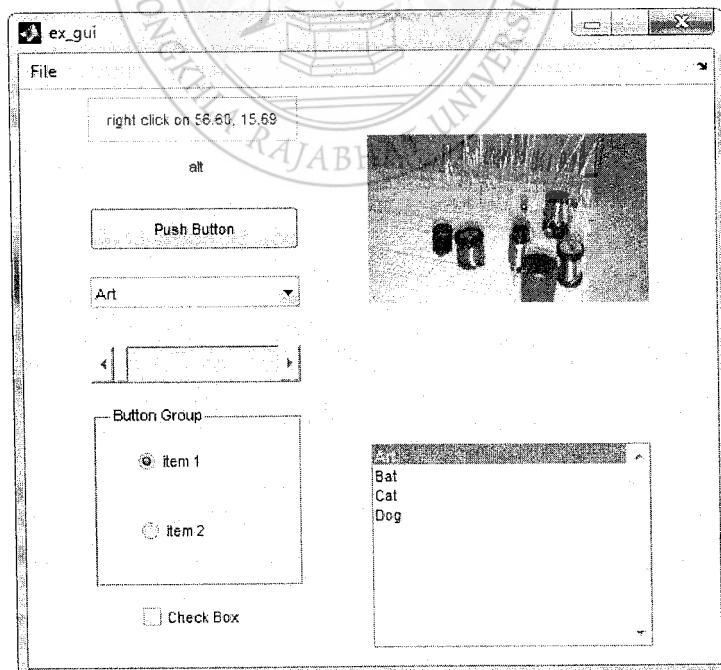
```
C:\Users\Administrator\Documents\MATLAB\ex_gui.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
1.0 + ÷ 11 × % + % fx
312 %
313 function Untitled_5_Callback(hObject, eventdata, handles)
314 % hObject handle to Untitled_5 (see GCBO)
315 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
316 % handles.output...structure with handles and user data (see GUIDATA)
317 - load main.jpg
318 - himage=imshow('main.jpg');
319 - handles.himage=himage;
320 - X=get(handles.himage,'cdata');
321 - map=get(handles.figure1,'colormap');
322 - X=max(X(:))-X;
323 - set(handles.himage,'cdata',X);
324

```

The screenshot shows the MATLAB Editor window with the file name C:\Users\Administrator\Documents\MATLAB\ex\_gui.m. The code in the editor is for the Untitled\_5\_Callback function. The line at index 318, which contains the command 'load main.jpg', is highlighted with a dashed rectangle.

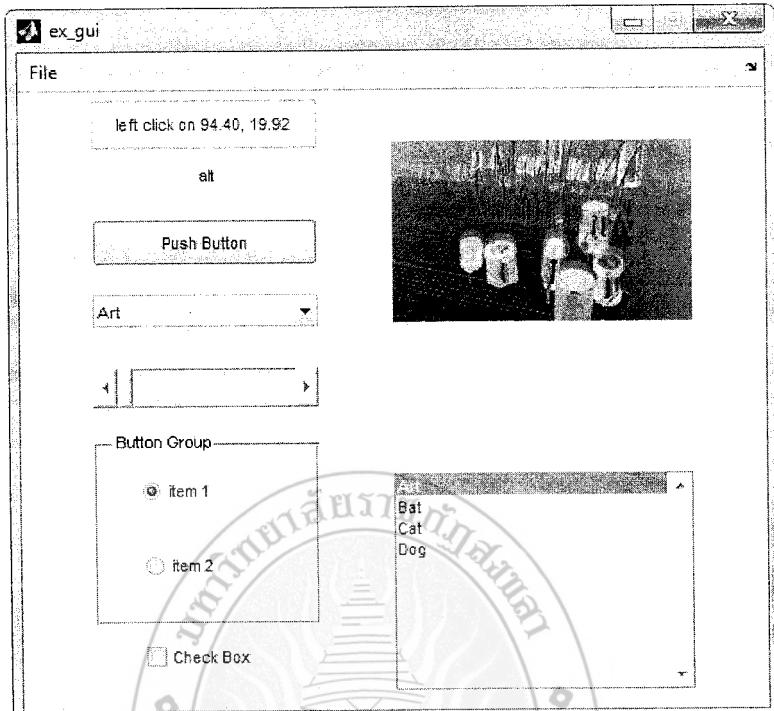
รูปที่ 2-50 การเขียนคำสั่งสำหรับเมนู Inverse

6) สร้างรันแล้วทดสอบคลิกขวาภายใต้หน้าต่าง Figure และเลือก Load จะได้ผล แสดงดังรูปที่ 2-51



รูปที่ 2-51 แสดงภาพเมื่อคลิกขวาแล้วเลือกเมนู Load

เมื่อทดสอบคลิกขวาแล้วเลือก inverse จะได้ภาพแบบบลน ( Negative) แสดงดังรูปที่ 2-52



รูปที่ 2-52 แสดงภาพเมื่อคลิกขวาแล้วเลือกเมนู Inverse

### 2.4.3 สรุป

ส่วนต่อประสานงานกราฟฟิกกับผู้ใช้งานโปรแกรม MATLAB เป็นส่วนประกอบของโปรแกรมที่อยู่ระหว่างส่วนโปรแกรมหลักกับผู้ใช้ ช่วยเพิ่มความสมบูรณ์ และความสะดวกให้แก่ผู้ใช้งานมากขึ้น วัตถุประเภท GUI ใน MATLAB ถือเป็นวัตถุชนิดหนึ่งภายใต้หน้าต่าง Figure ซึ่งสามารถเขียนได้ 2 รูปแบบคือ รูปแบบที่ 1 ใช้เครื่องมือช่วยในการเขียนใน MATLAB graphical User Interface Development Environment (GUIDE) รูปแบบที่ 2 ใช้ชุดคำสั่ง หรือฟังก์ชันในการสร้าง โดยไม่ใช้ GUIDE

โดยส่วนใหญ่การพัฒนา GUI ของโปรแกรม MATLAB จะใช้วิธีการเขียนตามรูปแบบที่ 1 เพราะมีวิธีการและขั้นตอนในการพัฒนาที่ง่าย สะดวก และรวดเร็ว โดยที่วัตถุต่างๆ ที่เราได้สร้างขึ้นใน GUI เป็นวัตถุส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface Object) เดียวกัน แต่ต่างกันที่คุณสมบัติ Style ที่เราได้สร้างไปประกอบด้วยวัตถุต่างๆ ดังต่อไปนี้

Push Button เหมาะสำหรับให้ผู้ใช้กดเพื่อเป็นการตอบตกลง ยกเลิก หรือใช้ในการบอกรหัส เริ่มต้นหรือสินสุดเหตุการณ์ใดๆ

Slider Bar เหมาะสำหรับให้ผู้ใช้ปรับค่าแบบเพิ่มหรือลด ขึ้นหรือลง ซ้ายหรือขวา เป็นต้น Radio Button เมามาสำหรับเป็นรายการให้ผู้ใช้เป็นตัวเลือกเดียว ซึ่งผู้ใช้สามารถเห็นตัวเลือกได้ทุกตัว โดยนิยมบรรจุ Radio Button ที่ต้องการให้เลือกข้อใดข้อหนึ่ง ไว้ภายใน Button Group (Panel) เดียวกัน

Check Box เมามาสำหรับให้ผู้ใช้เลือกเพื่อเปิดหรือปิด เอาหรือไม่เอา ใช่หรือไม่ใช่ เป็นต้น Edit Text เมามาสำหรับให้ผู้ใช้ป้อนข้อมูล

Static Text เมามาสำหรับใช้ในการแสดงข้อความ คำอธินาย ชื่อ ฯลฯ ในลักษณะavar โดยผู้ใช้ไม่มีสิทธิ์ในการเปลี่ยนแปลง (แต่เราสามารถเปลี่ยนข้อความที่แสดงได้ด้วยการเขียนโปรแกรม)

Pop-up Menu เมามาสำหรับเป็นรายการให้ผู้ใช้เป็นตัวเลือก แบบเลือกได้ตัวเลือกเดียว

List Box เมามาสำหรับเป็นรายการให้ผู้ใช้เป็นตัวเลือกแบบเลือกได้ตัวเลือกเดียวหรือหลายตัวเลือกพร้อมกัน

Axes เมามาสำหรับใช้ในการแสดงกราฟิก เช่น กราฟ ภาพ หรือ วิดีโอ ฯลฯ

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยเพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์ระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้าโดยใช้จีบีอูของแมทแล็บ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ฉัตรชัย เหล่าพรหมสุคนธ์ และ สวัสดิ์โชค เลิศเดชา (2553). [10] ทำโครงการเรื่องการพัฒนา Simulink ของ Matlab สำหรับการวิเคราะห์ระบบควบคุมเชิงเส้น เป็นโครงงานที่เกี่ยวกับพังก์ชั่นคาสั่งของ Simulink ในโปรแกรม Matlab โดยในโครงงานนี้จะทำการจalon ของ DC motor ในพังก์ชั่นคำสั่งของ Simulink ซึ่งผู้จัดทำได้ทำการแสดง Simulink ในหน้าต่างของ GUI (Graphic User Interface) โดยการใช้คำสั่งต่างๆป้อนลงในโปรแกรม Matlab ซึ่งในหน้าต่างหลักของ GUI จะประกอบไปด้วยระบบ DC motor without PID , DC motor with PID และ System info โดยภายในระบบ DC motor without PID และระบบ DC motor with PID จะมีช่องให้ผู้ใช้ป้อนข้อมูลลงไปในค่าตัวแปรต่างๆหลังจากป้อนข้อมูลโปรแกรมจะทำการคำนวณและแสดงผลของค่าต่างๆโดยค่าต่างๆจะแสดงถึงความเสถียรของระบบตามทฤษฎีของ Linear Control System อาทิเช่น กราฟ Step Response , Impulse Response , Bode Diagram และค่า Setting Time, Time Peak , Rise Time , Steady-State Error , Zeta และ Natural Frequency โดยผู้ใช้จะเห็นความแตกต่างของระบบ

DC motor เมื่อไม่ติดตั้งตัวควบคุม PID (Proportional Integral Derivative) และเมื่อติดตั้งตัวควบคุม PID

ศรัณย์ ชุตดี และ สมศักดิ์ อรรถกิมมาภูล (2555). [11] ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาโปรแกรมจำลองสำหรับศึกษาและวิเคราะห์วงจรกรองความถี่ภายในท่อน้ำ คลื่นด้วยวิธีการวนรอบของคลื่นงานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาโปรแกรมจำลองสำหรับศึกษาและวิเคราะห์วงจรกรองความถี่ภายในท่อน้ำ คลื่นโดยใช้วงจรช่องแคน (Iris) ที่วางตัวในท่อน้ำ คลื่น ลักษณะต่างกัน ทำให้ความสมมูลย์ทางไฟฟ้าเทียบได้กับ ตัวเหนี่ยววน (Inductive Iris) ตัวเก็บประจุ (Capacitive Iris) ตัวเหนี่ยววนและตัวเก็บประจุต่อขานานกัน (Resonant Iris) การวิเคราะห์จะใช้หลักการแพร์กร레이ของคลื่นแม่เหล็ก ไฟฟ้าร่วมกับวิธีการคำนวณแบบวนรอบ (Wave Iterative Method) ซึ่งจะคำนวณหาค่าขนาดของคลื่นบนพื้นที่พิกเซลของวงจรช่องแคน และโอดเมนทางความถี่หรือ โใหมดที่แพร์กร레이ในอากาศ โดยใช้รูปแบบของการเปลี่ยนสภาพของโใหมด-พิกเซลอย่างเร็ว (Fast Mode-Pixel Transform) ผู้วิจัยได้สร้างโปรแกรมจำลองเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาและวิเคราะห์เรียกว่า โปรแกรม WCD V. 1.03 (Waveguide Circuit Design Version 1.03) ที่แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วยส่วน รับข้อมูล ส่วนประมวลผล และส่วนแสดงผล โครงสร้างของโปรแกรมจะมีลักษณะเป็นหน้าต่างเมนูที่ทำ้งานภายใน โต๊ะพิมพ์ GUI (Graphic User Interface) ของโปรแกรม MATLAB จากนั้นได้ทำการทดสอบผลการทำงานของโปรแกรมจำลองทั้งสองมีความสอดคล้องกัน และโปรแกรม WCD สามารถแสดงขนาดและรูปร่างของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กในวงจรช่องแคนได้อย่างถูกต้อง

จรัก สามารถ สมารถ จำเกลี้ยง และ สมศักดิ์ อรรถกิมมาภูล (2556). [12] ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาโปรแกรมจำลองวงจรกรองความถี่สำหรับประยุกต์ใช้ในการศึกษา้านวิศวกรรมโทรคมนาคม ในรูปแบบของโปรแกรมจำลอง โดยโปรแกรมจำลองวงจรกรองความถี่ที่พัฒนาขึ้นทำงานภายใต้โปรแกรม MATLAB ส่วนรับและแสดงผลการทำงานพัฒนาด้วยพิมพ์ GUI และวิเคราะห์ผลโดยวิธีการวนรอบของคลื่นผลการทดสอบพบว่าโปรแกรมจำลองวงจรกรองความถี่ที่พัฒนาสามารถแสดงขนาดและแสดงรูปของวงจรกรองความถี่ไมโครสเตริปแสดงพารามิเตอร์ระจัดกระจาย และรูปของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า โดยผลการจำลองมีความสอดคล้องกับผลการคำนวณของโปรแกรม Sonnet Lite เวอร์ชัน 11.53 ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า โปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้เป็นสื่อประกอบ การสอนเรื่องวงจรกรองความถี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ศิริชัย วัฒนาโภสกhan (2557). [13] ทำการวิจัยเรื่องโปรแกรมออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสแสตร์ม มีการพัฒนามาจากโปรแกรม Visual C# โดย การทดสอบโปรแกรมสามารถทำได้โดยออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสแสตร์มแบบบานาน ขนาดพิกัด 2400 W 220V 11 A 1450 rpm. ด้วย โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นและนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับรายละเอียดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขนาดเดียวกันที่ใช้งานอยู่ในห้องปฏิบัติการ ผลจากการเปรียบเทียบจะพบว่าพารามิเตอร์ส่วนใหญ่ จะมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อยกว่า 20% นอกจากนี้ยังมีพารามิเตอร์อีก 3 ตัวที่มีค่าต่องกัน คือ Brush thickness, Brush width และ Brush height ในขณะที่ Losses from friction มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นมากที่สุด คือ 58.17%

อลังกรณ์ พรมที พินิจ เนื่องกริมบี้ ศรีณรงค์อรรถทิมากุล (2557). [14] ทำการวิจัยเรื่องโปรแกรมจำลองการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในโครงตัวนำโดยวิธีของโน้ม-men ที่ทำงานภายใต้พังก์ชันการเข้าเมือง กับผู้ใช้ทางกราฟิก (GUI) ของโปรแกรม MATLAB ซึ่งผู้ใช้สามารถกำหนดขนาดพื้นที่ของแผ่นและโครงตัวนำต่ออุณหภูมิจำนวนใหม่ของคลื่นที่แพร่กระจายได้โดย การจำลองจะแสดงให้เห็นรูปร่างของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่เกิดขึ้นบริเวณแผ่นตัวนำขนาดของคลื่นในโดเมน ของスペกตรัม ได้ผลของการวิเคราะห์การแพร่กระจาย คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดย โปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้น มีความสอดคล้องและใกล้เคียงกับผลทางทฤษฎีทั้งนี้จาก การประเมินคุณภาพของ โปรแกรมจำลอง โดยผู้เชี่ยวชาญ และผู้ใช้งาน พบว่าความพึงพอใจที่มีต่อโปรแกรม จำลอง เฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.19 ค่า S.D. เท่ากับ 0.78) ดังนั้นสรุปได้ว่า โปรแกรม จำลองการแพร่กระจาย คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในโครงตัวนำสามารถใช้เป็นสื่อการสอน สำหรับวิชา คลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและวงจรความถี่สูงได้

ไพบูล คงเรือง และ สมมารถ จำเกลี้ยง (2558). [15] ทำการวิจัยเรื่อง โปรแกรมออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้าตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 รูปแบบของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นทำงานด้วยโปรแกรมแมทแล็บในฟังก์ชันจีบี ไอ การทดสอบ โปรแกรมสามารถทำได้โดยนำผลการออกแบบจากโปรแกรมเปรียบเทียบกับการคำนวณทางทฤษฎี หลังจากนั้นนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ทำการประเมินคุณภาพการใช้งาน ผลการวิจัยพบว่า ผลการคำนวณของ โปรแกรมมีความถูกต้องตรงตามผลการคำนวณทางทฤษฎี มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 0.01 เปอร์เซ็นต์ และผลการประเมินคุณภาพการใช้งานของผู้เชี่ยวชาญ มีค่าอยู่ในระดับมากที่สุด

สมมารถ จำเกลี้ยง (2558). [16] ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการวิเคราะห์ผลตอบสนองของวงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่งและ วงจรไฟฟ้าอันดับสองเบื้องต้นโดยใช้จีบี ไอของแมท-แล็บ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับวิเคราะห์ผลตอบสนองของวงจรไฟฟ้าอันดับ

หนึ่งและครึ่ง ไฟฟ้าอันดับสองเมืองต้น โดยใช้จุดที่สองของแมบทแล็บ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน และ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง ภาคเรียนที่ 2/2556 หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต คณะเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา จำนวน 28 คน ผลการวิจัยพบว่า ผลการคำนวณของ ซอฟต์แวร์มีความถูกต้องตรงตามผลการคำนวณทางทฤษฎี มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ และผลการประเมินคุณภาพการใช้งานของผู้เชี่ยวชาญ มีค่าอยู่ในระดับมากที่สุด มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของมาตรฐานสากล (1.03)



## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินการวิจัย

การพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์ระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้าโดยใช้จีบุํล์ของแมทแล็บ มีขั้นตอนการพัฒนาดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ปัญหา (Problem Analysis)

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบโปรแกรม (Program Design)

ขั้นตอนที่ 3 การเขียนโปรแกรม (Program Coding)

ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบและแก้ไขโปรแกรม (Program Testing & Verification)

ขั้นตอนที่ 5 การขัดทำเอกสารและคู่มือการใช้งาน (Program Documentation)

ขั้นตอนที่ 6 การทดลองใช้โปรแกรมโดยผู้เชี่ยวชาญ (Program Trying by the Experts)

#### 3.1 การวิเคราะห์ปัญหา

##### 3.1.1 กำหนดขอบเขตของปัญหา

ขอบเขตของปัญหาในการสร้างโปรแกรมวิเคราะห์ระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้าโดยใช้จีบุํล์ของแมทแล็บ มีดังนี้

1) ปัญหาเกี่ยวกับการจำลองผลตอบสนองชั่วขณะ (Transient Respond) ของระบบ

ควบคุม

2) ปัญหาเกี่ยวกับการจำลองผลตอบสนองตามความถี่แบบบode (Bode Plot) ของระบบ

ควบคุม

3) ปัญหาเกี่ยวกับการจำลองผลตอบสนองแบบไนคิสต์ (Nyquist Plot) ของระบบ

ควบคุม

4) ปัญหาเกี่ยวกับการจำลองผลตอบสนองแบบเส้นทางเดินของราก (Root Locus Plot)

ของระบบควบคุม

### 3.1.2 การกำหนดข้อมูลนำเข้า

ข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในโปรแกรมประกอบด้วยตัวแปรต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- ระบบควบคุมอันดับหนึ่ง ประกอบด้วย เวลา ( $t$ ) และ ( $T$ )
- ระบบควบคุมอันดับสอง ประกอบด้วย ความถี่ธรรมชาติไม่มีความหน่วง (Undamped Natural Frequency) อัตราส่วนแ昏ปิง (Damping ratio) และเวลา ( $t$ )
- การออกแบบและวิเคราะห์ฟังก์ชัน ประกอบด้วย สมการการถ่ายโอน (Transfer Function) และ เวลา ( $t$ )

### 3.1.3 วิธีการประมาณผลลัพธ์การประมาณผล

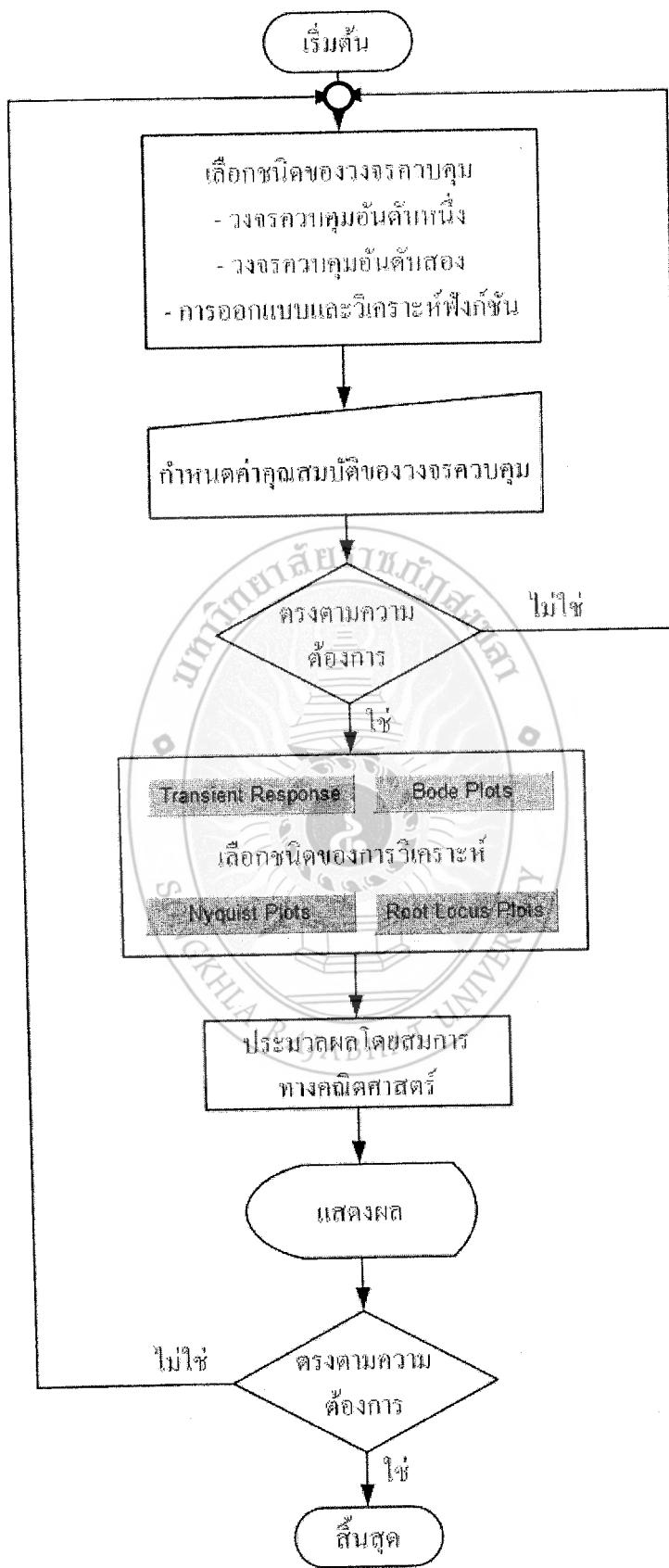
จะใช้วิธีการส่งผ่านตัวแปรที่เป็นตัวเลขสู่สมการทางคณิตศาสตร์ ที่เป็นสมการที่เกิดจาก การวิเคราะห์ระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้าแต่ละชนิด

### 3.1.4 การกำหนดผลลัพธ์

การแสดงผลลัพธ์ของโปรแกรมจะเป็นภาพกราฟฟิกส์ทางภาพ และแสดงเป็นค่าตัวเลข

## 3.2 การออกแบบโปรแกรม

การสร้างโปรแกรมวิเคราะห์ระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้าโดยใช้ GUI ของ MATLAB มีการออกแบบโปรแกรมโดยใช้ผังงาน (Flowchart) และแสดงดังรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 ผังงานการทำงานของโปรแกรมวิเคราะห์ระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้า

### จากรูปที่ 3-1 สามารถอธิบายได้ดังนี้

1) ชนิดของวงจรควบคุมในโปรแกรมนี้จะกำหนดได้ 3 ชนิด ได้แก่

- วงจรควบคุมอันดับหนึ่ง
- วงจรควบคุมดันดับสอง
- การออกแบบและวิเคราะห์วงจรควบคุม

2) กำหนดค่าคุณสมบัติของวงจรควบคุม

- ระบบควบคุมอันดับหนึ่ง ประกอบด้วย เวลา ( $t$ ) และค่าคงที่เวลา ( $T$ )
- ระบบควบคุมอันดับสอง ประกอบด้วย ความถี่ธรรมชาติไม่มีความหน่วง

(Undamped Natural Frequency) อัตราส่วนแ美德ปิง (Damping ratio) และเวลา ( $t$ )

- การวิเคราะห์ฟังก์ชัน ประกอบด้วย สมการการถ่ายโอน (Transfer Function) และเวลา ( $t$ )

3) ตรวจสอบ ถ้าใช่ คือตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน โปรแกรมจะให้ไปสู่ขั้นตอนต่อไป ถ้าไม่ใช่ คือไม่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน โปรแกรมจะให้ไปสู่ขั้นตอนการเลือกชนิดของวงจรควบคุมอีกครั้ง

4) เลือกชนิดของการวิเคราะห์ระบบควบคุม ประกอบด้วย

- การจำลองผลตอบสนองชั่วขณะ (Transient Respond) ของระบบควบคุม
- การจำลองผลตอบสนองความถี่แบบโนเด (Bode Plot) ของระบบควบคุม
- การจำลองผลตอบสนองแบบไนคิวส์ต์ (Nyquist Plot) ของระบบควบคุม
- การจำลองผลตอบสนองแบบเส้นทางเดินของราก (Root Locus Plot) ของระบบควบคุม

ควบคุม

5) ประมวลผลโดยสมการทางคณิตศาสตร์แสดงดังต่อไปนี้

- การจำลองผลตอบสนองชั่วขณะ (Transient Respond) ของระบบควบคุม โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ดังต่อไปนี้

$$\text{สัญญาณอันดับหนึ่งจะได้ } R(s) = \frac{1}{s}$$

$$\text{สมการจำลองผลตอบสนองชั่วขณะคือ } c(t) = 1 - e^{\frac{-t}{T}} \quad (t \geq 0)$$

$$\text{สัญญาณลากจะได้ } R(s) = \frac{1}{s^2}$$

$$\text{สมการจำลองผลตอบสนองชั่วขณะคือ } c(t) = 1 - T(1 - e^{\frac{-t}{T}}) \quad (t \geq 0)$$

$$\text{สัญญาณอินพุตอินพัลส์จะได้ } R(s) = 1$$

$$\text{สมการจำลองผลตอบสนองชั่วขณะคือ } c(t) = \frac{1}{T} - e^{\frac{-t}{T}} \quad (t \geq 0)$$

- การจำลองผลตอบสนองตามความถี่แบบโน�เด (Bode Plot) ของระบบควบคุม โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ดังต่อไปนี้

พิจารณาฟังก์ชันถ่ายโอนรูปคลื่นไซนุซอยด์ เมื่อฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบควบคุมแบบไม่เปลี่ยนตามเวลา มีค่า

$$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)}$$

แทน  $s$  ด้วย  $j\omega$  ลงในสมการจะได้

$$G(j\omega) = \frac{Y(j\omega)}{X(j\omega)}$$

หาค่าขนาดของ  $G(j\omega)$  จะได้

$$|G(j\omega)| = \sqrt{\frac{|Y(j\omega)|^2}{|X(j\omega)|^2}}$$

หาค่ามุมของ  $G(j\omega)$  จะได้

$$\angle G(j\omega) = \frac{\angle Y(j\omega)}{\angle X(j\omega)}$$

ถ้ามีมุมเป็นบวกเรียกว่ามุมนำหน้า (Phase Lead) และถ้ามุมมีค่าเป็นลบเรียกว่ามุมล่าหลัง (Phase Lag) หรือเขียนอัญญิในรูปฟังก์ชันเชิงซ้อนที่มีความถี่ดังสมการ

$$G(j\omega) = |G(j\omega)| \cdot \angle G(j\omega)$$

โดยที่

$$|G(j\omega)| \text{ คือ ขนาดของ } G(j\omega)$$

$$\angle G(j\omega) \text{ คือ มุมของ } G(j\omega)$$

- การจำลองผลตอบสนองแบบไนคิวสต์ (Nyquist Plot) ของระบบควบคุม โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ดังต่อไปนี้

วิธีไนคิวสต์จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชันถ่ายโอนแบบเปิดของผลตอบสนองความถี่ กับจำนวนซีโร่และจำนวนโพลของสมการ  $1 + G(s)H(s)$  ที่อยู่บนครึ่งขวาของระนาบเชิงซ้อน เมื่อพิจารณาระบบควบคุมที่มีการป้อนกลับที่มีฟังก์ชันถ่ายโอนแบบปิดเป็น

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)}$$

ถ้าระบบมีเสถียรภาพ راكทั้งหมดของสมการคุณลักษณะ  
 $F(s) = 1 + G(s) + H(s) = 0$  หรือ โพลของระบบปิดทั้งหมดจะต้องอยู่บนครึ่งระนาบซ้ายของ  
 ระนาบเรอส์

- การจำลองผลตอบสนองแบบเส้นทางเดินของราก (Root Locus Plot) ของระบบ

### ความคุณ

เมื่อพิจารณาระบบควบคุมที่มีการป้อนกลับที่มีฟังก์ชันถ่ายโอนแบบปิดเป็น

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)}$$

และมีฟังก์ชันถ่ายโอนแบบเปิดคือ  $G(s)H(s)$

จะได้สมการคุณลักษณะคือ  $1 + G(s)H(s) = 0$

พิจารณาสมการคุณลักษณะ โดยจัดรูปแบบใหม่ เพื่อแสดงให้เห็นค่าเฟคเตอร์อัตราขยาย  $K$  จะได้ดังนี้

$$1 + KG(s)H(s) = 0$$

$$KG(s)H(s) = -1$$

จากสมการหมายความว่า ขนาดของ  $|KG(s)H(s)| = 1$  และมีมุม  $180^\circ$

ถ้าพิจารณาเฉพาะขนาดจะได้

$$|KG(s)H(s)| = 1$$

$$|G(s)H(s)| = \frac{1}{|K|}$$

ถ้าพิจารณาเฉพาะมุมจะได้

$$\angle KG(s)H(s) = 180 + K \cdot 360$$

$$\angle KG(s)H(s) = (2K + 1) \cdot 180$$

เมื่อ  $0 < K < \infty$  หรือ

$$\angle KG(s)H(s) = 0 + K \cdot 360$$

$$\angle KG(s)H(s) = K \cdot 360$$

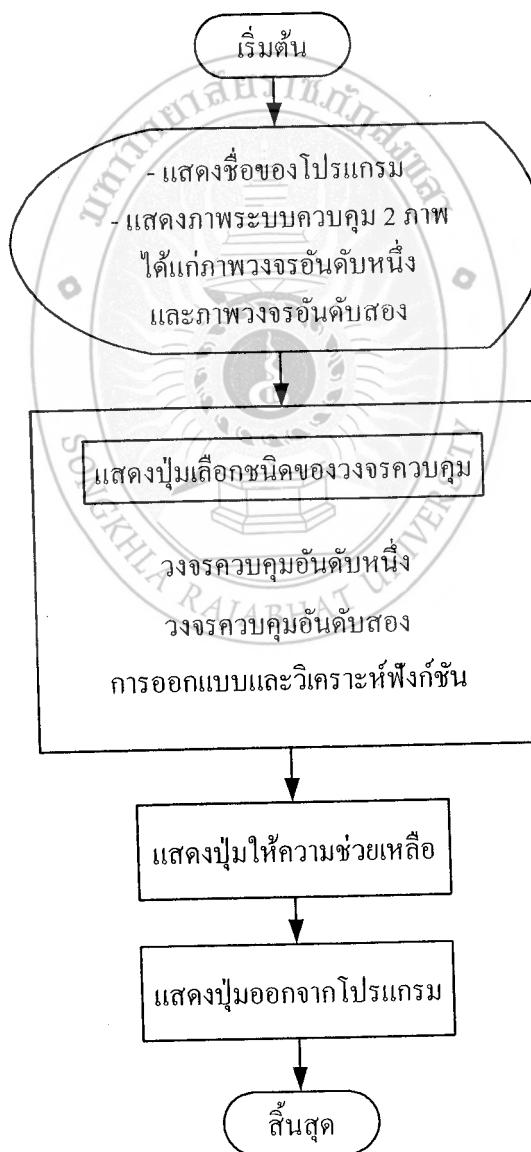
เมื่อ  $\infty < K < 0$

สรุปได้ว่า ทางเดินของรากคือ ทางเดินของรากของสมการคุณลักษณะหรือโพลของฟังก์ชันถ่ายโอนแบบปิดบนระนาบของเรอส์ เมื่อค่าของเฟคเตอร์อัตราการขยาย  $K$  แปรจากค่าศูนย์ไปสู่ค่าน้อยที่สุด รากจะเริ่มต้นออกจากโพลของฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบเปิด ไปสู่ตำแหน่งของตัวของฟังก์ชันถ่ายโอนแบบปิด

### 3.3 การเขียนโปรแกรม

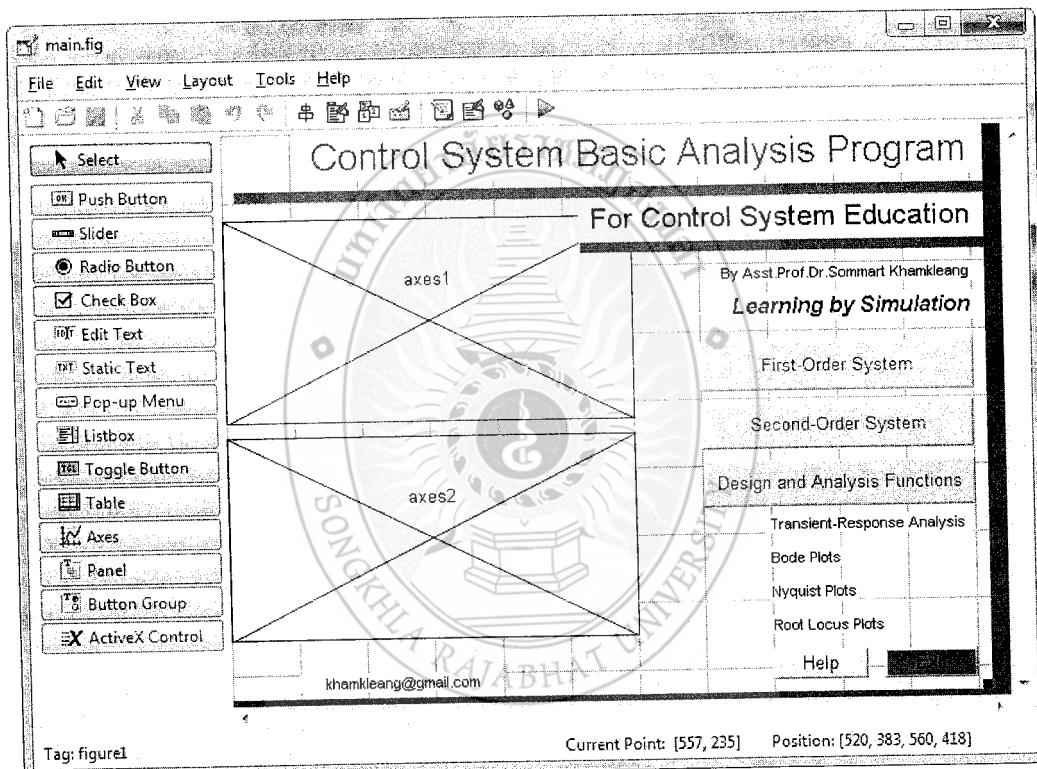
การสร้างโปรแกรมวิเคราะห์ระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้าโดยใช้ GUI ของ MATLAB จะมีการเขียนโปรแกรมทั้งหมด 4 ส่วน ได้แก่ การเขียนโปรแกรมหน้าต่างหลัก การเขียนโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับหนึ่ง การเขียนโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับสอง และ การเขียนโปรแกรมออกแบบและวิเคราะห์ฟังก์ชัน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 3.3.1 การเขียนโปรแกรมหน้าต่างหลัก



รูปที่ 3-2 ผังงานการทำงานของโปรแกรมหน้าต่างหลัก

โปรแกรมหน้าต่างหลัก เป็นส่วนที่แสดงปุ่มให้ผู้ใช้งานเลือกวงจรควบคุมแบบต่าง ๆ ได้แก่ วงจรควบคุมอันดับหนึ่ง วงจรควบคุมดันดับสอง การออกแบบและวิเคราะห์ฟังก์ชัน เมื่อเปิดหน้าต่างนี้จะมีการแสดงชื่อของโปรแกรม มีภาพระบบควบคุมแสดงในหน้าต่าง โปรแกรมหลัก 2 ภาพ ได้แก่ภาพวงจรอันดับหนึ่ง และภาพวงจรอันดับสอง มีปุ่มให้ความช่วยเหลือ Help และปุ่มเพื่อกดออกจากโปรแกรม การเขียนโปรแกรมหน้าต่างหลักนี้ จะเขียนโปรแกรมตามผังงานการทำงานที่ระบุไว้ในรูปที่ 3-2 โดยใช้ฟังก์ชัน GUI ของ MATLAB ผลการสร้างหน้าต่าง GUI แสดงดังรูปที่ 3-3



รูปที่ 3-3 ผลการเขียนโปรแกรมหน้าต่างหลัก

การเขื่อมต่อภาพระบบควบคุมของโปรแกรมหน้าต่างหลักสามารถทำได้โดยคลิกที่ปุ่ม M-file Editor จะปรากฏหน้าต่าง Editor หลังจากนั้นให้เลื่อนลงมาที่

function main\_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin) และสามารถเขียนโค้ดการเขื่อมต่อโดยใช้ไฟล์สคริปของ MATLAB ดังนี้

```
axes(handles.axes1)
handles.layer = imread([filesep 'csl.jpg'], 'jpg');
info = imfinfo([filesep 'csl.jpg'], 'jpg');
image(handles.layer)
```

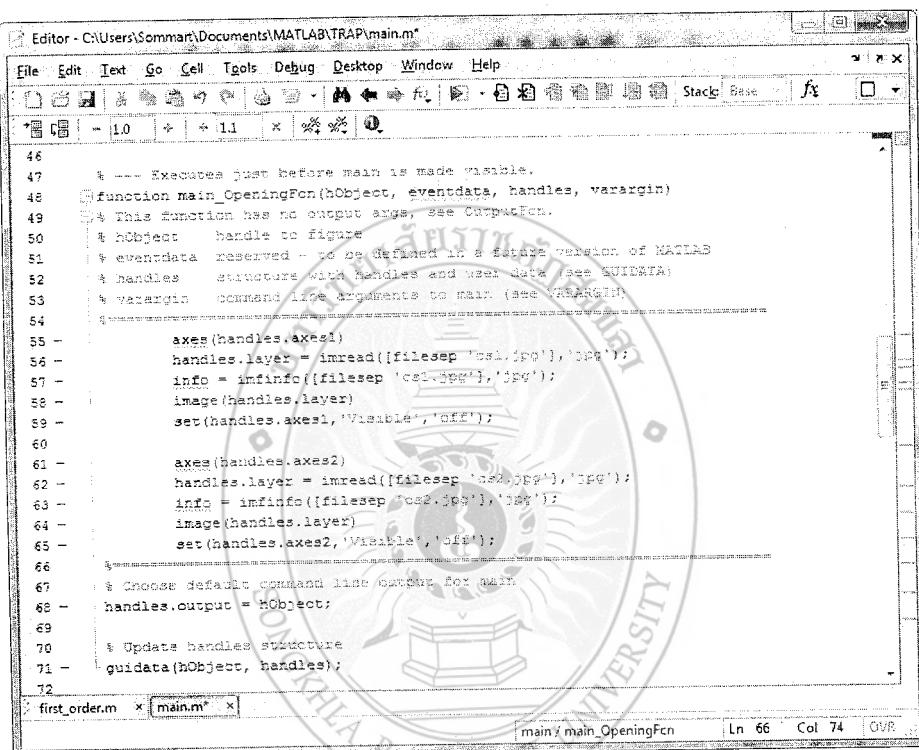
```

set(handles.axes1,'Visible','off');

axes(handles.axes2)
handles.layer = imread([filesep 'cs2.jpg'],'jpg');
info = imfinfo([filesep 'cs2.jpg'],'jpg');
image(handles.layer)
set(handles.axes2,'Visible','off');

```

แสดงดังรูปที่ 3-4



```

Editor - C:\Users\Sommar\Documents\MATLAB\TRAP\main.m*
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
1.0 + 11 × % & %
Stack Base fx
46 % --- Executes just before main is made visible.
47 %function main_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
48 % This function has no output args, see OutputFcn.
49 % hObject handle to figure
50 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
51 % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
52 % varargin command line arguments to main (see VARARGIN)
53 %
54 %%%%
55 % axes(handles.axes1)
56 handles.layer = imread([filesep 'cs1.jpg'],'jpg')
57 info = imfinfo([filesep 'cs1.jpg'],'jpg');
58 image(handles.layer)
59 set(handles.axes1,'Visible','off');

60 % axes(handles.axes2)
61 handles.layer = imread([filesep 'cs2.jpg'],'jpg');
62 info = imfinfo([filesep 'cs2.jpg'],'jpg');
63 image(handles.layer)
64 set(handles.axes2,'Visible','off');

65 % Choose default command line output for main
66 % hObject;
67 handles.output = hObject;
68 %
69 % Update handles structure
70 guidata(hObject, handles);
71
72
first_order.m x main.m* x
main / main_OpeningFcn Ln 66 Col 74 GVR

```

รูปที่ 3-4 โค้ดการเขียนต่อการระบบควบคุมของโปรแกรมหน้าต่างหลัก

การเขียนโค้ดที่ปุ่มเพื่อเลือกวิเคราะห์วงจรอันดับหนึ่งสามารถทำได้โดยการเลื่อนไฟล์ลงมาที่ function pushbutton1\_Callback(hObject, eventdata, handles) และสามารถเขียนโค้ดการเขียนต่อดังนี้ first\_order (เป็นชื่อของหน้าต่างโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับหนึ่ง)

การเขียนโค้ดที่ปุ่มเพื่อเลือกวิเคราะห์วงจรอันดับสองสามารถทำได้โดยการเลื่อนไฟล์ลงมาที่ function pushbutton2\_Callback(hObject, eventdata, handles) และสามารถเขียนโค้ดการเขียนต่อดังนี้ second\_order (เป็นชื่อของหน้าต่างโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับสอง)

การเขียนโค้ดที่ปุ่มเพื่อเลือกวิเคราะห์วงจรอันดับสองสามารถทำได้โดยการเตือนไฟล์ลงมาที่ function pushbutton2\_Callback(hObject, eventdata, handles) และสามารถที่ function pushbutton2\_Callback(hObject, eventdata, handles) และสามารถเขียนโค้ดการเชื่อมต่อดังนี้ second\_order (เป็นชื่อของหน้าต่างโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับสอง)

การเขียนโค้ดที่ปุ่มเพื่อปิดโปรแกรมสามารถทำได้โดยการเตือนไฟล์ลงมาที่ function pushbutton4\_Callback(hObject, eventdata, handles) และสามารถเขียนโค้ดการเชื่อมต่อดังนี้ close all และคงได้ดังรูปที่ 3-5

```

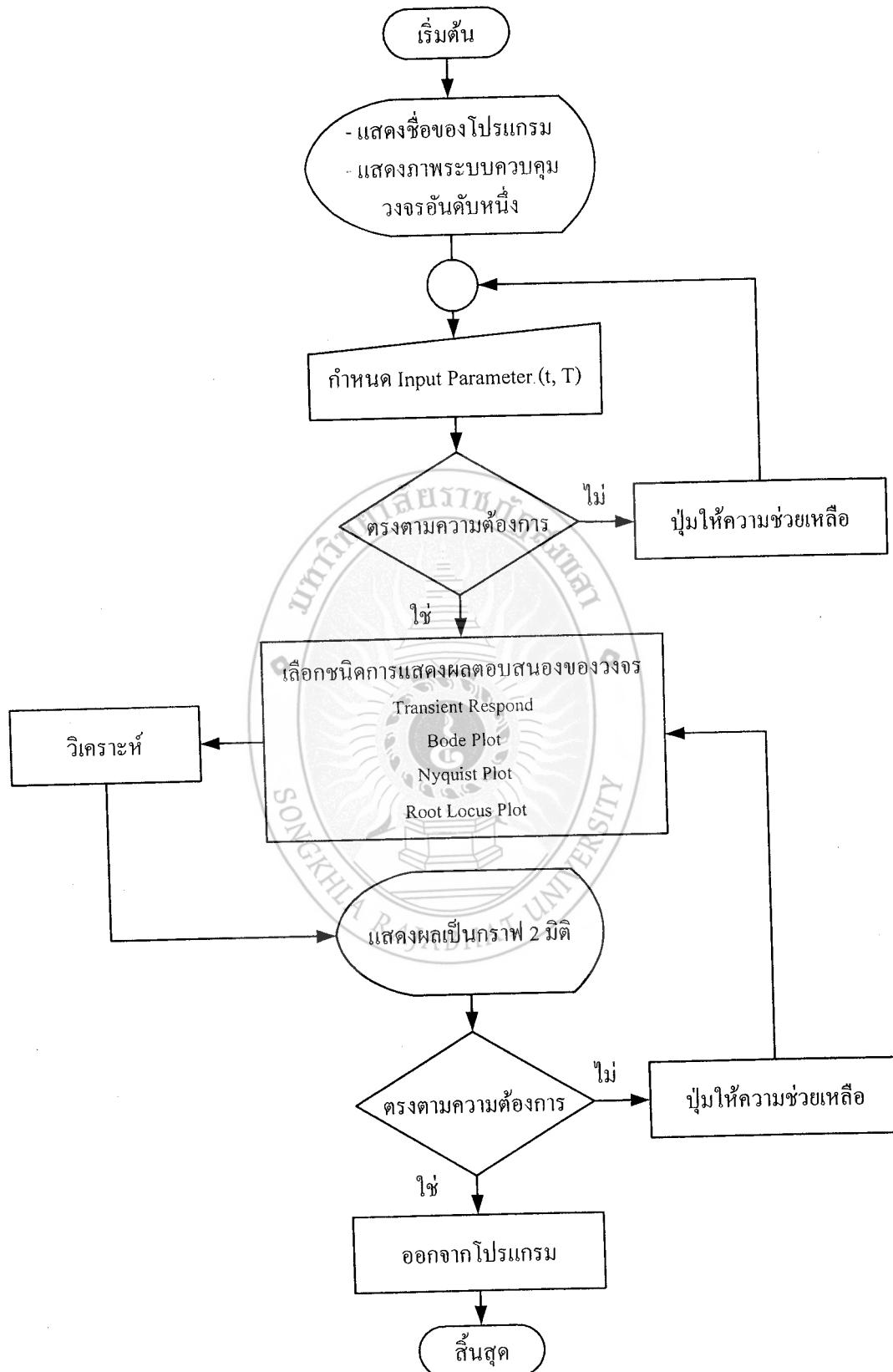
Editor: C:\Users\Sommar\Documents\MATLAB\TRAP\main.m*
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
1 function Pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
2 % hObject handle to pushbutton1 (see GCBO)
3 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
4 % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
5 first_order
6 % --- Executes on button press in pushbutton1.
7 function Pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
8 % hObject handle to pushbutton2 (see GCBO)
9 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
10 % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
11 second_order
12 % --- Executes on button press in pushbutton2.
13 function Pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
14 % hObject handle to pushbutton4 (see GCBO)
15 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
16 % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
17 close all
18 % --- Executes on button press in pushbutton4.
19 function Pushbutton6_Callback(hObject, eventdata, handles)
20 % hObject handle to pushbutton6 (see GCBO)
21 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
22 % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
23 design
24
25 first_order.m * main.m * main Ln 94 Col 1 OVR

```

รูปที่ 3-5 โค้ดการเชื่อมต่อให้ผู้ใช้งานเลือกวิเคราะห์วงจรควบคุมแบบต่างๆ ได้แก่ วงจรควบคุมอันดับหนึ่ง วงจรควบคุมอันดับสอง การออกแบบและวิเคราะห์วงจรควบคุม ของโปรแกรมหน้าต่างหลัก

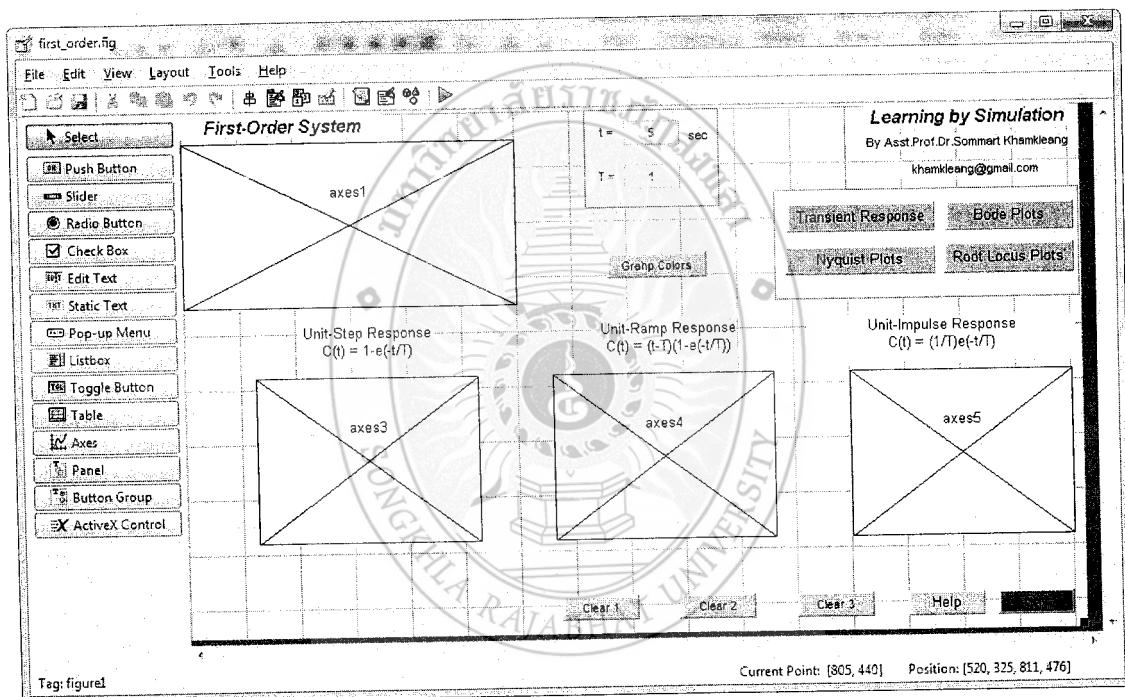
### 3.3.2 โปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับหนึ่ง

โปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับหนึ่ง เป็นส่วนที่เชื่อมโยงมาจากโปรแกรมหน้าต่างเมนูหลัก เมื่อเปิดหน้าต่างโปรแกรมนี้จะปรากฏชื่อของโปรแกรม และสามารถเมื่อเปิดหน้าต่างโปรแกรมนี้จะปรากฏชื่อของโปรแกรม และสามารถกำหนดค่าตัวแปรที่นำไปใช้วิเคราะห์ตามสมการทางคณิตศาสตร์ (Input parameter) และแสดงผลการทำงานของโปรแกรมดังรูปที่ 3-6



รูปที่ 3-6 ผังงานการทำงานของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับหนึ่ง

มีรูปแบบของผลการตอบสนอง ได้แก่ การจำลองผลตอบสนองชั่วขณะ (Transient Response) การจำลองผลตอบสนองตามความถี่แบบโบเด (Bode Plot) การจำลองผลตอบสนองแบบไนคิสต์ (Nyquist Plot) การจำลองผลตอบสนองแบบเส้นทางเดินของราก (Root Locus Plot) สามารถเปลี่ยนสีของเส้นกราฟโดยเลือกปุ่ม **Graph Colors** สามารถลบกราฟผลตอบสนองที่แสดงได้โดยเลือกปุ่ม **Clear 1**, **Clear 2**, **Clear 3** ตามลำดับ มีปุ่มให้ความช่วยเหลือ **Help** และปุ่มเพื่อออกจากโปรแกรม **Exit** การเขียนหน้าต่างนี้จะใช้ GUI ของ MATLAB แสดงดังรูปที่ 3-7 หลังจากนั้นเขียนโค้ดการเรื่องต่อในแต่ละส่วนโดยใช้ไฟล์สคริปของ MATLAB แสดงดังรูปที่ 3-8 ถึงรูปที่ 3-14



รูปที่ 3-7 โปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับหนึ่ง



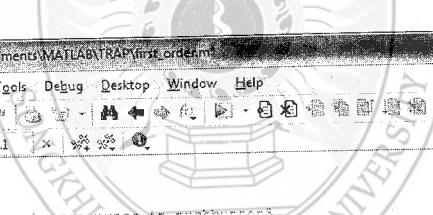
```

Editor - C:\Users\Sommart\Documents\MATLAB\TRAP\first_order.m*
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
File Open Save As... New Close Find Replace... Stack Base
1.0 + ÷ 11 × ≈ ≈ ≈ ≈ ≈ ≈
46 % --- Executes just before first_order is made visible.
47 % function first_order_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
48 % This function has no output args, see OutputFcn.
49 % hObject handle to figure
50 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
51 % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
52 % varargin command line arguments to first_order (see VARARGIN)
53
54 %!!!!!
55 % global cir
56 % clr=[0 0 0];
57
58 % axes(handles.axes1);
59 handles.layer = imread([filesep 'cls.jpg'],'JPG');
60 info = imfinfo([filesep 'cls.jpg'],'JPG');
61 image(handles.layer)
62 set(handles.axes1,'Visible','off');
63
64 %!!!!!
65 % Choose default command line output for first_order
66 handles.output = hObject;
67
68 % Update handles structure
69 guidata(hObject, handles);
70
71 %!!!!!

```

first\_order.m\* main.m\* first\_order / first\_order\_Openin... Ln 65 Col 75 OVR

รูปที่ 3-8 โค้ดการเขียนต่อภาพระบบควบคุมของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับหนึ่ง



```

Editor - C:\Users\Sommart\Documents\MATLAB\TRAP\first_order.m*
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
File Open Save As... New Close Find Replace... Stack Base
1.0 + ÷ 11 × ≈ ≈ ≈ ≈ ≈ ≈
146
147
148 % --- Executes on button press in pushbutton3.
149 % function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
150 % hObject handle to pushbutton3 (see GCBO)
151 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
152 % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
153
154 %!!!!!
155 % global cir
156 hh=findobj(gcf,'Tag','edit1');
157 t=get(hh,'string');
158
159 if isempty(t)
160 t=5;
161 else
162 t=str2double(get(hh,'string'));
163 end
164 %!!!!!
165 hh=findobj(gcf,'Tag','edit2');
166 t1=get(hh,'string');
167
168 if isempty(t1)
169 t1=1;
170 else
171 t1=str2double(get(hh,'string'));
172 end
173
174
175

```

first\_order.m\* main.m\* first\_order / pushbutton3\_Callback... Ln 175 Col 1 OVR

รูปที่ 3-9 โค้ดการเขียนต่อการจำลองผลตอบสนองช่วงขณะของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับหนึ่ง

Editor - C:\Users\Sommarit\Documents\MATLAB\TRAP\first\_order.m

```

176 - clc
177 -
178 - tt=0:t/1000:t;
179 - ct1=exp(-tt/t1);
180 - et=exp(-tt/t1);
181 - axes(handles.axes3)
182 - plot(tt,ct,'Color','clr','LineWidth',2),grid on;hold on;
183 - plot(tt,et,'Color','clr','LineWidth',2),grid on;hold off;
184 - xlabel('Time, sec')
185 - ylabel('C(t) and e(t)')
186 - ct1=(tt-t1).*(1-exp(-tt/t1));
187 - et1=t1*(1-exp(-tt/t1));
188 - axes(handles.axes4)
189 - plot(tt,ct1,'Color','clr','LineWidth',2),grid on;hold on;
190 - plot(tt,et1,'Color','clr','LineWidth',2),grid on;hold off;
191 - xlabel('Time, sec')
192 - ylabel('C(t) and e(t)')
193 - ct2=(t/t1)*(exp(-tt/t1));
194 -
195 - axes(handles.axes5)
196 - plot(tt,ct2,'Color','clr','LineWidth',2),grid on;hold off;
197 -
198 - xlabel('Time, sec')
199 - ylabel('C(t)')
200 -
201

```

[first\_order.m] [main.m] [ ] first\_order / pushbutton3\_Callback... Ln 175 Col 1 OVR

รูปที่ 3-9 (ต่อ)

Editor - C:\Users\Sommarit\Documents\MATLAB\TRAP\first\_order.m

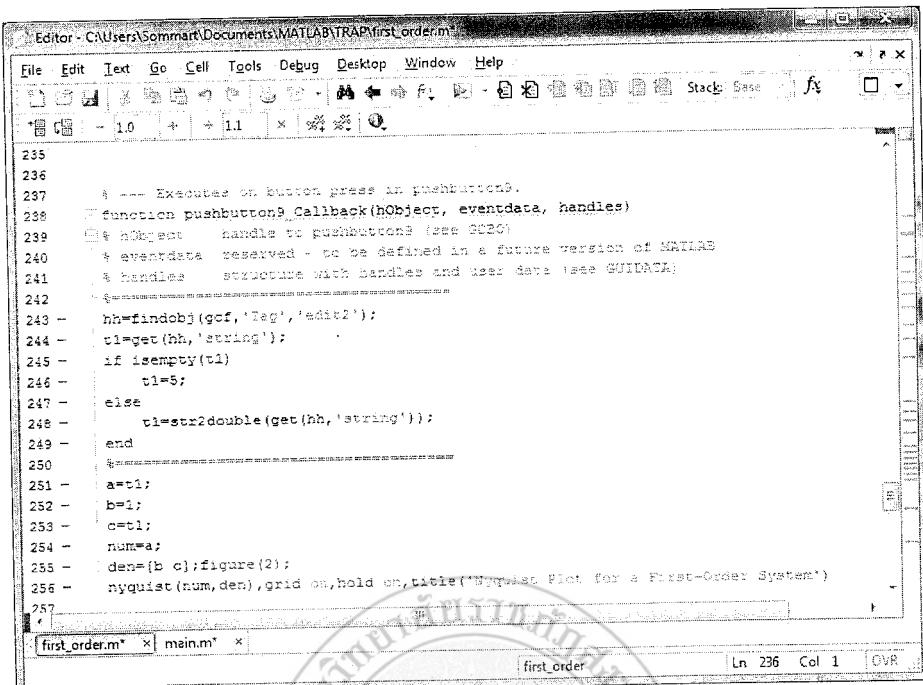
```

282
283
284 - % --- Executes on button press in pushbutton8.
285 - function pushbutton8_Callback(hObject, eventdata, handles)
286 - % hObject handle to pushbutton8 (see GCBO)
287 - % eventdata reserved - to be refined in a future version of MATLAB
288 - % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
289 - hh=findobj(gcf,'Tag','edit2');
290 - t1=get(hh,'string');
291 -
292 - if isempty(t1)
293 - t1=5;
294 - else
295 - t1=str2double(get(hh,'string'));
296 - end
297 -
298 - a=t1;
299 - b=1;
300 - c=t1;
301 -
302 - num=a;
303 - den=[b c];figure(1);
304 - bode(num,den),grid on,hold on,title('Bode Plot for a First-Order System')
305 -
306

```

[first\_order.m] [main.m] [ ] first\_order / pushbutton8\_Callback... Ln 285 Col 59 OVR

รูปที่ 3-10 โค้ดการเขียนต่อการจำลองผลตอบสนองตามความถี่แบบโนนเดของโปรแกรมวิเคราะห์  
วงจรอันดับหนึ่ง



Editor - C:\Users\Somnart\Documents\MATLAB\TRAP\first\_order.m

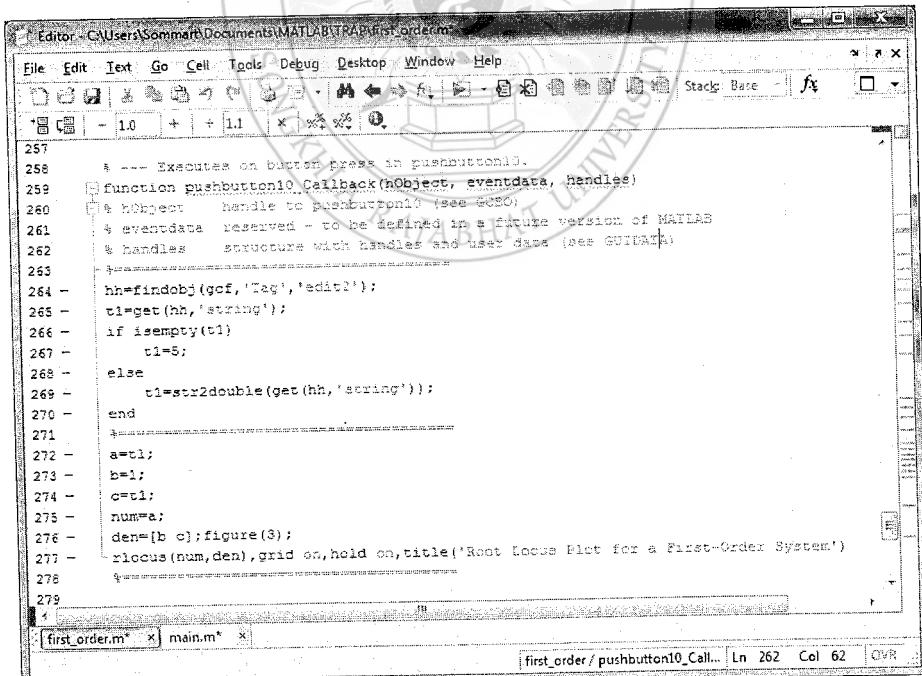
```

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack Base fx
10 + 11 x * **
235
236
237 % --- Executes on button press in pushbutton9.
238 function pushbutton9_Callback(hObject, eventdata, handles)
239 % hObject    handle to pushbutton9 (see GCBO)
240 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
241 % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
242 %
243 hh=findobj(gcf,'Tag','edit2');
244 t1=get(hh,'string');
245 if isempty(t1)
246 t1=5;
247 else
248 t1=str2double(get(hh,'string'));
249 end
250 %
251 a=t1;
252 b=1;
253 c=t1;
254 num=a;
255 den=[b c];figure(2);
256 nyquist(num,den),grid on,hold on,title('Nyquist Plot for a First-Order System')
257

```

first\_order.m\* main.m\* first\_order ln 236 Col 1 OVR

รูปที่ 3-11 โค้ดการเขียนต่อการจำลองผลตอบสนองแบบ Nyquist ของโปรแกรมวิเคราะห์วงจร  
อันดับหนึ่ง



Editor - C:\Users\Somnart\Documents\MATLAB\TRAP\first\_order.m

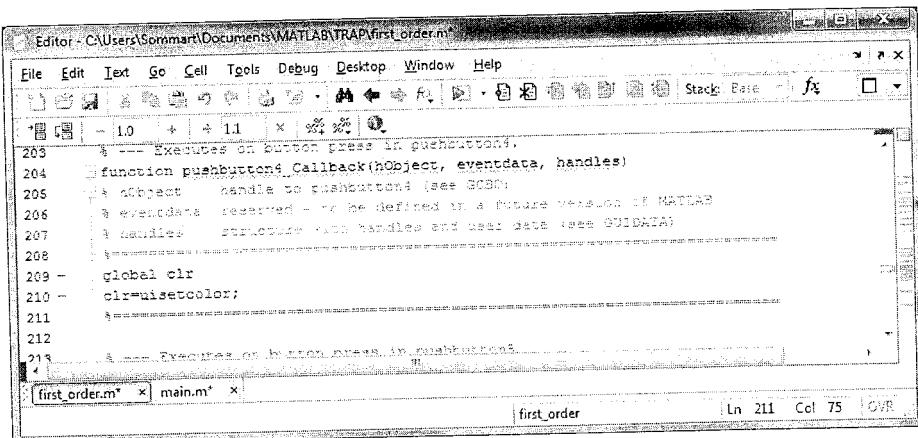
```

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack Base fx
10 + 11 x * **
257
258 % --- Executes on button press in pushbutton10.
259 function pushbutton10_Callback(hObject, eventdata, handles)
260 % hObject    handle to pushbutton10 (see GCBO)
261 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
262 % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
263 %
264 hh=findobj(gcf,'Tag','edit1');
265 t1=get(hh,'string');
266 if isempty(t1)
267 t1=5;
268 else
269 t1=str2double(get(hh,'string'));
270 end
271 %
272 a=t1;
273 b=1;
274 c=t1;
275 num=a;
276 den=[b c];figure(3);
277 rlocus(num,den),grid on,hold on,title('Root Locus Plot for a First-Order System')
278

```

first\_order.m\* main.m\* first\_order / pushbutton10\_Callback ln 262 Col 62 OVR

รูปที่ 3-12 โค้ดการเขียนต่อการจำลองผลตอบสนองแบบเส้นทางคืนของรากของโปรแกรม  
วิเคราะห์วงจรอันดับหนึ่ง



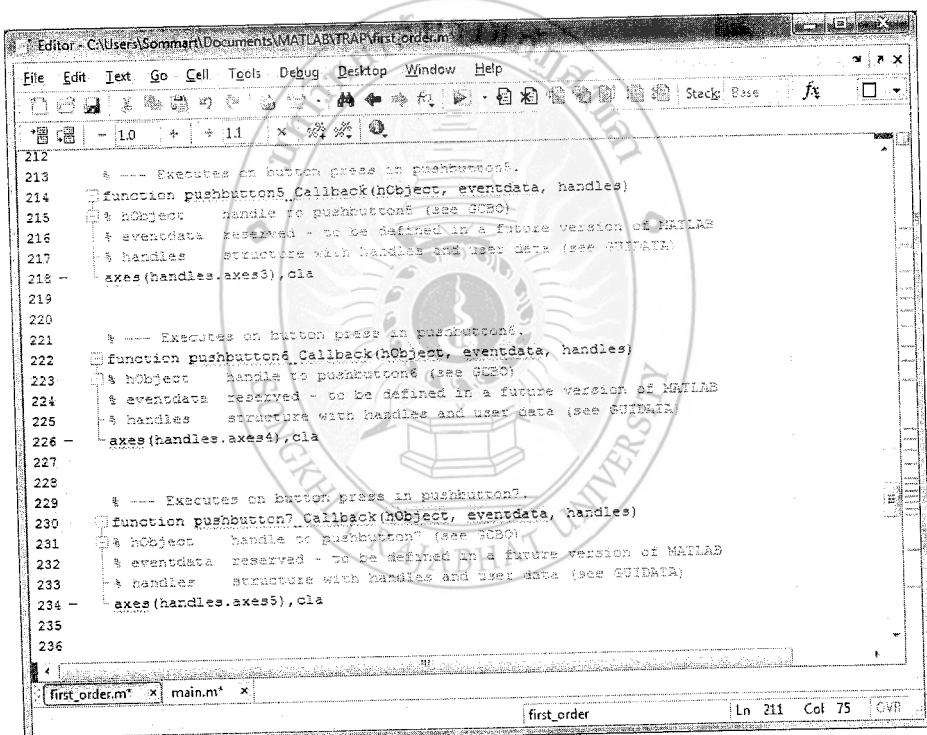
Editor - C:\Users\Sommar\Documents\MATLAB\TRAP\first\_order.m

```

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236
% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
global cir
cir=uisetcolor;
% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton2 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% --- Executes on button press in pushbutton4.
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton4 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% --- Executes on button press in pushbutton5.
function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton5 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
axes(handles.axes5),cla

```

รูปที่ 3-13 โค้ดเปลี่ยนสีของเส้นกราฟของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับหนึ่ง



Editor - C:\Users\Sommar\Documents\MATLAB\TRAP\first\_order.m

```

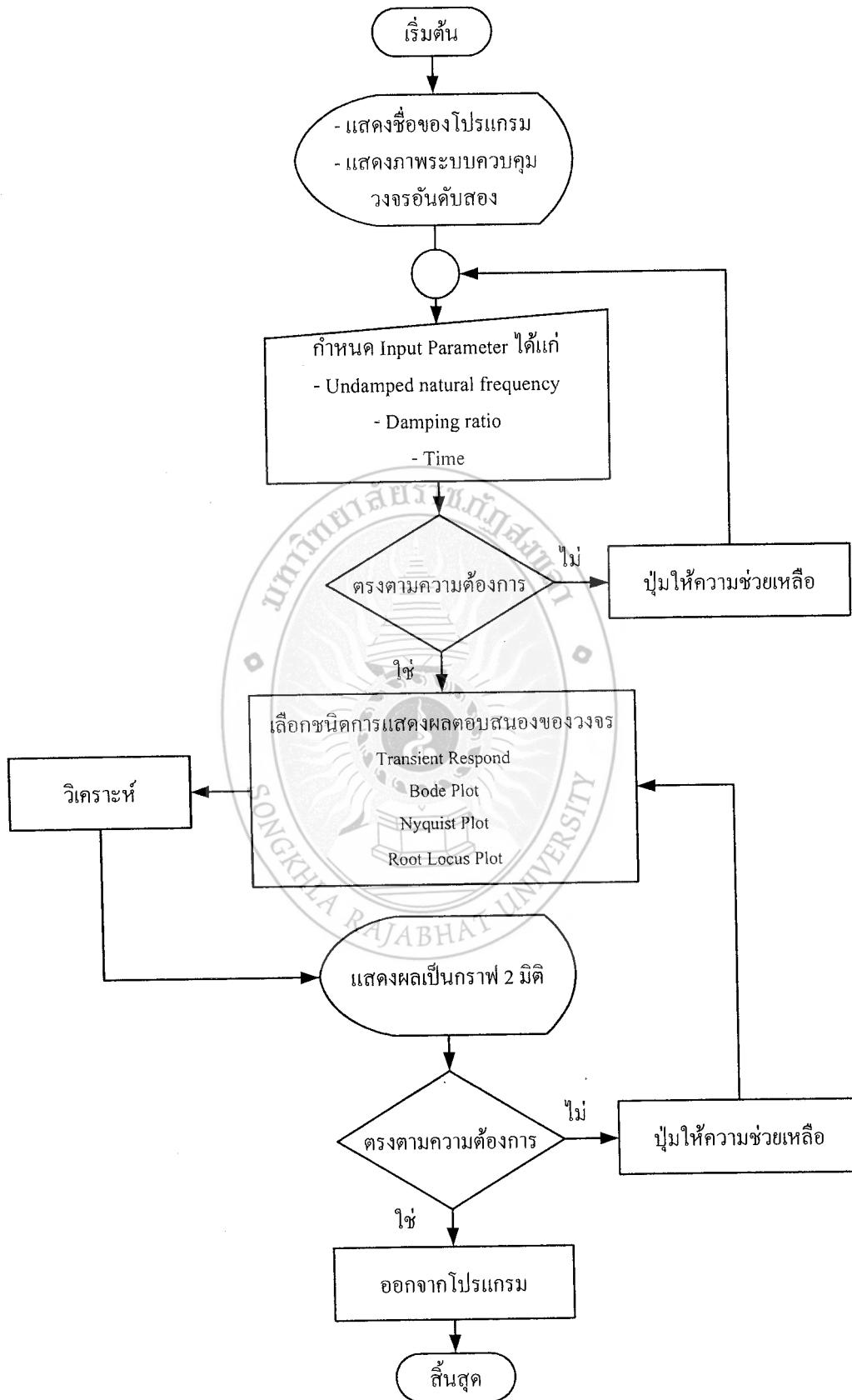
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 219 220 221 222 223 224 225 226 227 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236
% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
global cir
cir=uisetcolor;
% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton2 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% --- Executes on button press in pushbutton4.
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton4 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% --- Executes on button press in pushbutton5.
function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton5 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
axes(handles.axes5),cla

```

รูปที่ 3-14 โค้ดการลบกราฟผลตอบสนองของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับหนึ่ง

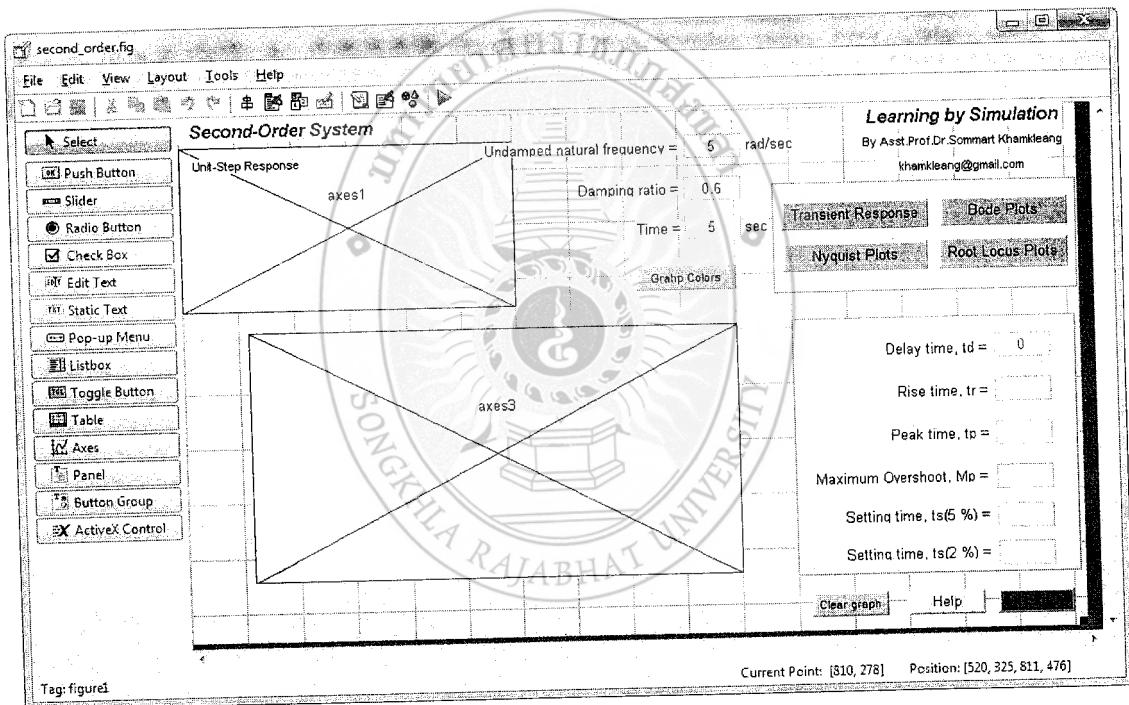
### 3.3.3 โปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับสอง

โปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับสอง เป็นส่วนที่เชื่อมโยงมาจากโปรแกรมหน้าต่างเมนูหลัก และคงผังการทำงานดังรูปที่ 3-15



รูปที่ 3-15 ผังการทำงานของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับสอง

เมื่อเปิดหน้าต่างโปรแกรมนี้จะปรากฏชื่อของโปรแกรม และมีการแสดงภาพวงจรยังดับสอง สามารถกำหนดค่าตัวแปรที่นำไปใช้วิเคราะห์ตามสมการทางคณิตศาสตร์ (Input parameter) โดยมีรูปแบบของผลการตอบสนอง ได้แก่ การจำลองผลตอบสนองชั่วขณะ (Transient Respond) การจำลองผลตอบสนองตามความถี่แบบโบนเด (Bode Plot) การจำลองผลตอบสนองแบบไนคิสต์ (Nyquist Plot) การจำลองผลตอบสนองแบบเส้นทางเดินของราก (Root Locus Plot) สามารถเปลี่ยนสีของเส้นกราฟโดยเลือกปุ่ม **Graph Colors** สามารถลบกราฟผลตอบสนองที่แสดงได้โดยเลือกปุ่ม **Clear** ตามลำดับ มีปุ่มให้ความช่วยเหลือ **Help** และปุ่มเพื่อกดออกจากโปรแกรม **Exit** การเขียนหน้าต่างนี้ใช้ GUI ของ MATLAB แสดงดังรูปที่ 3-16 หลังจากนั้นเขียนโค้ดการเข้ามือในแต่ละส่วนโดยใช้ไฟล์สคริปของ MATLAB แสดงดังรูปที่ 3-17 ถึงรูปที่ 3-23



รูปที่ 3-16 โปรแกรมวิเคราะห์วงจรยังดับสอง

รูปที่ 3-17 โค๊ดการเชื่อมต่อภาระบบควบคุมของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับสอง

Editor - C:\Users\Somnath\Documents\MATLAB\TRAP\second\_order.m

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help

Stack: Base fx

```
147 % --- Executes on button press in pushbutton5.
148 function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
149 % hObject    handle to pushbutton5 (see GCBO)
150 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
151 % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
152 %
153 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
154 % global clr wn dr t
155 hh=findobj(gcf,'Tag','wn');
156 wn=get(hh,'string');
157
158 if isempty(wn)
159     wn=5;
160 else
161     wn=str2double(get(hh,'string'));
162 end
163 %
164 hh=findobj(gcf,'Tag','dr');
165 dr=get(hh,'string');
166
167 if isempty(dr)
168     dr=0.6;
169 else
170     dr=str2double(get(hh,'string'));
171 end
172 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

first\_order.m x main.m x second\_order.m\*

script

In 204 Col 39 OVR

รูปที่ 3-18 ໂຄສະນາເງື່ອນໄຫວ້ມີການປັບປຸງລົງທະບຽນຂອງໂປຣແກຣມວິເຄາະ

Editor - C:\Users\Somnart\Documents\MATLAB\TRAP\second\_order.m

```

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
171 - end
172 - =====
173 - hh=findobj(gof,'Tag','c');
174 - t=get(hh,'String');
175 -
176 - if isempty(t)
177 - t=0.6;
178 - else
179 - t=str2double(get(hh,'String'));
180 - end
181 -
182 - clc
183 - tt=0:t/50000:t;dr
184 - if dr==1
185 - ct=1-(exp(-wn*tt)).*(1+(wn*tt));
186 - set(handles.text21,'String','Critical Damped response')
187 - elseif dr==0
188 - wdwn=sqrt(1-dr^2);
189 - ct=1-exp(-(dr*wn*tt)).*((cos(wd*tt))+(dr/sqrt(1-dr^2))*(sin(wd*tt)));
190 - set(handles.text21,'String','Undamped response')
191 - elseif dr>0&dr<1
192 - wdwn=sqrt(1-dr^2);
193 - ct=1-exp(-(dr*wn*tt)).*((cos(wd*tt))+(dr/sqrt(1-dr^2))*(sin(wd*tt)));
194 - set(handles.text21,'String','Underdamped response')
195 - elseif dr>1

```

first\_order.m\* main.m\* second\_order.m\* script Ln 172 Col 9 OVR

Editor - C:\Users\Somnart\Documents\MATLAB\TRAP\second\_order.m

```

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
195 - elseif dr>1
196 - p1=(dr+sqrt(dr^2-1))*wn;p2=(dr-sqrt(dr^2-1))/wn;
197 - ct=1+(wn/(2*sqrt(dr^2-1))).*((exp(-p1*t))/p1)-((exp(-p2*t))/p2));
198 - set(handles.text21,'String','Overdamped response')
199 - end
200 - axes(handles.axes3)
201 - plot(tt,ct,'Color','c','LineWidth',2),grid on;hold on;
202 - xlabel('Time, sec')
203 - ylabel('C(t)')
204 -
205 - wd=wn.*sqrt(1-dr^2);
206 - sig=dr*wn ;
207 - belta=atan(wd/sig);
208 - tr=(pi/belta)/wd;
209 - set(handles.tr,'String',tr)
210 - tp=pi/wd;
211 - set(handles.tp,'String',tp)
212 - mp=exp(-sig/wd)*pi;
213 - set(handles.mp,'String',mp)
214 - ts1=3/sig;
215 - ts2=4/sig;
216 - set(handles.ts1,'String',ts1)
217 - set(handles.ts2,'String',ts2)
218 -

```

first\_order.m\* main.m\* second\_order.m\* script Ln 172 Col 9 OVR

รูปที่ 3-18 (ต่อ)

```

Editor - C:\Users\Somnart\Documents\MATLAB\TRAP\second_order.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
script Ln 478 Col 21 OVR
1. % --- Executes on button press in pushbutton3.
2. function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
3. % hObject    handle to pushbutton3 (see GCBO)
4. % eventdata   reserved - to be defined in a future version of MATLAB
5. % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
6. %
7. hh=findobj(gcf, 'Tag', 'wn');
8. wn=get(hh, 'String');
9. if isempty(wn)
10.     wn=5;
11. else
12.     wn=str2double(get(hh, 'String'));
13. end
14. %
15. hh=findobj(gcf, 'Tag', 'dr');
16. dr=get(hh, 'String');
17. if isempty(dr)
18.     dr=0.6;
19. else
20.     dr=str2double(get(hh, 'String'));
21. end
22. %
23. a=wn^2;b=1;c=dr*wn^2;d=wn^2;
24. num=a;
25. den=[b c d];figure(1);
26. bode(num,den),grid on,hold on,title('Bode Plot for a Second-Order System')
27. %
28. % --- Executes on button press in pushbutton2.
29. function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
30. % hObject    handle to pushbutton2 (see GCBO)
31. % eventdata   reserved - to be defined in a future version of MATLAB
32. % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
33. %
34. hh=findobj(gcf, 'Tag', 'wn');
35. wn=get(hh, 'String');
36. if isempty(wn)
37.     wn=5;
38. else
39.     wn=str2double(get(hh, 'String'));
40. end
41. %
42. hh=findobj(gcf, 'Tag', 'dr');
43. dr=get(hh, 'String');
44. if isempty(dr)
45.     dr=0.6;
46. else
47.     dr=str2double(get(hh, 'String'));
48. end
49. %
50. a=wn^2;b=1;c=dr*wn^2;d=wn^2;
51. num=a;
52. den=[b c d];figure(2);
53. nyquist(num,den),grid on,hold on,title('Nyquist Plot for a Second-Order System')
54. %
55. %
56. %

```

รูปที่ 3-19 โค้ดการเขียนต่อการจำลองผลตอบสนองตามความถี่แบบโนนเดของโปรแกรมวิเคราะห์  
วงจรอันดับสอง

```

Editor - C:\Users\Somnart\Documents\MATLAB\TRAP\second_order.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
script Ln 516 Col 39 OVR
1. % --- Executes on button press in pushbutton3.
2. function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
3. % hObject    handle to pushbutton3 (see GCBO)
4. % eventdata   reserved - to be defined in a future version of MATLAB
5. % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
6. %
7. hh=findobj(gcf, 'Tag', 'wn');
8. wn=get(hh, 'String');
9. if isempty(wn)
10.     wn=5;
11. else
12.     wn=str2double(get(hh, 'String'));
13. end
14. %
15. hh=findobj(gcf, 'Tag', 'dr');
16. dr=get(hh, 'String');
17. if isempty(dr)
18.     dr=0.6;
19. else
20.     dr=str2double(get(hh, 'String'));
21. end
22. %
23. a=wn^2;b=1;c=dr*wn^2;d=wn^2;
24. num=a;
25. den=[b c d];figure(1);
26. bode(num,den),grid on,hold on,title('Bode Plot for a Second-Order System')
27. %
28. % --- Executes on button press in pushbutton2.
29. function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
30. % hObject    handle to pushbutton2 (see GCBO)
31. % eventdata   reserved - to be defined in a future version of MATLAB
32. % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
33. %
34. hh=findobj(gcf, 'Tag', 'wn');
35. wn=get(hh, 'String');
36. if isempty(wn)
37.     wn=5;
38. else
39.     wn=str2double(get(hh, 'String'));
40. end
41. %
42. hh=findobj(gcf, 'Tag', 'dr');
43. dr=get(hh, 'String');
44. if isempty(dr)
45.     dr=0.6;
46. else
47.     dr=str2double(get(hh, 'String'));
48. end
49. %
50. a=wn^2;b=1;c=dr*wn^2;d=wn^2;
51. num=a;
52. den=[b c d];figure(2);
53. nyquist(num,den),grid on,hold on,title('Nyquist Plot for a Second-Order System')
54. %
55. %
56. %

```

รูปที่ 3-20 โค้ดการเขียนต่อการจำลองผลตอบสนองแบบไนคิสต์ของโปรแกรมวิเคราะห์วงจร  
อันดับสอง

```

Editor - C:\Users\Sommarit\Documents\MATLAB\TRAP\second_order.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
script Ln 540 Col 7 OVR
516 % --- Executes on button press in pushbutton10.
517 function pushbutton10_Callback(hObject, eventdata, handles)
518 % hObject    handle to pushbutton10 (see GCBO)
519 % eventdata   reserved - to be defined in a future version of MATLAB
520 % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
521
522 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
523 hh=findobj(gcf,'tag','wn');
524 wn=get(hh,'string');
525 if isempty(wn)
526     wn=5;
527 else
528     wn=str2double(get(hh,'string'));
529 end
530 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
531 hh=findobj(gcf,'tag','dr');
532 drget(hh,'string');
533 if isempty(dr)
534     dr=0.6;
535 else
536     dr=str2double(get(hh,'string'));
537 end
538 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
539 a=wn.^2;b=1;c=dr*wn.^2;d=wn.^2;
540 num=a;den=[b c d];figure(3);
541 rlocus(num,den),grid on,hold on,title('Root Locus Plot for a Second-Order System')
542

```

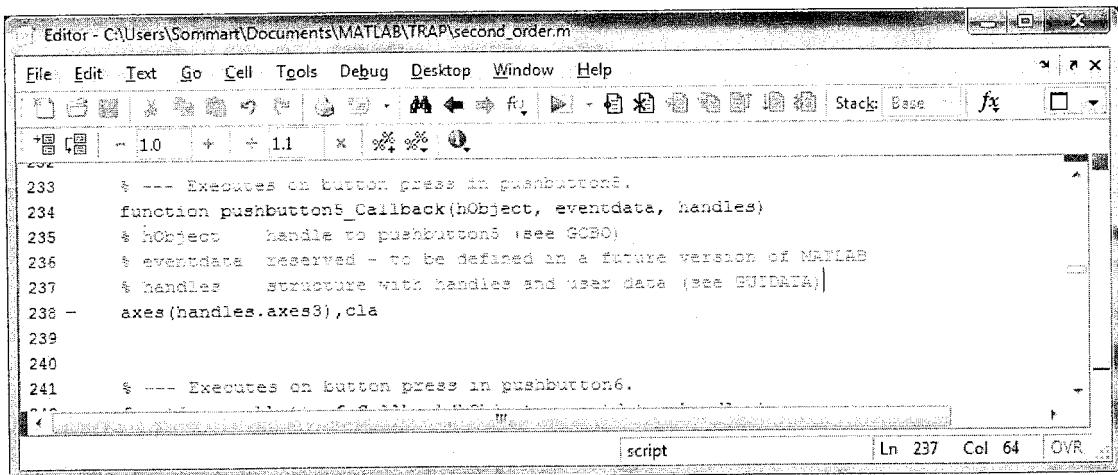
รูปที่ 3-21 โค้ดการเขียนต่อการจำลองผลตอบสนองแบบเส้นทางเดินของรากของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับสอง

```

Editor - C:\Users\Sommarit\Documents\MATLAB\TRAP\second_order.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
script Ln 228 Col 1 OVR
223 % --- Executes on button press in pushbutton4.
224 function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
225 % hObject    handle to pushbutton4 (see GCBO)
226 % eventdata   reserved - to be defined in a future version of MATLAB
227 % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
228
229 global clr
230 clr=uisetcolor;
231
???

```

รูปที่ 3-22 โค้ดเปลี่ยนสีของเส้นกราฟของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับสอง



The screenshot shows the MATLAB Editor window with the file name 'Editor - C:\Users\Sommarit\Documents\MATLAB\TRAP\second\_order.m'. The code in the editor is as follows:

```

233 % --- Executes on button press in pushbutton1.
234 function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
235 % hObject    handle to pushbutton1 (see GCBO)
236 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
237 % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
238 -
239 axes(handles.axes3),cla
240
241 % ---- Executes on button press in pushbutton6.

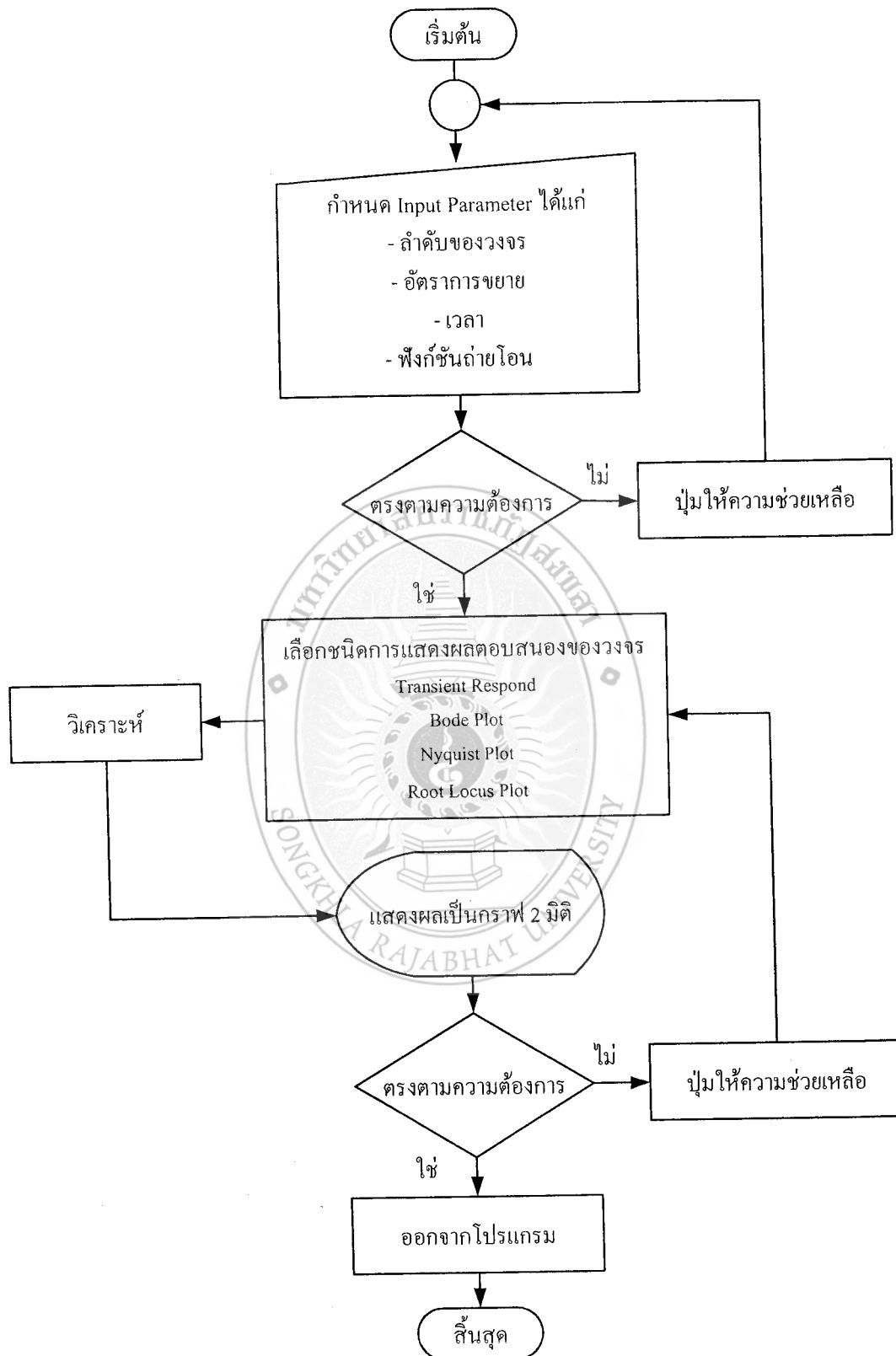
```

The status bar at the bottom right indicates 'script' at Ln 237 Col 64 OVR.

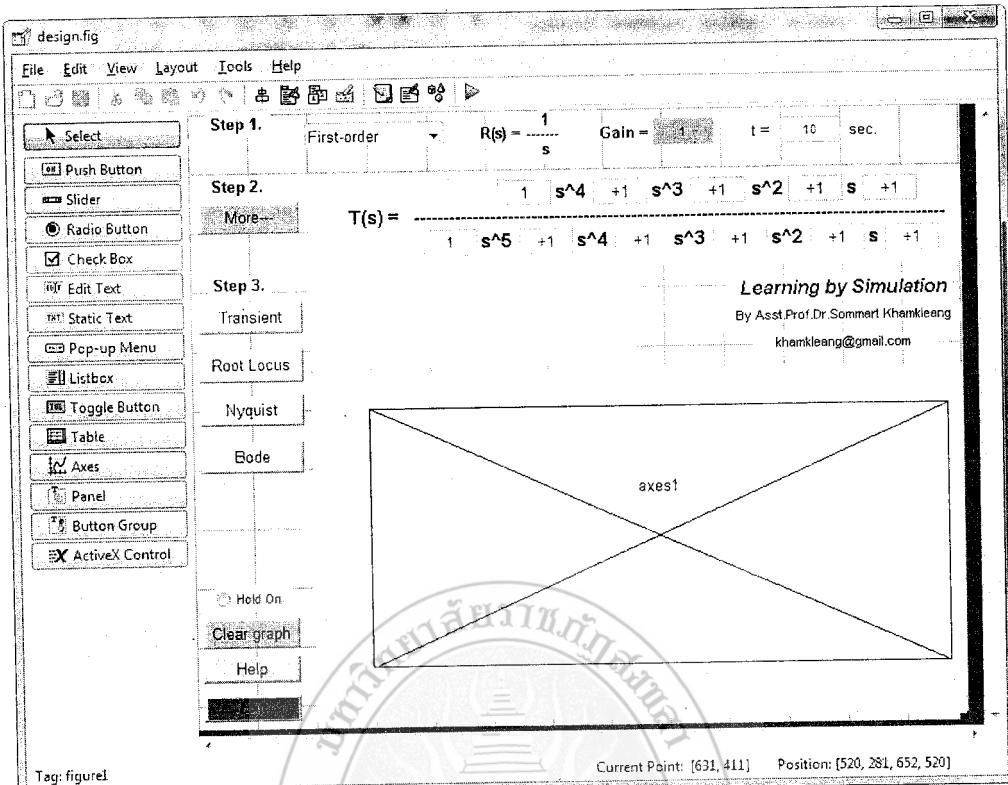
รูปที่ 3-23 โค้ดการลบกราฟผลตอบสนองของโปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับสอง

### 3.3.4 โปรแกรมออกแบบและวิเคราะห์พื้นที่ชั้น

โปรแกรมออกแบบและวิเคราะห์พื้นที่ชั้น แสดงผังการทำงานของโปรแกรมดังรูปที่ 3-24 เป็นส่วนที่เชื่อมโยงมาจากโปรแกรมหน้าต่างเมนูหลัก สามารถกำหนดค่าตัวแปรที่นำไปใช้ วิเคราะห์ตามสมการทางคณิตศาสตร์ตามรูปแบบของผลตอบสนอง ได้แก่ การจำลองผลตอบสนอง ชั่วขณะ (Transient Respond) การจำลองผลตอบสนองตามความถี่แบบบode (Bode Plot) การจำลอง ผลตอบสนองแบบไนคิวสต์ (Nyquist Plot) การจำลองผลตอบสนองแบบเส้นทางเดินของราก (Root Locus Plot) และลำดับ (Order) ของวงจรควบคุม สามารถลบกราฟผลตอบสนองที่แสดงได้ โดยเลือกปุ่ม **Clear** ตามลำดับ มีปุ่มให้ความช่วยเหลือ **Help** และปุ่มเพื่อกดออกจาก โปรแกรม **Exit** การเขียนหน้าต่างนี้จะใช้ GUI ของ MATLAB แสดงดังรูปที่ 3-25 หลังจาก นั้นเขียนโค้ดการเชื่อมต่อในแต่ละส่วนโดยใช้ไฟล์สคริปของ MATLAB แสดงดังรูปที่ 3-26 ถึงรูป ที่ 3-30



รูปที่ 3-24 ผู้การทำงานของโปรแกรมออกแบบและวิเคราะห์พังก์ชัน



รูปที่ 3-25 โปรแกรมออกแบบและวิเคราะห์ฟังก์ชัน

```

Editor - C:\Users\Sommerl\Documents\MATLAB\TRAP\design.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack Base Fx

468
469 % --- EXECUTES ON BUTTON PRESS IN pushbutton1.
470 function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
471 % hObject handle to pushbutton1 (see GCBO)
472 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
473 % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
474 global order
475
476 hh=findobj(gcf,'Tag','edit1');
477 t=get(hh,'string');
478
479 if isempty(t)
480 t=3;
481 else
482 t=str2double(get(hh,'string'));
483 end
484
485 tt=t/1000:t;
486 hh=findobj(gcf,'Tag','dl');
487 a=get(hh,'string');
488
489 if isempty(a)
490 a=1;
491 else
492 a=str2double(get(hh,'string'));
493 end
494
495 hh=findobj(gcf,'Tag','nG');
496 set(hh,'String',a);

```

second\_order.m design.m

design / pushbutton1\_Callback Ln 487 Col 24 OVR

รูปที่ 3-26 โค้ดการเชื่อมต่อการจำลองผลตอบสนองชั่วขณะของโปรแกรมออกแบบและวิเคราะห์ฟังก์ชัน

Editor - C:\Users\Sonmari\Documents\MATLAB\TRAP\design.m

```

495 - hh=findobj(gcf,'Tag','n0');
496 - k=get(hh,'string');
497 -
498 - if isempty(k)
499 -     k1=1;
500 - else
501 -     k1=str2double(get(hh,'string'));
502 - end
503 -
504 - hh=findobj(gcf,'Tag','n1');
505 - k2=get(hh,'string');
506 -
507 - if isempty(k2)
508 -     k2=1;
509 - else
510 -     k2=str2double(get(hh,'string'));
511 - end
512 -
513 - hh=findobj(gcf,'Tag','n2');
514 - k3=get(hh,'string');
515 -
516 - if isempty(k3)
517 -     k3=1;
518 - else
519 -     k3=str2double(get(hh,'string'));
520 - end
521 -
522 - hh=findobj(gcf,'Tag','n3');
523 - k4=get(hh,'string');

```

second\_order.m x design.m x

design / pushbutton1\_Callback Ln 487 Col 24 OVR

Editor - C:\Users\Sonmari\Documents\MATLAB\TRAP\design.m

```

522 - hh=findobj(gcf,'Tag','n3');
523 - k5=get(hh,'string');
524 -
525 - if isempty(k4)
526 -     k4=1;
527 - else
528 -     k4=str2double(get(hh,'string'));
529 - end
530 -
531 - hh=findobj(gcf,'Tag','n4');
532 - k5=get(hh,'string');
533 -
534 - if isempty(k5)
535 -     k5=1;
536 - else
537 -     k5=str2double(get(hh,'string'));
538 - end
539 -
540 - hh=findobj(gcf,'Tag','d2');
541 - b=get(hh,'string');
542 -
543 - if isempty(b)
544 -     b=1;
545 - else
546 -     b=str2double(get(hh,'string'));
547 - end
548 -
549 - hh=findobj(gcf,'Tag','d3');
550 - c=get(hh,'string');

```

second\_order.m x design.m x

design / pushbutton1\_Callback Ln 487 Col 24 OVR

Editor - C:\Users\Sommar\Documents\MATLAB\TRAP\design.m

```

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
549 - hh=findobj(gcf,'tag','d3');
550 - c=get(hh,'string');
551 -
552 - if isempty(c)
553 - c=1;
554 - else
555 - c=str2double(get(hh,'string'));
556 - end
557 %=====
558 - hh=findobj(gcf,'Tag','d4');
559 - d=get(hh,'string');
560 -
561 - if isempty(d)
562 - d1;
563 - else
564 - d=str2double(get(hh,'string'));
565 - end
566 %=====
567 - hh=findobj(gcf,'Tag','d5');
568 - e=get(hh,'string');
569 -
570 - if isempty(e)
571 - e=1;
572 - else
573 - e=str2double(get(hh,'string'));
574 - end
575 %=====
576 - hh=findobj(gcf,'Tag','d6');
577 - f=get(hh,'string');

```

second\_order.m x design.m x

design / pushbutton1\_Callback | Ln 487 Col 24 OVR

Editor - C:\Users\Sommar\Documents\MATLAB\TRAP\design.m

```

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
576 - hh=findobj(gcf,'tag','d6');
577 - f=get(hh,'string');
578 -
579 - if isempty(f)
580 - f1;
581 - else
582 - f=str2double(get(hh,'string'));
583 - end
584 -
585 - if order==1
586 - num=[b a];axes(handles.axes1);
587 - step(num, den, tt), grid on, title('Step Response for First-Order System')
588 - elseif order==2
589 - num=[k1 k1];den=[c b a];axes(handles.axes1);
590 - step(num, den, tt), grid on, title('Step Response for Second-Order System')
591 - elseif order==3
592 - num=[k3 k2 k1];den=[d c b a];axes(handles.axes1);
593 - step(num, den, tt), grid on, title('Step Response for Third-Order System')
594 - elseif order==4
595 - num=[k4 k3 k2 k1];den=[e d c b a];axes(handles.axes1);
596 - step(num, den, tt), grid on, title('Step Response for Fourth-Order System')
597 - elseif order==5
598 - num=[k5 k4 k3 k2 k1];den=[f e d c b a];axes(handles.axes1);
599 - step(num, den, tt), grid on, title('Step Response for Fifth-Order System')
600 - end
601 % -- Executes on button press in pushbutton1.

```

second\_order.m x design.m x

design / pushbutton1\_Callback | Ln 598 Col 26 OVR

Editor - C:\Users\Somnath\Documents\MATLAB\TRAP\design.m

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help Stack Base

```
602 function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
603 % hObject    handle to pushbutton2 (see GCBO)
604 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
605 % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
606
607 % global order
608
609 hh=findobj(gcf,'Tag','edit14');
610 t=get(hh,'String');
611
612 if isempty(t)
613 t=3;
614 else
615 t=str2double(get(hh,'String'));
616 end
617
618 t=t:0:t/1000:t;
619 hh=findobj(gcf,'Tag','d1');
620 a=get(hh,'String');
621
622 if isempty(a)
623 a=1;
624 else
625 a=str2double(get(hh,'String'));
626 end
```

second\_order.m x design.m x

design / pushbutton2\_Callback Ln 615 Col 40 OVR

Editor - C:\Users\Somnath\Documents\MATLAB\TRAP\design.m

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help Stack Base

```
626 end
627
628 hh=findobj(gcf,'Tag','nD');
629 k=get(hh,'String');
630
631 if isempty(k)
632 k1=1;
633 else
634 k1=str2double(get(hh,'String'));
635 end
636
637 hh=findobj(gcf,'Tag','n1');
638 k2=get(hh,'String');
639
640 if isempty(k2)
641 k2=1;
642 else
643 k2=str2double(get(hh,'String'));
644 end
645
646 hh=findobj(gcf,'Tag','n2');
647 k3=get(hh,'String');
648
649 if isempty(k3)
650 k3=1;
```

second\_order.m x design.m x

design / pushbutton2\_Callback Ln 615 Col 40 OVR

รูปที่ 3-27 โค้ดการเชื่อมต่อการจำลองผลตอบสนองตามความถี่แบบโน้มเค้งของโปรแกรมโปรแกรม  
ออกแบบและวิเคราะห์ฟังก์ชัน

Editor - C:\Users\Sommar\Documents\MATLAB\TRAP\design.m

```

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack Base fx
1.0 + 11 × % & Q
650 -         k3=1;
651 -     else
652 -         k3=str2double(get(hh,'string'));
653 -     end
654 - %-----%
655 - hh=findobj(gcf,'Tag','nB');
656 - k4=get(hh,'string');
657 -
658 - if isempty(k4)
659 -     k4=1;
660 - else
661 -     k4=str2double(get(hh,'string'));
662 - end
663 - %-----%
664 - hh=findobj(gcf,'Tag','nS');
665 - k5=get(hh,'string');
666 -
667 - if isempty(k5)
668 -     k5=1;
669 - else
670 -     k5=str2double(get(hh,'string'));
671 - end
672 - %-----%
673 - hh=findobj(gcf,'Tag','d2');
674 - b=get(hh,'string');

```

second\_order.m x design.m x

design / pushbutton2\_Callback Ln 615 Col 40 OVR

Editor - C:\Users\Sommar\Documents\MATLAB\TRAP\design.m

```

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack Base fx
1.0 + 11 × % & Q
674 -         b=get(hh,'string');
675 -
676 -     if isempty(b)
677 -         b=1;
678 -     else
679 -         b=str2double(get(hh,'string'));
680 -     end
681 - %-----%
682 - hh=findobj(gcf,'Tag','nB');
683 - c=get(hh,'string');
684 -
685 - if isempty(c)
686 -     c=1;
687 - else
688 -     c=str2double(get(hh,'string'));
689 - end
690 - %-----%
691 - hh=findobj(gcf,'Tag','d1');
692 - d=get(hh,'string');
693 -
694 - if isempty(d)
695 -     d=1;
696 - else
697 -     d=str2double(get(hh,'string'));
698 - end

```

second\_order.m x design.m x

design / pushbutton2\_Callback Ln 670 Col 41 OVR

Editor - C:\Users\Sommar\Documents\MATLAB\TRAP\design.m

```

698 -     end
699 - %-----%
700 -     hh=findobj(gcf,'Tag','d5');
701 -     e=get(hh,'String');
702 -
703 -     if isempty(e)
704 -         e=1;
705 -     else
706 -         e=str2double(get(hh,'String'));
707 -     end
708 -
709 -     hh=findobj(gcf,'Tag','d6');
710 -     f=get(hh,'String');
711 -
712 -     if isempty(f)
713 -         f=1;
714 -     else
715 -         f=str2double(get(hh,'String'));
716 -     end
717 -
718 -     if order==1
719 -         num=[k1];
720 -         den=[b a];axes(handles.axes1);
721 -         bode(num, den), grid on, title('Bode Plot for First-Order System')
722 -     elseif order==2

```

second\_order.m x design.m

design / pushbutton2\_Callback | Ln 670 Col 41 | OVR

Editor - C:\Users\Sommar\Documents\MATLAB\TRAP\design.m

```

716 -     end
717 -     if order==1
718 -         num=[k1];
719 -         den=[b a];axes(handles.axes1);
720 -         bode(num, den), grid on, title('Bode Plot for First-Order System')
721 -     elseif order==2
722 -         num=[k2 k1];
723 -         den=[b a];axes(handles.axes1);
724 -         bode(num, den), grid on, title('Bode Plot for Second-Order System')
725 -     elseif order==3
726 -         num=[k3 k2 k1];
727 -         den=[d c b a];axes(handles.axes1);
728 -         bode(num, den), grid on, title('Bode Plot for Third-Order System')
729 -     elseif order==4
730 -         num=[k4 k3 k2 k1];
731 -         den=[e d c b a];axes(handles.axes1);
732 -         bode(num, den), grid on, title('Bode Plot for Fourth-Order System')
733 -     elseif order==5
734 -         num=[k5 k4 k3 k2 k1];
735 -         den=[f e d c b a];axes(handles.axes1);
736 -         bode(num, den), grid on, title('Bode Plot for Fifth-Order System')
737 -     end
738 -     % --- Executes on button press in pushbutton3.

```

second\_order.m x design.m

design / pushbutton2\_Callback | Ln 670 Col 41 | OVR

รูปที่ 3-27 (๑๐)

Editor - C:\Users\Sommart\Documents\MATLAB\TRAP\design.m

```

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack: Base fx
1.0 + 11 x % & ②
741 function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
742 % hObject    handle to pushbutton3 (see GCBO)
743 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
744 % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
745 % global order
746
747 hh=findobj(gcf,'Tag','edit1a');
748 t=get(hh,'string');
749
750 if isempty(t)
751     t=3;
752 else
753     t=str2double(get(hh,'string'));
754 end
755
756 pp0:=1000*t;
757 hh=findobj(gcf,'Tag','d1');
758 a=get(hh,'string');
759
760 if isempty(a)
761     a=1;
762 else
763     a=str2double(get(hh,'string'));
764 end
765

```

second\_order.m x design.m x

design / pushbutton3\_Callback Ln 758 Col 24 OVR

Editor - C:\Users\Sommart\Documents\MATLAB\TRAP\design.m

```

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack: Base fx
1.0 + 11 x % & ②
765
766 hh=findobj(gcf,'Tag','edit1');
767 k=get(hh,'string');
768
769 if isempty(k)
770     k1=1;
771 else
772     k1=str2double(get(hh,'string'));
773 end
774
775 hh=findobj(gcf,'Tag','n1');
776 k2=get(hh,'string');
777
778 if isempty(k2)
779     k2=1;
780 else
781     k2=str2double(get(hh,'string'));
782 end
783
784 hh=findobj(gcf,'Tag','n2');
785 k3=get(hh,'string');
786
787 if isempty(k3)
788     k3=1;
789 else

```

second\_order.m x design.m x

design / pushbutton3\_Callback Ln 758 Col 24 OVR

รูปที่ 3-28 โค้ดการเขียนต่อการจำลองผลตอบสนองแบบในวิสตร์ของโปรแกรมออกแบบและวิเคราะห์ฟังก์ชัน

Editor - C:\Users\Sommart\Documents\MATLAB\TRAP\design.m

```

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack Base fx
1.0 + 11 × × × × ×

789 -     else
790 -         k3=str2double(get(hh,'string'));
791 -     end
792 -
793 -     hh=findobj(gcf,'Tag','k3');
794 -     k4=get(hh,'string');
795 -
796 -     if isempty(k4)
797 -         k4=1;
798 -     else
799 -         k4=str2double(get(hh,'string'));
800 -     end
801 -
802 -     hh=findobj(gcf,'Tag','k4');
803 -     k5=get(hh,'string');
804 -
805 -     if isempty(k5)
806 -         k5=1;
807 -     else
808 -         k5=str2double(get(hh,'string'));
809 -     end
810 -
811 -     hh=findobj(gcf,'Tag','d2');
812 -     b=get(hh,'string');
813

```

second\_order.m x [design.m x]

design / pushbutton3\_Callback | Ln 758 Col 24 OVR

Editor - C:\Users\Sommart\Documents\MATLAB\TRAP\design.m

```

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack Base fx
1.0 + 11 × × × × ×

813 -     if isempty(b)
814 -         b=1;
815 -     else
816 -         b=str2double(get(hh,'string'));
817 -     end
818 -
819 -     hh=findobj(gcf,'Tag','d5');
820 -     c=get(hh,'string');
821 -
822 -     if isempty(c)
823 -         c=1;
824 -     else
825 -         c=str2double(get(hh,'string'));
826 -     end
827 -
828 -     hh=findobj(gcf,'Tag','d4');
829 -     d=get(hh,'string');
830 -
831 -     if isempty(d)
832 -         d=1;
833 -     else
834 -         d=str2double(get(hh,'string'));
835 -     end
836 -
837

```

second\_order.m x [design.m x]

design / pushbutton3\_Callback | Ln 758 Col 24 OVR

รูปที่ 3-28 (ต่อ)

Editor - C:\Users\Sommar\Documents\MATLAB\TRAP\design.m

```

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack Base fx
1.0 + 11 × % & Q

837: %
838: hh=findobj(gcf,'Tag',''d5 '');
839: e=get(hh,'String');
840:
841: if isempty(e)
842: e=1;
843: else
844: e=str2double(get(hh,'String'));
845: end
846:
847: hh=findobj(gcf,'Tag',''d6 ');
848: f=get(hh,'String');
849:
850: if isempty(f)
851: f=1;
852: else
853: f=str2double(get(hh,'String'));
854: end
855:
856: if order==1
857: num=[k1];
858: den=[b a];axes(handles.axes1);
859: nyquist(num, den, grid on, title('Nyquist Plot for First-Order System'))
860: elseif order==2
861: num=[k2 k1];
862:
863:
864:
865:
866:
867:
868:
869:
870:
871:
872:
873:
874:
875:
876:

```

second\_order.m x design.m x

design / pushbutton3\_Callback Ln 758 Col 24 OVR

Editor - C:\Users\Sommar\Documents\MATLAB\TRAP\design.m

```

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack Base fx
1.0 + 11 × % & Q

852: else
853: f=str2double(get(hh,'String'));
854: end
855:
856: if order==1
857: num=[k1];
858: den=[b a];axes(handles.axes1);
859: nyquist(num, den, grid on, title('Nyquist Plot for First-Order System'))
860: elseif order==2
861: num=[k2 k1];
862: den=[c b a];axes(handles.axes1);
863: nyquist(num, den, grid on, title('Nyquist Plot for Second-Order System'))
864: elseif order==3
865: num=[k3 k2 k1];
866: den=[d c b a];axes(handles.axes1);
867: nyquist(num, den, grid on, title('Nyquist Plot for Third-Order System'))
868: elseif order==4
869: num=[k4 k3 k2 k1];
870: den=[e d c b a];axes(handles.axes1);
871: nyquist(num, den, grid on, title('Nyquist Plot for Fourth-Order System'))
872: elseif order==5
873: num=[k5 k4 k3 k2 k1];
874: den=[f e d c b a];axes(handles.axes1);
875: nyquist(num, den, grid on, title('Nyquist Plot for Fifth-Order System'))
876: end

```

second\_order.m x design.m x

design / pushbutton3\_Callback Ln 758 Col 24 OVR



Editor - C:\Users\Sommarit\Documents\MATLAB\TRAP\design.m

```

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack Base fx
+ - 1.0 + 1.1 x %& %&
879 %function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
880 % hObject handle to pushbutton4 (see GCBO)
881 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
882 % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
883 %
884 global order
885 clc
886 hh=findobj(gcf,'Tag','edit14');
887 t=get(hh,'string');
888 if isempty(t)
889 t=3;
890 else
891 t=str2double(get(hh,'string'));
892 end
893 tt=0:t/1000:t;
894 hh=findobj(gcf,'Tag','d1');
895 a=get(hh,'string');
896
897 if isempty(a)
898 a=1;
899 else
900 a=str2double(get(hh,'string'));
901 end
902
903

```

second\_order.m x design.m

design / pushbutton4\_Callback | Ln 896 Col 24 OVR

Editor - C:\Users\Sommarit\Documents\MATLAB\TRAP\design.m

```

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack Base fx
+ - 1.0 + 1.1 x %& %&
903
904 hh=findobj(gcf,'Tag','nG');
905 k=get(hh,'string');
906
907 if isempty(k)
908 k1=1;
909 else
910 k1=str2double(get(hh,'string'));
911 end
912
913 hh=findobj(gcf,'Tag','n1');
914 k2=get(hh,'string');
915
916 if isempty(k2)
917 k2=1;
918 else
919 k2=str2double(get(hh,'string'));
920 end
921
922 hh=findobj(gcf,'Tag','n2');
923 k3=get(hh,'string');
924
925 if isempty(k3)
926 k3=1;
927 else

```

second\_order.m x design.m

design / pushbutton4\_Callback | Ln 896 Col 24 OVR

รูปที่ 3-29 โค้ดการเขียนต่อการจำลองผลตอบสนองแบบสื้นทางเดินของรากของโปรแกรม  
ออกแบบและวิเคราะห์พังก์ชัน

Editor - C:\User\Somnart\Documents\MATLAB\TRAP\design.m

```

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack Base fx
* 1.0 + ÷ [1] × % π Ø
927 - else
928 - k4=str2double(get(hh,'string'));
929 - end
930 -
931 - hh=findobj(gcf,'Tag','n3');
932 - k4=get(hh,'string');
933 -
934 - if isempty(k4)
935 - k4=1;
936 - else
937 - k4=str2double(get(hh,'string'));
938 - end
939 -
940 - hh=findobj(gcf,'Tag','n4');
941 - k5=get(hh,'string');
942 -
943 - if isempty(k5)
944 - k5=1;
945 - else
946 - k5=str2double(get(hh,'string'));
947 - end
948 -
949 - hh=findobj(gcf,'Tag','d2');
950 - b=get(hh,'string');
951

```

second\_order.m x [design.m x]

design / pushbutton4\_Callback | Ln 896 Col 24 | OVR

Editor - C:\User\Somnart\Documents\MATLAB\TRAP\design.m

```

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack Base fx
* 1.0 + ÷ [1] × % π Ø
951 - if isempty(b)
952 - b=1;
953 - else
954 - b=str2double(get(hh,'string'));
955 - end
956 -
957 -
958 - hh=findobj(gcf,'Tag','d3');
959 - c=get(hh,'string');
960 -
961 - if isempty(c)
962 - c=1;
963 - else
964 - c=str2double(get(hh,'string'));
965 - end
966 -
967 - hh=findobj(gcf,'Tag','d4');
968 - d=get(hh,'string');
969 -
970 - if isempty(d)
971 - d=1;
972 - else
973 - d=str2double(get(hh,'string'));
974 - end
975

```

second\_order.m x [design.m x]

design / pushbutton4\_Callback | Ln 896 Col 24 | OVR

รูปที่ 3-29 (ต่อ)

Editor - C:\Users\Sommart\Documents\MATLAB\TRAP\design.m

```

975 %>>> hh=findobj(gof,'Tag','d3');
976 e=get(hh,'String');
977 if isempty(e)
978 e=1;
979 else
980 e=str2double(get(hh,'String'));
981 end
982 %>>> hh=findobj(gof,'Tag','d5');
983 f=get(hh,'String');
984 if isempty(f)
985 f=1;
986 else
987 f=str2double(get(hh,'String'));
988 end
989 if order==1
990 num=[k1];
991 den=[b a];axes(handles.axes1);
992 rlocus(num,den), grid on, title('Root Locus Plot for First-Order System')
993 elseif order==2
994 num=[k2 k1];
995
996 second_order.m x design.m

```

design / pushbutton4\_Callback Ln 896 Col 24 QVR

Editor - C:\Users\Sommart\Documents\MATLAB\TRAP\design.m

```

997 else
998 f=str2double(get(hh,'String'));
999 end
1000 if order==1
1001 num=[k1];
1002 den=[b a];axes(handles.axes1);
1003 rlocus(num,den), grid on, title('Root Locus Plot for First-Order System')
1004 elseif order==2
1005 num=[k2 k1];
1006 den=[c b a];axes(handles.axes1);
1007 rlocus(num,den), grid on, title('Root Locus Plot for Second-Order System')
1008 elseif order==3
1009 num=[k3 k2 k1];
1010 den=[d c b a];axes(handles.axes1);
1011 rlocus(num,den), grid on, title('Root Locus Plot for Third-Order System')
1012 elseif order==4
1013 num=[k4 k3 k2 k1];
1014 den=[e d c b a];axes(handles.axes1);
1015 rlocus(num,den), grid on, title('Root Locus Plot for Fourth-Order System')
1016 elseif order==5
1017 num=[k5 k4 k3 k2 k1];
1018 den=[f e d c b a];axes(handles.axes1);
1019 rlocus(num,den), grid on, title('Root Locus Plot for Fifth-Order System')
1020 end

```

second\_order.m x design.m
design / pushbutton4\_Callback Ln 896 Col 24 QVR

รูปที่ 3-29 (คิ)

The screenshot shows the MATLAB Editor window with the file 'design.m' open. The code displayed is:

```

Editor - C:\Users\Sommarit\Documents\MATLAB\TRAP\design.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
1024 function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
1025 % hObject    handle to pushbutton1 (see GCBO)
1026 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
1027 % handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
1028 axes(handles.axes1), cla, grid
1029
second_order.m x design.m x
design / edit14_Callback Ln 1038 Col 45 OVR

```

รูปที่ 3-30 โค้ดการลบกราฟผลตอบสนองของโปรแกรมออกแบบและวิเคราะห์ฟังก์ชัน

### 3.4 การทดสอบและแก้ไขโปรแกรม

การทดสอบและแก้ไขโปรแกรมวิเคราะห์ระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้าโดยใช้ GUI ของ MATLAB เป็นขั้นตอนการตรวจสอบโปรแกรมที่เขียนขึ้นได้ ว่าทำงานถูกต้องตามความต้องการของผู้ใช้ หรือตรงตามลักษณะงานของโปรแกรมนั้นหรือไม่ ความผิดพลาด (Errors) ที่สามารถเกิดขึ้นได้จากการเขียนโปรแกรม มีดังนี้

1. Syntax Error ความผิดพลาดที่เกิดจากการใช้คำสั่งผิดรูปแบบที่ภาษาไม่อนุญาต เช่น การลืมประการตัวแปร การเขียนคำสั่งผิด

2. Error ความผิดพลาดที่เกิดจากการที่โปรแกรมทำงานผิดไปจากขั้นตอนที่ควรจะเป็น เช่น การตรวจสอบเงื่อนไขผิดไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ คำนวณค่าได้คำตอบไม่ถูกต้อง หรือ ทำงานผิดลำดับขั้นตอน เป็นต้น

3. System Design Error ความผิดพลาดที่เกิดจากการที่โปรแกรมทำงานได้ไม่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ ขั้นตอนการทดสอบและแก้ไขโปรแกรม

4. Desk-Checking ผู้เขียนโปรแกรมตรวจสอบโปรแกรมด้วยตนเอง ถ้าให้ผู้อื่นช่วยดูจะเรียกว่า Structured-Walkthrough Translating ตรวจสอบรูปแบบคำสั่งต่างๆ ที่ใช้ในโปรแกรมโดยตัวแปลภาษา (Translator) เป็นผู้ตรวจ Debugging เป็นการทดลองใช้โปรแกรมจริง เพื่อค้นหาข้อบกพร่อง เช่น ผลลัพธ์ที่ไม่ตรงตามความต้องการ ซึ่งอาจมีสาเหตุจาก Logic Errors และถ้าได้ทดสอบกับผู้ใช้จริง ก็จะสามารถตรวจสอบ System Design Errors ได้

### 3.5 การจัดทำเอกสารและคู่มือการใช้งาน

การจัดทำเอกสารและคู่มือการใช้งานจัดทำเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบหรือการพัฒนาโปรแกรม มี 2 ส่วนดังนี้

1. คู่มือสำหรับผู้ใช้โปรแกรม คือเอกสารที่อธิบายวิธีการใช้ระบบหรือโปรแกรม เรียกว่า User Manual ใช้สำหรับผู้ใช้งานโปรแกรม และนำวิธีการใช้งานโปรแกรม แนะนำคุณสมบัติและองค์ประกอบของโปรแกรมต่างๆ วิธีการติดตั้งโปรแกรม
2. คู่มือสำหรับผู้พัฒนาโปรแกรม คือเอกสารที่อธิบายวิธีการเขียนโปรแกรม ใช้สำหรับผู้พัฒนาโปรแกรม

### 3.6 การทดลองใช้โปรแกรมโดยผู้เชี่ยวชาญและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

ผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ได้คัดเลือกมาจากนักวิชาการในมหาวิทยาลัยของรัฐจำนวน 5 ท่าน

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบประเมินโปรแกรมโดยเลือกใช้ประเภทมาตราประมาณค่า (Rating Scale) [17] ซึ่งแบบสอบถามนี้ได้แบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป และตอนที่ 2 ข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจ ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ด้านโครงสร้าง ด้านการใช้งาน และด้านผลการออกแบบ หลังจากนั้นส่งแบบสอบถามที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) พนวณว่ามีค่าเท่ากัน 1

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล [18] จะใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย (arithmetic mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ในส่วนการแปลงผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามวิธีของลิกิร์ท (Likert) มีระดับการประเมิน ดังนี้

4.51-5.00	หมายถึง มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด
3.51-4.50	หมายถึง มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก
2.51-3.50	หมายถึง มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง
1.51-2.50	หมายถึง มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย
1.00-1.50	หมายถึง มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

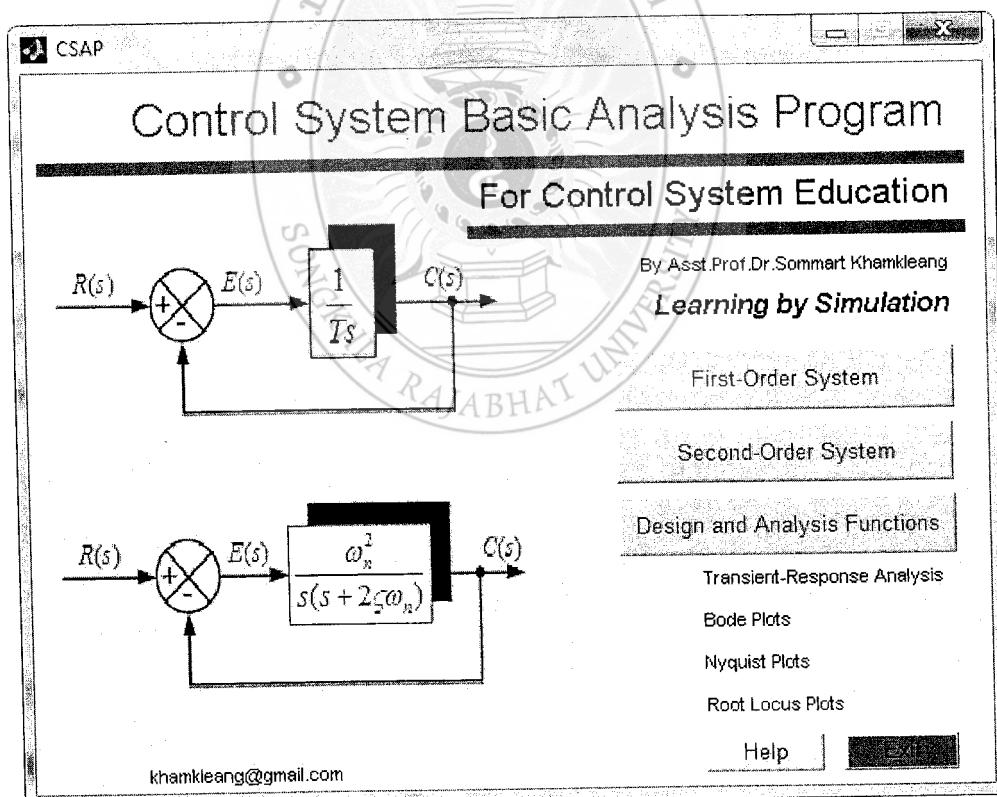
## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

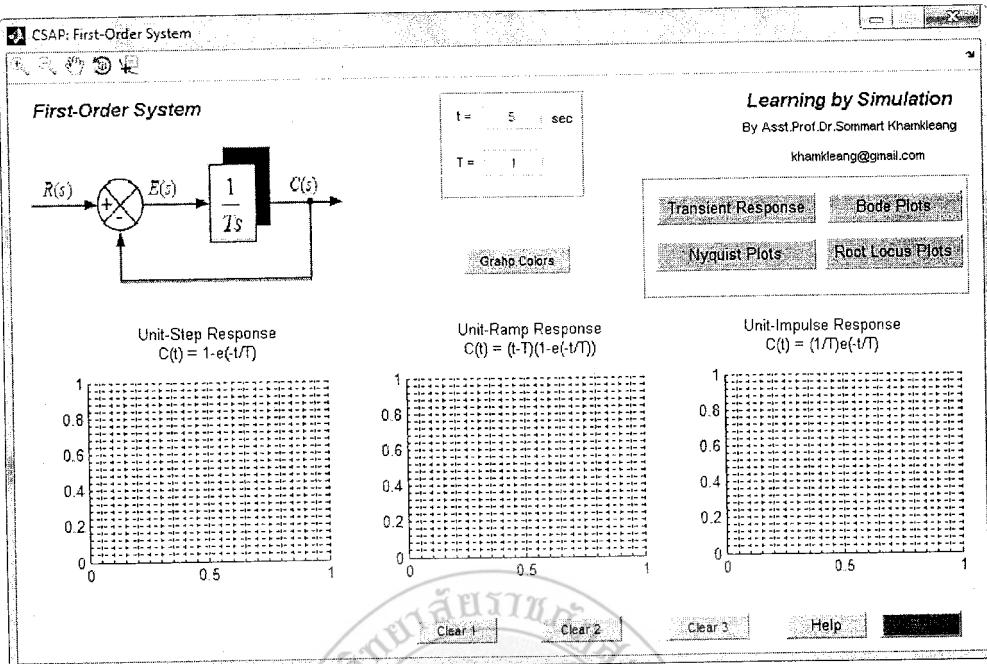
จากการดำเนินการวิจัยอย่างเป็นระบบ ผู้วิจัยขอนำเสนอเสนอผลของการทำวิจัยตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### 4.1 ผลการพัฒนาโปรแกรม

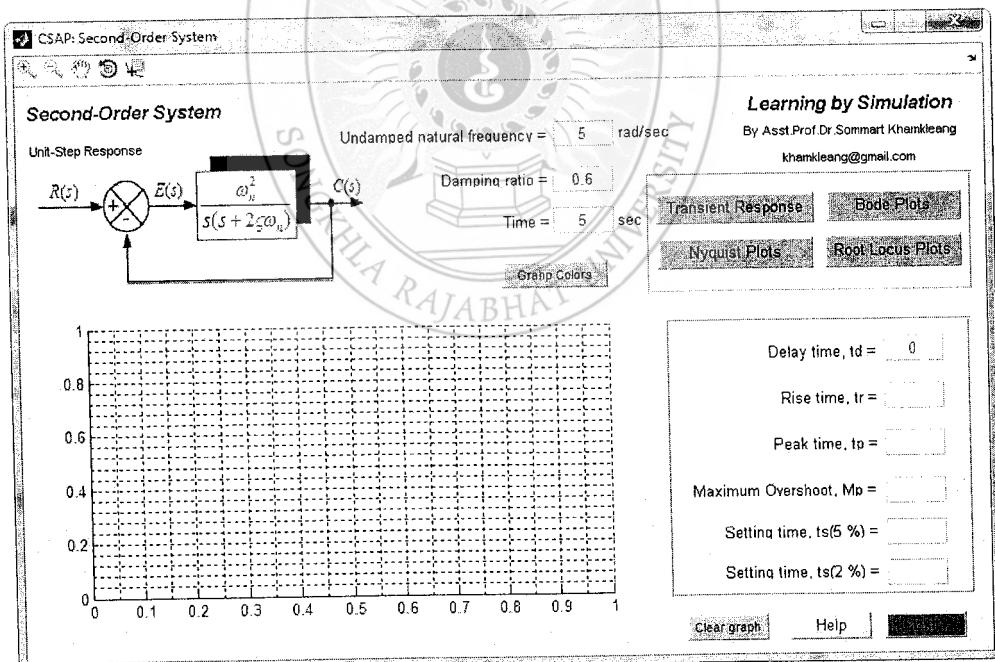
โปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย หน้าต่างเมนูหลัก แสดงดังรูปที่ 4-1 โปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับหนึ่ง แสดงดังรูปที่ 4-2 โปรแกรมวิเคราะห์วงจรอันดับสอง แสดงดังรูปที่ 4-3 และโปรแกรมออกแบบและวิเคราะห์ฟังก์ชัน แสดงดังรูปที่ 4-4 และรูปที่ 4-5 ตามลำดับ



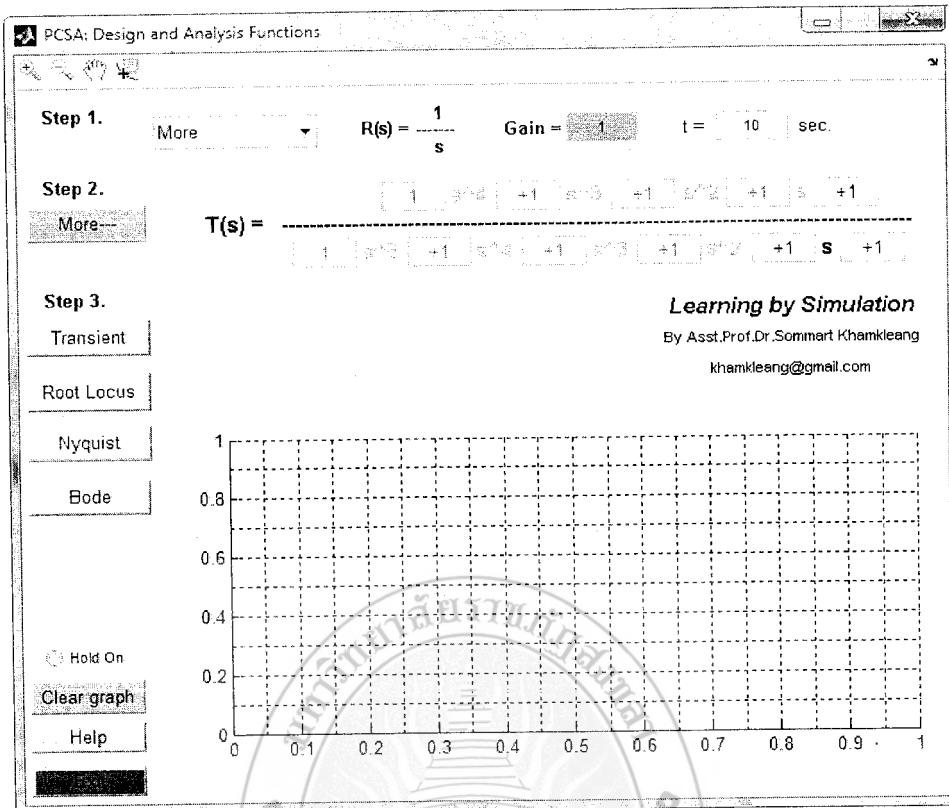
รูปที่ 4-1 หน้าต่างเมนูหลักของโปรแกรมวิเคราะห์ระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้า



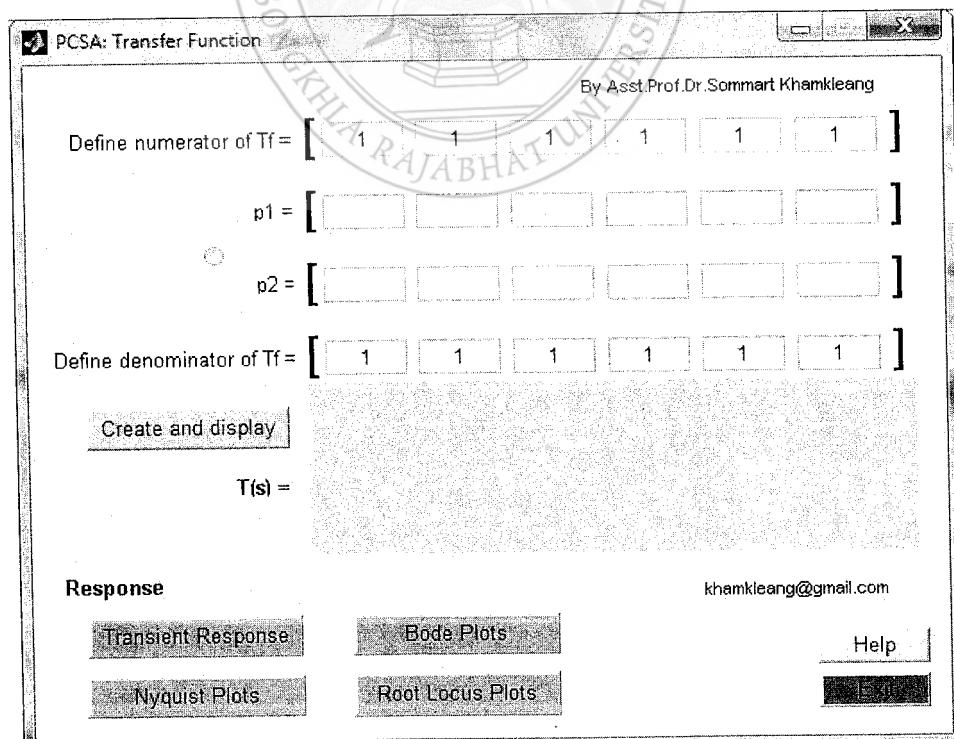
รูปที่ 4-2 หน้าต่างของโปรแกรมวิเคราะห์ระบบควบคุมอัมดับหนึ่ง



รูปที่ 4-3 หน้าต่างของโปรแกรมวิเคราะห์ระบบควบคุมอัมดับสอง



รูปที่ 4-4 หน้าต่างของโปรแกรมออกแบบและวิเคราะห์ฟังก์ชัน



รูปที่ 4-5 หน้าต่างของโปรแกรมวิเคราะห์ฟังก์ชัน

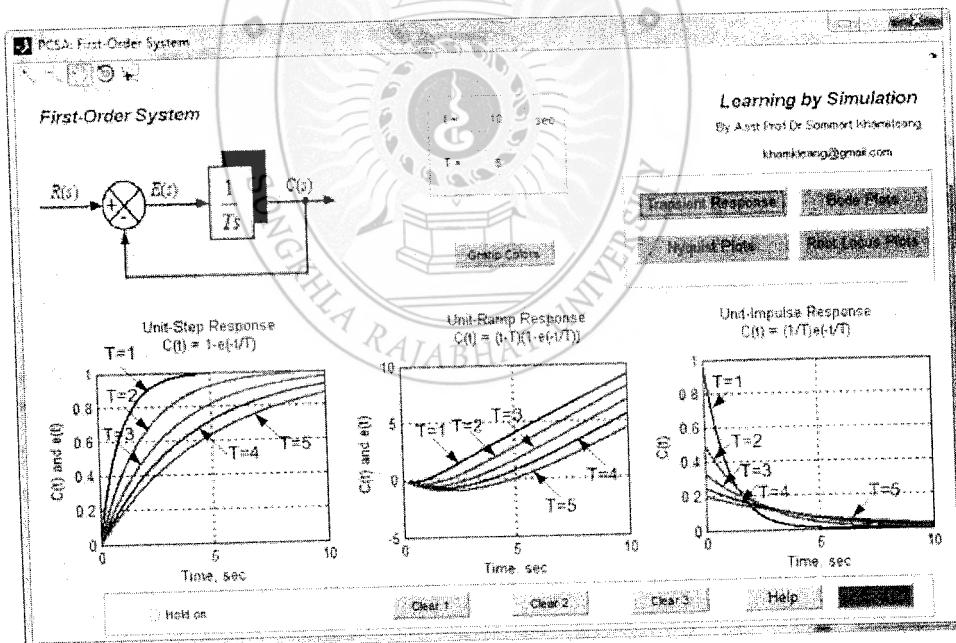
## 4.2 ผลการทดสอบคุณภาพของโปรแกรม

การทดสอบคุณภาพของโปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้น จะทำการเปรียบเทียบผลการจำลอง กับการคำนวณทางทฤษฎี ดังรายละเอียดต่อไปนี้

### 4.2.1 การวิเคราะห์ระบบควบคุมอันดับหนึ่ง

การวิเคราะห์ระบบควบคุมอันดับหนึ่งโดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อเปรียบเทียบกับทฤษฎี ใช้สัญญาณมาตรฐานทดสอบระบบ โดยจะใช้สัญญาณระดับ (unit-step) สัญญาณลาด (unit-ramp) และสัญญาณอิมพลส์ (Impulse) เป็นสัญญาณอินพุต โดยทำการกำหนดค่าเวลา ( $t$ ) เท่ากับ 0 ถึง 5 วินาที และค่า ( $T$ ) เท่ากับ 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ

ผลการจำลองผลตอบสนองชั่วขณะ (Transient Response) ของระบบควบคุมอันดับหนึ่ง แสดงดังรูปที่ 4-6



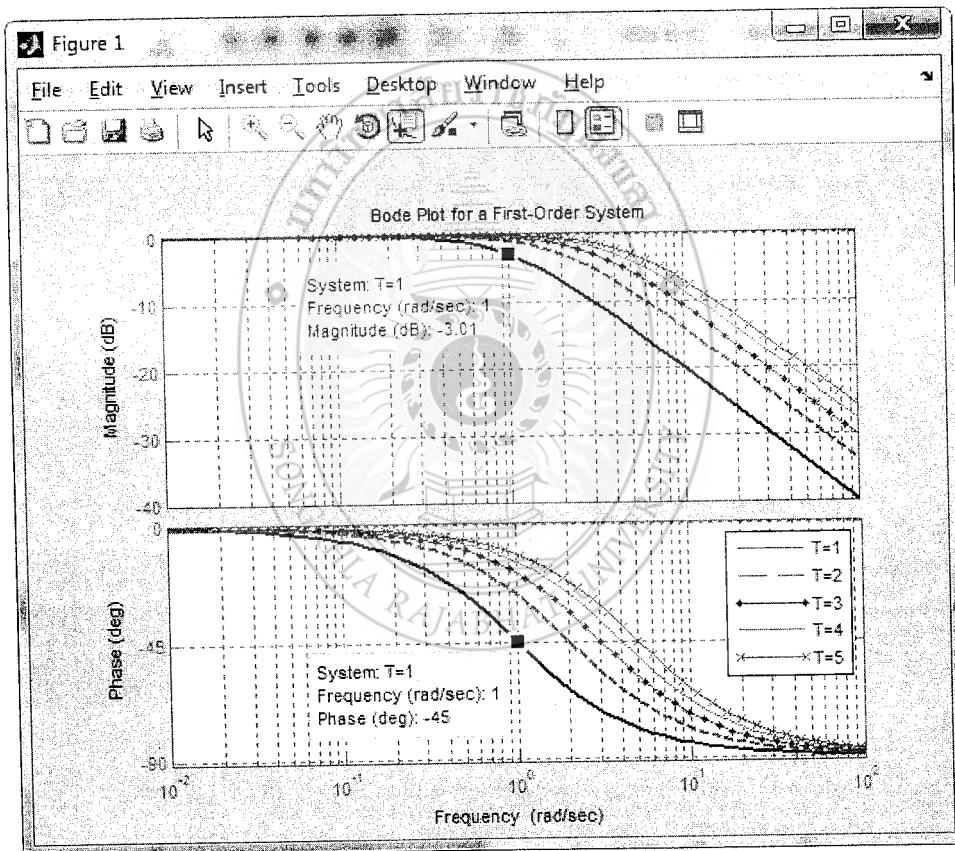
รูปที่ 4-6 ผลการจำลองผลตอบสนองชั่วขณะของระบบควบคุมอันดับหนึ่ง

จากรูปที่ 4-6 เมื่อสัญญาณระดับ (unit-step) เป็นสัญญาณอินพุต พบว่าถ้าค่าคงที่ของเวลา ( $T$ ) น้อยลงเท่าไร ระบบจะเข้าสู่ภาวะเสถียร โดยใช้เวลาอย่าง ที่จุด  $t=T$  จะได้ค่าของ  $c(t)$  เท่ากับ 0.632 หรือ 63.2 % ของการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด

เมื่อสัญญาณล่าด (unit-ramp) เป็นสัญญาณอินพุต พนว่าถ้าค่าคงที่ของเวลา ( $T$ ) น้อยลงเท่าไร ระบบจะเข้าสู่ภาวะเสถียรโดยใช้เวลาน้อยลง ที่จุด  $t = T$  จะได้ค่าของ  $c(t)$  เท่ากับ 0 ของการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด

เมื่อสัญญาณอิมพัลส์ (Impulse) เป็นสัญญาณอินพุต พนว่าถ้าค่าคงที่ของเวลา ( $T$ ) น้อยลงเท่าไร ระบบจะเข้าสู่ภาวะเสถียรโดยใช้เวลาน้อยลง ที่จุด  $t = T$  จะได้ค่าของ  $c(t)$  เท่ากับ 0.368 หรือ 36.8 % ของการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด ซึ่งผลการวิเคราะห์มีผลลัพธ์ต้องสอดคล้องกับทฤษฎี

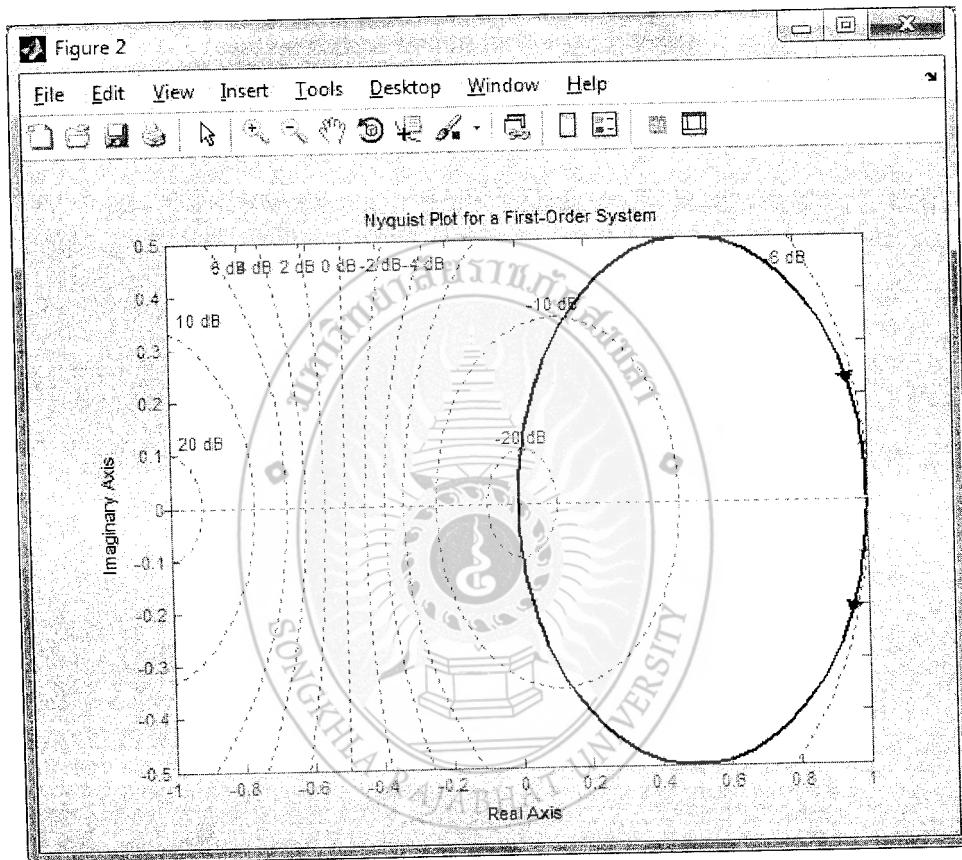
ผลการจำลองผลตอบสนองตามความถี่แบบ โบเด (Bode Plot) ของระบบควบคุมอันดับหนึ่ง แสดงดังรูปที่ 4-7



รูปที่ 4-7 ผลตอบสนองตามความถี่แบบ โบเดของระบบควบคุมอันดับหนึ่ง

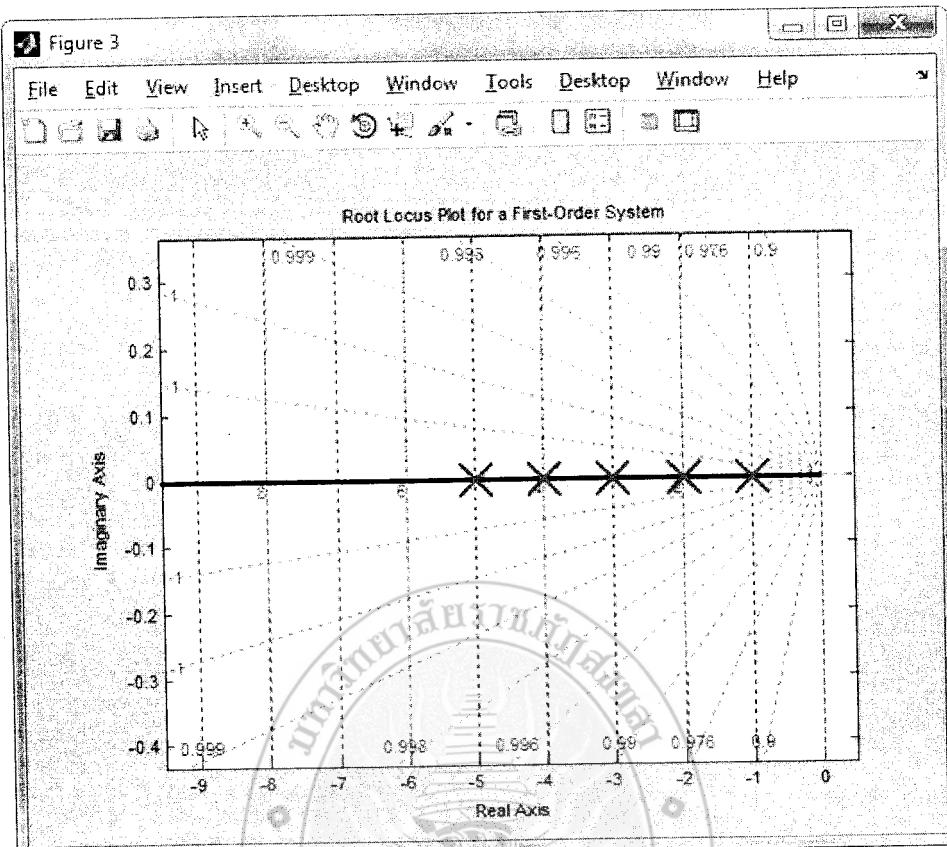
จากรูปที่ 4-7 พนว่า ถ้าค่าคงที่ของเวลา ( $T$ ) มีค่าเท่ากับ 1 จะทำให้ลักษณะของผลตอบสนองมีค่าความถี่ตัดที่ขนาด  $-3.0 \text{ dB}$  ที่ความถี่เท่ากับ  $1 \text{ rad/sec}$  มีมุมเฟสเท่ากับ  $-45^\circ$  และเมื่อค่าคงที่ของเวลา ( $T$ ) มีค่าเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่าความถี่ตัดที่ขนาด  $-3.0 \text{ dB}$  มีค่าเพิ่มมากขึ้นด้วยแต่มีมุมเฟสเท่ากับ  $-45^\circ$  เท่าเดิม ซึ่งผลการวิเคราะห์มีผลลัพธ์ต้องสอดคล้องกับทฤษฎี

ผลการจำลองผลตอบสนองแบบไนคิสต์ (Nyquist Plot) ของระบบควบคุมอันดับหนึ่ง แสดงดังรูปที่ 4-8 พบว่าฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบควบคุมอันดับหนึ่ง ที่มีค่าเวลา ( $t$ ) เท่ากับ 0 ถึง 5 วินาที และค่า ( $T$ ) เท่ากับ 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ ไม่มีโพลเทางด้านฝั่งขวาเมื่อของระบบเสถียร และจากการจำลองแผนภาพไนคิสต์ โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ไม่มีวงล้อมรอบตามเข็มนาฬิกา รอบจุด -1 ดังนั้นแสดงว่าระบบนี้มีคุณภาพ ซึ่งผลการวิเคราะห์มีผลถูกต้องสอดคล้องกับทฤษฎี



รูปที่ 4-8 ผลตอบสนองแบบไนคิสต์ ของระบบควบคุมอันดับหนึ่ง

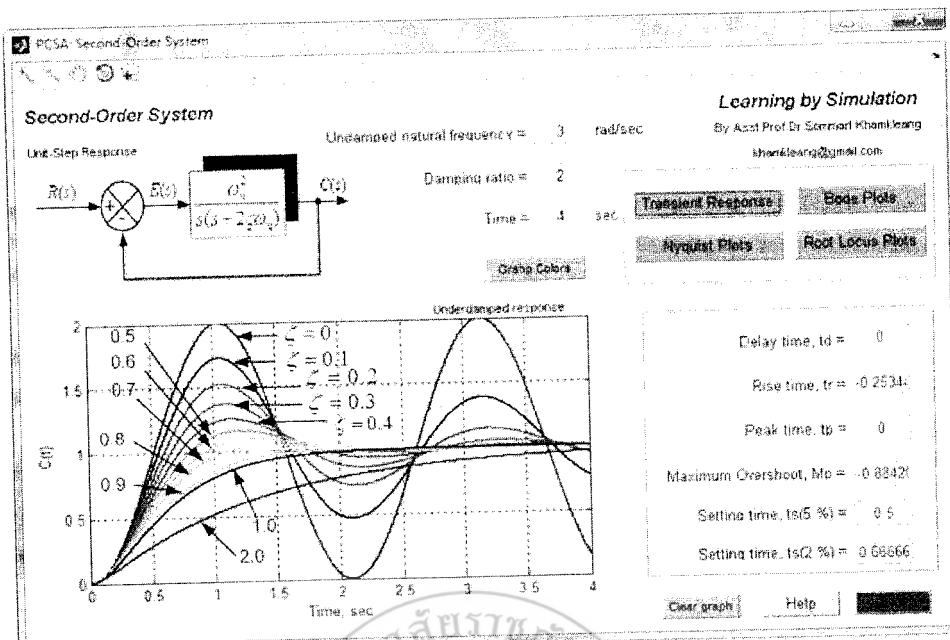
ผลการจำลองผลตอบสนองแบบเส้นทางเดินของราก (Root Locus Plot) ของระบบควบคุม อันดับหนึ่ง แสดงดังรูปที่ 4-9 พบว่าฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบควบคุมอันดับหนึ่ง ที่มีค่าเวลา ( $t$ ) เท่ากับ 0 ถึง 5 วินาที และค่า ( $T$ ) เท่ากับ 1 rad/sec จะมีค่าโพลอยู่บนระบบเสถียรที่ -1 เมื่อปรับค่า ( $T$ ) เท่ากับ 2 rad/sec จะมีค่าโพลอยู่บนระบบเสถียรที่ -2 เมื่อปรับค่า ( $T$ ) เท่ากับ 3 rad/sec จะมีค่าโพลอยู่บนระบบเสถียรที่ -3 เมื่อปรับค่า ( $T$ ) เท่ากับ 4 rad/sec จะมีค่าโพลอยู่บนระบบเสถียรที่ -4 และเมื่อปรับค่า ( $T$ ) เท่ากับ 5 rad/sec จะมีค่าโพลอยู่บนระบบเสถียรที่ -5 ตามลำดับ ซึ่งผลการวิเคราะห์มีผลถูกต้องสอดคล้องกับทฤษฎี



รูปที่ 4-9 ผลตอบสนองแบบเส้นทางเดินของราก (Root Locus Plot) ของระบบควบคุมอันดับหนึ่ง

#### 4.2.2 การวิเคราะห์ระบบควบคุมอันดับสอง

การวิเคราะห์ระบบควบคุมอันดับสองโดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาเปรียบเทียบกับทฤษฎี โดยทำการกำหนดค่าเวลา ( $t$ ) เท่ากับ 0 ถึง 5 วินาที ความเร็วเชิงมุมในการแก่ว่งตามธรรมชาติ  $\omega_n$  เท่ากับ 5 rad/sec มีอัตราการหน่วงของระบบ  $\zeta$  เท่ากับ 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1 และ 2 ตามลำดับ ผลการจำลองผลตอบสนองช่วงระบบควบคุมอันดับสองแสดงดังรูปที่ 4-10



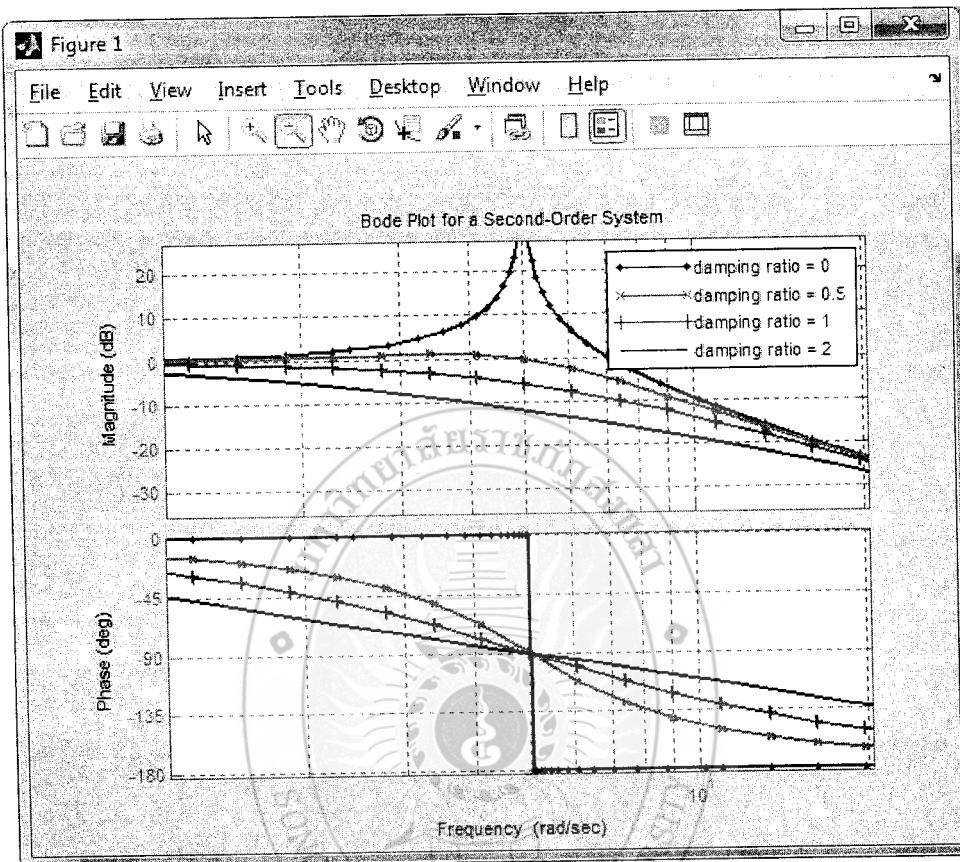
รูปที่ 4-10 ผลตอบสนองชั่วขณะของระบบควบคุมอันดับสองที่เปลี่ยนแปลงตามอัตราการหน่วงของระบบ

จากรูปที่ 4-10 พบร่วมกันว่า กรณี  $0 < \zeta < 1$  เป็นระบบที่มีความหน่วงน้อย (Under Damped) กรณี  $0 < \zeta < 1$  เป็นระบบที่มีความหน่วงน้อย (Under Damped) และกรณี  $\zeta > 1$  เป็นระบบที่มีความหน่วงเกิน (Over Damped) สามารถแสดงคุณลักษณะของผลตอบสนองชั่วขณะของระบบควบคุมอันดับสองได้ดังตารางที่ 4-1 ซึ่งผลการวิเคราะห์มีผลถูกต้องสอดคล้องกับทฤษฎี

ตารางที่ 4-1 คุณลักษณะของผลตอบสนองชั่วขณะของระบบควบคุมอันดับสองที่เปลี่ยนแปลงตามอัตราการหน่วงของระบบ  $\zeta$

คุณลักษณะ	$\zeta = 0$	$\zeta = 0.5$	$\zeta = 1$	$\zeta = 2$
เวลาหน่วง	0	0	0	0
เวลาไต์ชี้น	0.314	0.483	$\alpha$	-0.152
เวลาสูงสุด	0.628	0.725	$\alpha$	0
ผลตอบสนองสูงสุด	100%	16.30%	0.00	-88.4%
เวลาสู่สมดุล $\pm 5\%$	$\alpha$	1.2	0.6	0.3
เวลาสู่สมดุล $\pm 2\%$	$\alpha$	1.6	0.8	0.4

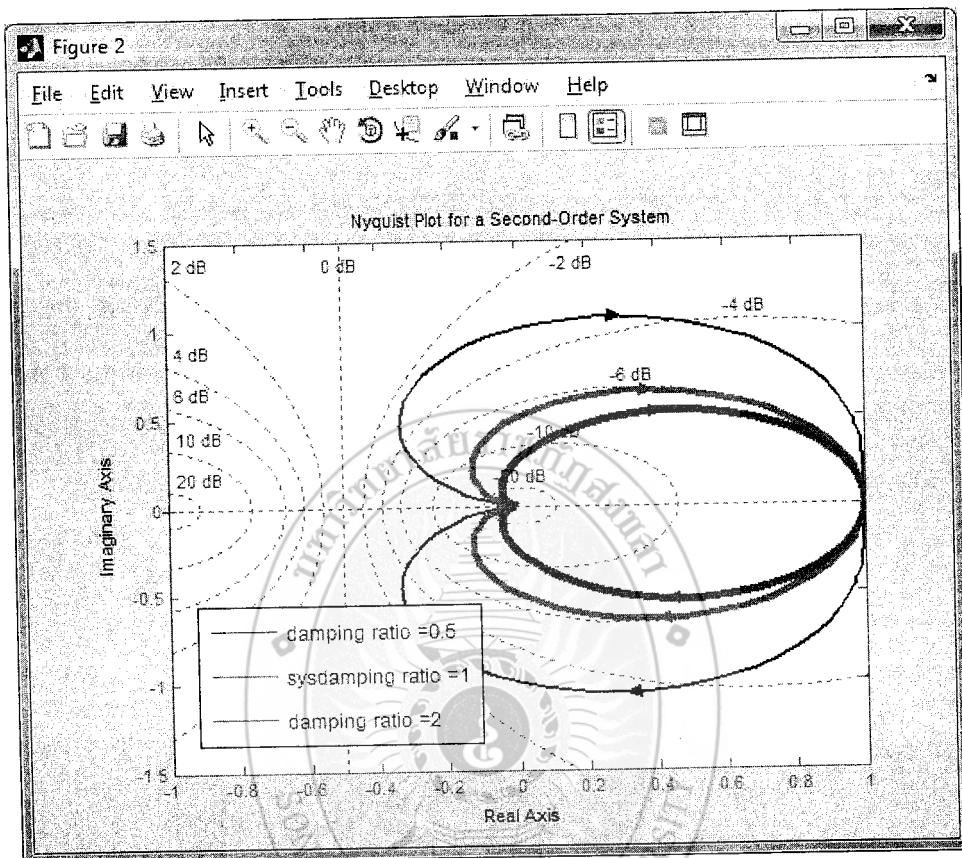
ผลการจำลองผลตอบสนองตามความถี่แบบโนเดค ของระบบควบคุมอันดับสองที่เปลี่ยนแปลงตามอัตราการหน่วงของระบบ  $\zeta$  แสดงดังรูปที่ 4-11



รูปที่ 4-11 ผลตอบสนองตามความถี่แบบโนเดคของระบบควบคุมอันดับสองที่เปลี่ยนแปลงตามอัตราการหน่วงของระบบ

จากรูปที่ 4-11 พบร่วมกับค่าอัตราการหน่วงของระบบ  $\zeta$  เท่ากับ 0, 0.5, 1 และ 2 ตามลำดับ ที่  $\zeta = 0$  ความเร็วเชิงมุมในการแกว่งตามธรรมชาติ  $\omega_n$  เท่ากับ 5 rad/sec มีขนาด 143 dB มีมุ่มเฟสเท่ากับ  $-90^\circ$  ที่  $\zeta = 0.5$  ความเร็วเชิงมุมในการแกว่งตามธรรมชาติ  $\omega_n$  เท่ากับ 5 rad/sec มีขนาด  $-1.93 \times 10^{-15}$  dB มีมุ่มเฟสเท่ากับ  $-90^\circ$  ที่  $\zeta = 1$  ความเร็วเชิงมุมในการแกว่งตามธรรมชาติ  $\omega_n$  เท่ากับ 5 rad/sec มีขนาด  $-6.02$  dB มีมุ่มเฟสเท่ากับ  $-90^\circ$  และที่  $\zeta = 2$  ความเร็วเชิงมุมในการแกว่งตามธรรมชาติ  $\omega_n$  เท่ากับ 5 rad/sec มีขนาด  $-12$  dB มีมุ่มเฟสเท่ากับ  $-90^\circ$  ซึ่งผลการวิเคราะห์มีผลถูกต้องสอดคล้องกับทฤษฎี

ผลการจำลองผลตอบสนองแบบในคิวสต์ ของระบบควบคุมอันดับสองที่เปลี่ยนแปลงตามอัตราการหันว่างของระบบ  $\zeta$  แสดงดังรูปที่ 4-12

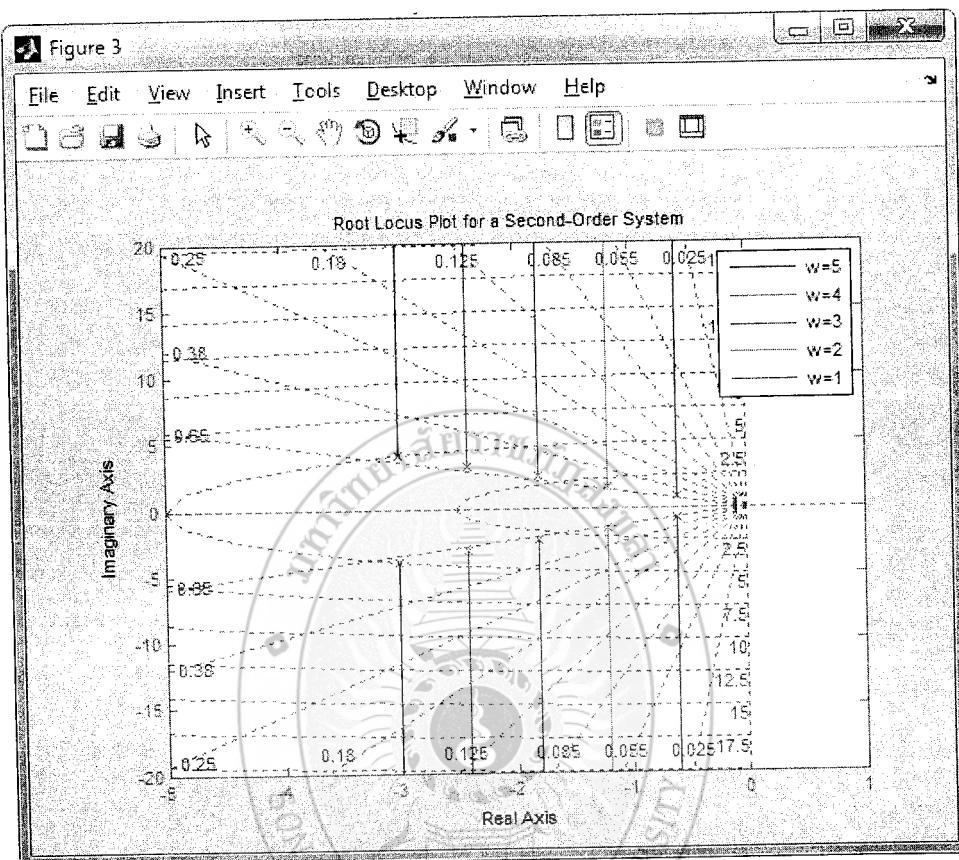


รูปที่ 4-12 ผลตอบสนองแบบในคิวสต์ของระบบควบคุมอันดับสองที่เปลี่ยนแปลงตามอัตราการหันว่างของระบบ

จากรูปที่ 4-12 พบร่วมกับค่าอัตราการหันว่างของระบบ  $\zeta$  เท่ากับ 0.5, 1 และ 2 ตามลำดับ ไม่นิ่งไฟลทางด้านฝั่งขวาเมื่อของระบบเสถียร และจากการจำลองแผนภาพในคิวสต์โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ไม่มีวงล้อรอบตามเข็มนาฬิการอบจุด -1 ดังนั้นแสดงว่าระบบนี้มีคุณภาพดีผ่านการวิเคราะห์มีผลลูกต้องสอดคล้องกับทฤษฎี

ผลการจำลองผลตอบสนองแบบเส้นทางเดินของراك ของระบบควบคุมอันดับสองแสดงดังรูปที่ 4-13 พบร่วมกับค่าอัตราการหันว่างของระบบควบคุมอันดับสอง เมื่อกำหนดค่าความเร็วเชิงมุมในการแก่วงตามธรรมชาติ  $\omega_n$  เท่ากับ 1 rad/sec จะมีค่าโพลอยู่บนระบบเสถียรที่  $-0.6 \pm j0.8$  เมื่อปรับค่า  $\omega_n$  เท่ากับ 2 rad/sec จะมีค่าโพลอยู่บนระบบเสถียรที่  $-1.2 \pm j1.6$  เมื่อปรับค่า  $\omega_n$  เท่ากับ 3 rad/sec

จะมีค่าโพลอยู่บนระนาบເອສที่  $-1.8 \pm j2.4$  ตามลำดับ ซึ่งผลการวิเคราะห์มีผลลูกต้องสอดคล้องกับทฤษฎี



รูปที่ 4-13 ผลตอบสนองแบบเส้นทางเดินของรากของระบบควบคุมอันดับสอง

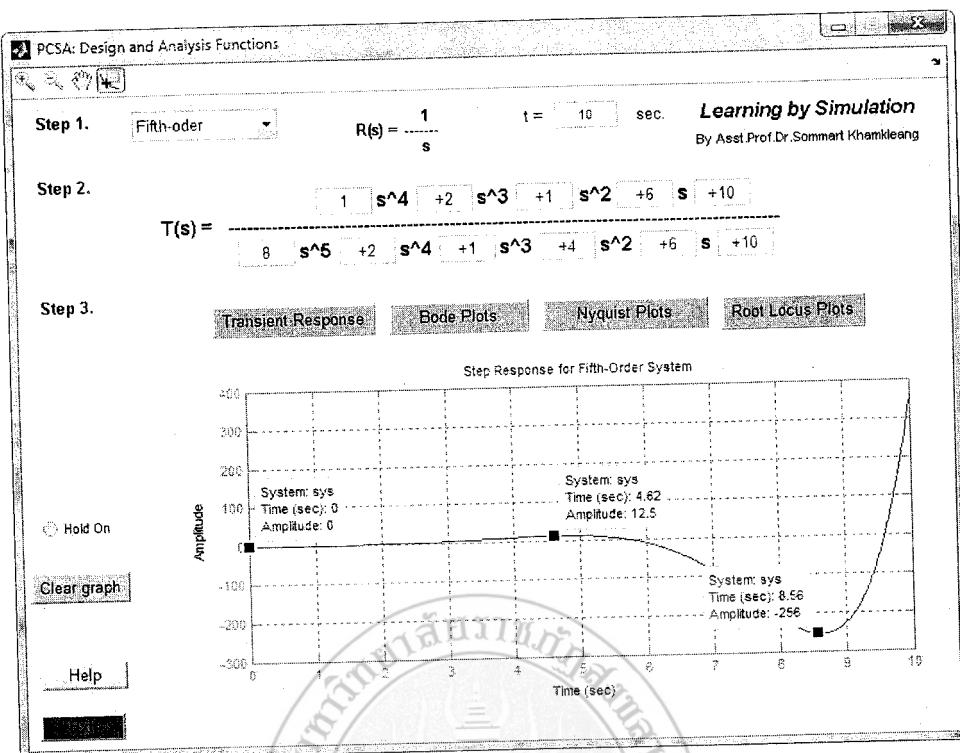
#### 4.2.3 การออกแบบและวิเคราะห์ฟังก์ชัน

ในงานวิจัยนี้จะอยู่กตัวอย่างการวิเคราะห์หาสเต็ยภาพของระบบควบคุมอันดับ 5 โดยมีค่าสัญญาณเอาต์พุตของระบบคือ

$$T(s) = C(s) = \frac{s^4 + 2s^3 + s^2 + 6s + 10}{8s^5 + 2s^4 + s^3 + 4s^2 + 6s + 10}$$

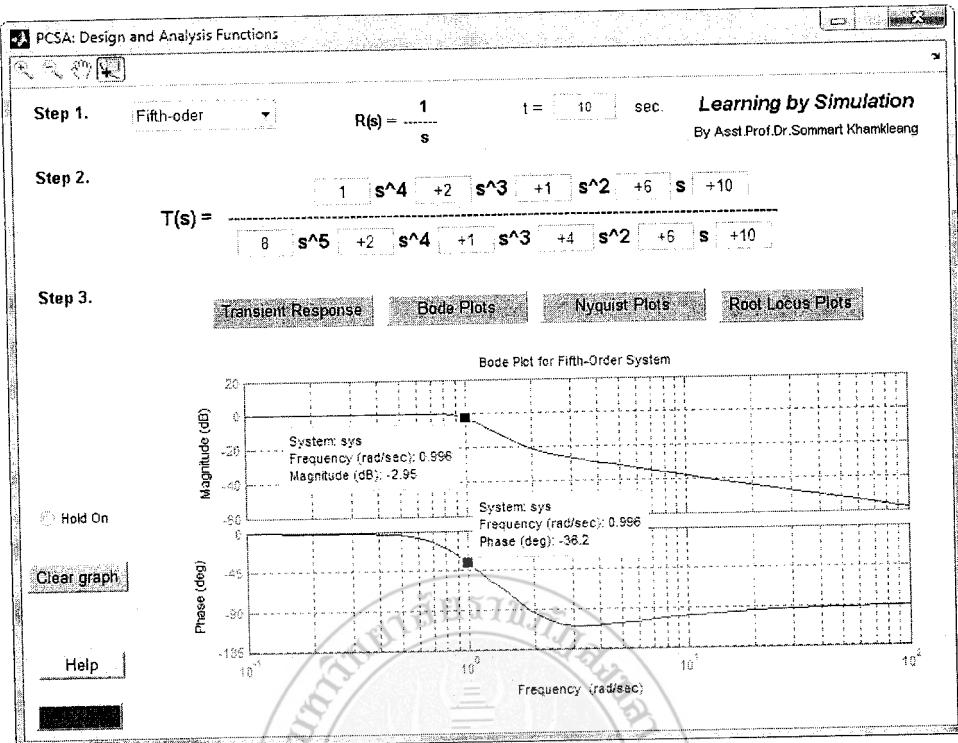
เมื่อสัญญาณอินพุตเป็นฟังก์ชันอันดับหนึ่ง มีค่า  $R(s) = \frac{1}{s}$  แสดงผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ 4-14

ดังรูปที่ 4-17



รูปที่ 4-14 ผลตอบสนองช่วงขณะที่เวลา ( $t$ ) 0 ถึง 10 วินาที ของระบบควบคุมอันดับ 5

จากรูปที่ 4-14 พบว่าผลตอบสนองช่วงขณะที่เวลา 0 วินาที ผลตอบสนองของสัญญาณจะมีค่าเท่ากับ 0 และเมื่อเวลาเพิ่มมากขึ้น ผลตอบสนองของสัญญาณจะมีค่าขึ้นตามไปด้วยจนถึงเวลาที่ 4.62 วินาที ผลตอบสนองของสัญญาณจะมีค่าเท่ากับ 12.5 และหลังจากนั้นผลตอบสนองของสัญญาณจะมีค่าลดลงไปเรื่อยๆ จนถึงเวลาที่ 8.56 วินาที ผลตอบสนองของสัญญาณจะมีค่าเท่ากับ -256 และเมื่อเวลาผ่านไปหลังจาก 8.56 วินาที ลักษณะผลตอบสนองจะมีค่าที่สูงขึ้น ซึ่งผลการวิเคราะห์มีผลลัพธ์ต้องสอดคล้องกับทฤษฎี

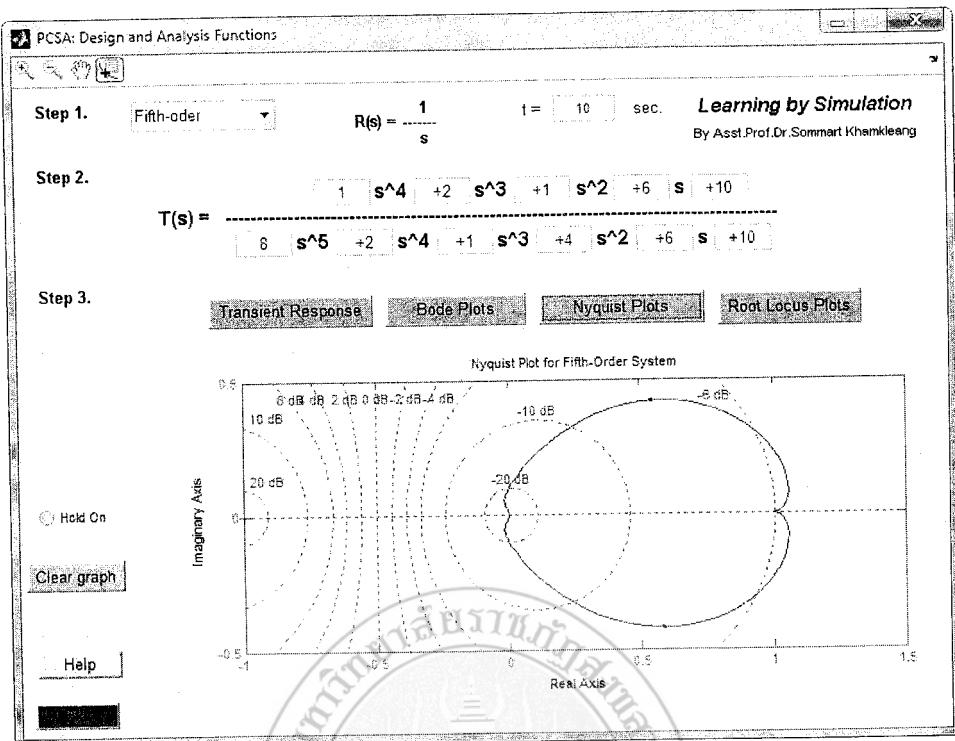


รูปที่ 4-15 ผลตอบสนองในโดเมนความถี่แบบโนเบของระบบควบคุมอันดับ 5

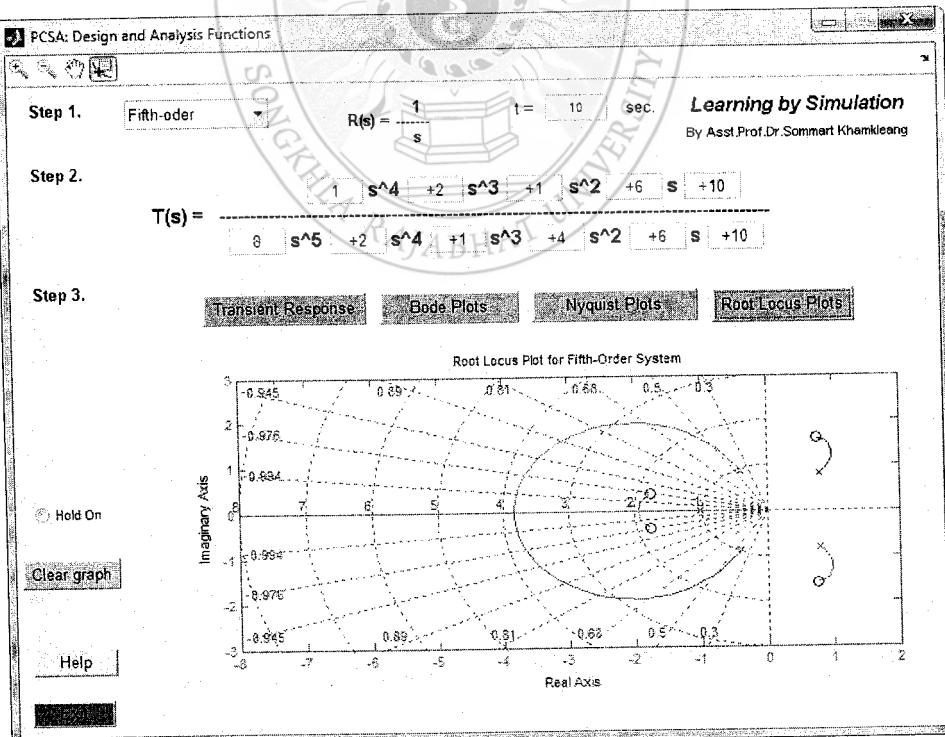
จากรูปที่ 4-15 พบว่าผลตอบสนองในโดเมนความถี่แบบโนเบของระบบควบคุมอันดับ 5 ที่ขนาด  $-3 \text{ dB}$  มีค่า  $\omega_n$  เท่ากับ  $1 \text{ rad/sec}$  มุ่งเฟสเท่ากับ  $37^\circ$  ซึ่งผลการวิเคราะห์มีผลถูกต้อง สอดคล้องกับทฤษฎี

จากรูปที่ 4-16 พบว่าผลการหาสเตียรภาพด้วยวิธีการโนเบของระบบควบคุมอันดับ 5 ไม่มีโพลทางด้านฝั่งขวาเมื่อของระบบເອສ และจากการจำลองແຜນภาพในโนเบโดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นไม่มีวงล้อมรอบตามเงื่อนไขการอยู่จุด  $-1$  ดังนั้นแสดงว่าระบบนี้มีคุณภาพ ซึ่งผลการวิเคราะห์มีผลถูกต้องสอดคล้องกับทฤษฎี

จากรูปที่ 4-17 พบว่าผลการหาสเตียรภาพด้วยวิธีการเส้นทางเดินของรากของระบบควบคุม อันดับ 5 จะมีโพลและซีโรอยู่บนระนาบເອສจำนวน 5 คู่ เช่นที่ค่าโพล เท่ากับ  $-1.03$  มีค่าอัตราการหันของระบบ  $\zeta$  เท่ากับ  $1$  มีค่าอัตราการขยาย เท่ากับ  $0$  ที่ความถี่  $1.03 \text{ rad/sec}$  และซีโร เท่ากับ  $-1.76 + j0.372$  มีค่าอัตราการหันของระบบ  $\zeta$  เท่ากับ  $0.978$  มีค่าอัตราการขยาย เท่ากับ  $\alpha$  ที่ความถี่  $1.8 \text{ rad/sec}$  ซึ่งผลการวิเคราะห์มีผลถูกต้องสอดคล้องกับทฤษฎี



รูปที่ 4-16 ผลการหาเส้นยิรภาพด้วยวิธีการในวิสัยของระบบควบคุมอันดับ 5



รูปที่ 4-17 ผลการหาเส้นยิรภาพด้วยวิธีการเดินทางเดินของรากของระบบควบคุมอันดับ 5

### 4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้เชี่ยวชาญ

การทดสอบการใช้งานของโปรแกรมจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ผลการประเมินจากแบบสอบถามแสดงดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ผลการประเมินโปรแกรมจากผู้เชี่ยวชาญ

ความคิดเห็น	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านโครงสร้าง	4.43	0.59	มาก
2. ด้านการใช้งาน	4.62	0.56	มากที่สุด
3. ด้านผลการคำนวณ	4.65	0.54	มากที่สุด
เฉลี่ยรวมทุกด้าน	4.57		มากที่สุด

ผลการประเมินพบว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นดังนี้ 1) ด้านโครงสร้างมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.43 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.59 2) ด้านการใช้งานมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.62 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.56 และ 3) ด้านผลการคำนวณมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.54 โดยมีระดับความพึงพอใจเฉลี่ยเท่ากับ 4.57 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

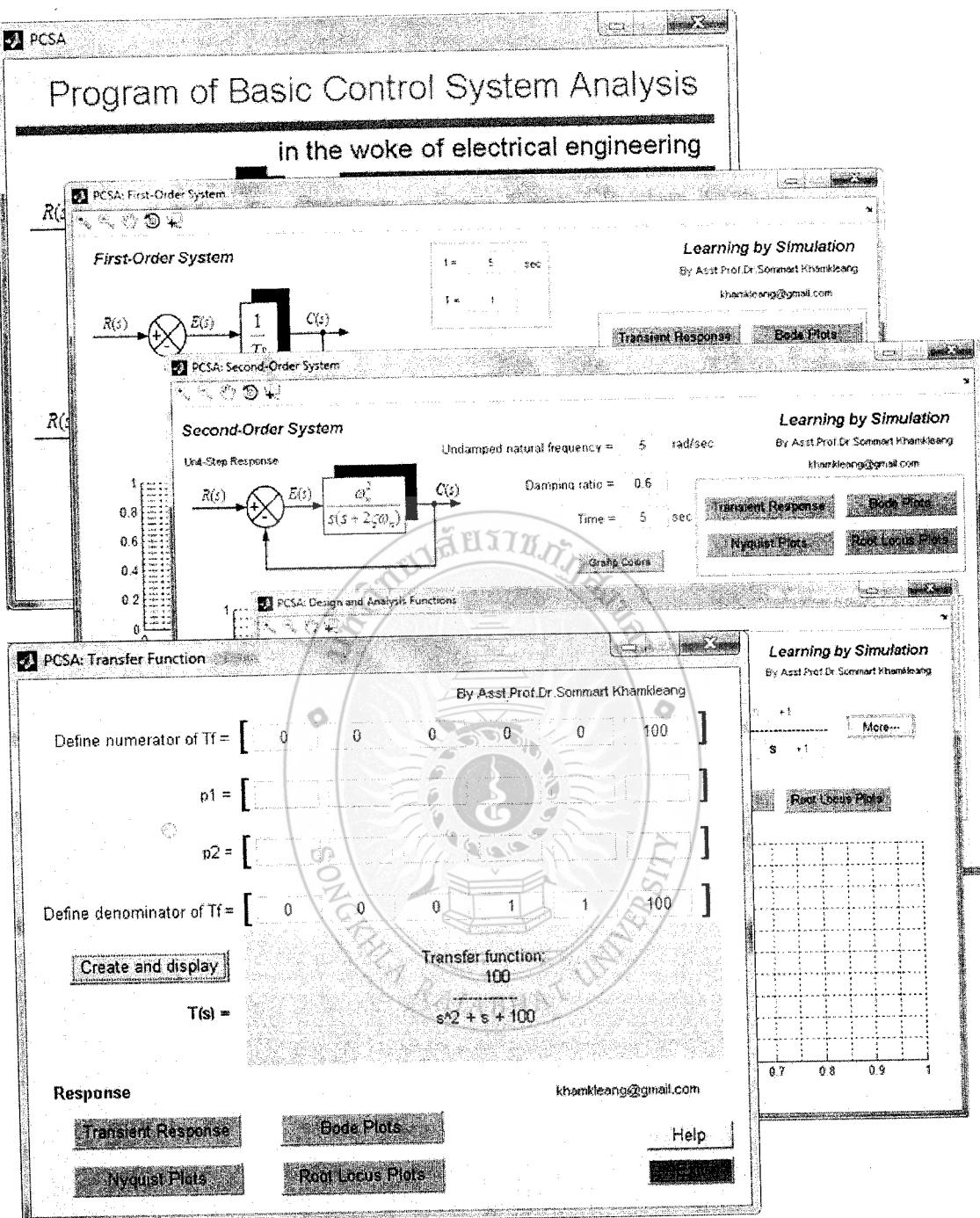
## บทที่ 5

### สรุปผลและอภิปรายผล

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

การทำวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมประยุกต์เพื่อช่วยในการวิเคราะห์วิศวกรรมระบบควบคุมโดยใช้ฟังก์ชันจี Yaş ไอของแมทແลิป มีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้ เริ่มต้นจากการวิเคราะห์ปัญหา การออกแบบโปรแกรม การเขียนโปรแกรม การทดสอบและแก้ไขโปรแกรม และการจัดทำเอกสารและคู่มือการใช้งาน ผลของการทำวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. โปรแกรมสำหรับวิเคราะห์ระบบควบคุมเบื้องต้นในงานวิศวกรรมไฟฟ้าโดยใช้ฟังก์ชันจี Yaş ไอของแมทແลิปที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย หน้าต่างเมนูหลัก โปรแกรมวิเคราะห์ห่วงจรันดับหนึ่ง โปรแกรมวิเคราะห์ห่วงจรันดับสอง และ โปรแกรมออกแบบและวิเคราะห์ฟังก์ชัน แสดงดังรูปที่ 5-1
2. โปรแกรมสำหรับวิเคราะห์ระบบควบคุมเบื้องต้นในงานวิศวกรรมไฟฟ้าโดยใช้ฟังก์ชันจี Yaş ไอของ แมทແลิปที่พัฒนาขึ้น สามารถวิเคราะห์ระบบควบคุมอันดับหนึ่ง ระบบควบคุมอันดับสอง ออกแบบและวิเคราะห์ฟังก์ชัน โดยโปรแกรมสามารถจำลองกราฟการตอบสนองชั่วขณะ กราฟการวิเคราะห์หาเสถียรภาพของระบบควบคุม และผลตอบสนองในโอดเมนความถี่แบบโนเบค ได้ถูกต้อง ผู้ใช้งานสามารถปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรต่าง ๆ ได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว เหมาะกับการนำไปใช้วิเคราะห์ระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้า และยังสามารถนำไปใช้ในการสอนวิชา วิศวกรรมระบบควบคุม เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจลักษณะของการตอบสนองของระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้า และสามารถเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีกับการปฏิบัติได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Antonios S. Andreatos and Anastasios D. Zagorianos. [19] และผู้เชี่ยวชาญมีความพึงพอใจเฉลี่ยเท่ากับ 4.57 ซึ่งมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

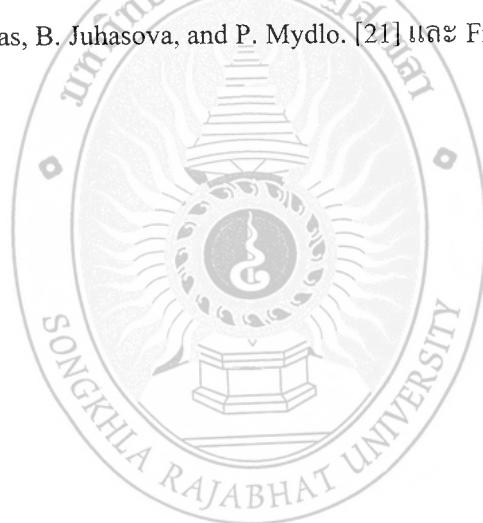


รูปที่ 5-1 สรุปผลการพัฒนาโปรแกรม

## 5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัยบังพบอีกว่าผลการวิเคราะห์ของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีค่าถูกต้องตรงตามทฤษฎี เพราะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทฤษฎีของระบบควบคุม จากสมการทางคณิตศาสตร์ที่มีความ

ชั้นช่อง มาเชื่อมโยงสู่ผลตอบสนองทางกายภาพของระบบ และนำไปสู่การพัฒนาโปรแกรมตามขั้นตอนการพัฒนา จึงทำให้ผลการวิเคราะห์ถูกต้อง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ไฟฟ้า คงเรือง และสมมารถ จำเกลี้ยง [15] ที่ได้พัฒนาโปรแกรมออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้าตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 รูปแบบของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ทำงานด้วยโปรแกรมแมทແล็บในฟังก์ชันจีyu ของการทดสอบโปรแกรมสามารถทำได้โดยนำผลการออกแบบจากโปรแกรมเปรียบเทียบกับการคำนวณทางทฤษฎี หลังจากนั้นนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ทำการประเมินคุณภาพการใช้งาน ผลการวิจัยพบว่า ผลการคำนวณของโปรแกรมมีความถูกต้องตรงตามผลการคำนวณทางทฤษฎี มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 0.01 เปอร์เซ็นต์ และผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานของผู้เชี่ยวชาญ มีค่าอยู่ในระดับมากที่สุด เป็น เพราะมีการศึกษาทฤษฎีที่ละเอียด เข้าใจผลตอบสนองทางกายภาพของสมการณิตศาสตร์ และยึดขั้นตอนการพัฒนาซอฟต์แวร์อย่างเป็นระบบ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Suhas Yadav, Prof.S.S.Patil. [20] M. Juhas, B. Juhasova, and P. Mydlo. [21] และ Frank S. Cheng and Lin Zhao. [22] อีกด้วย



## เอกสารอ้างอิง

- [1] เรียร เกียรติสุนทร (2556). ระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม : อุปกรณ์วัดและอุปกรณ์ควบคุมทางอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : ชีเอ็คьюเคชั่น.
- [2] Norman S. Nise (2004). Control System Engineering, 4<sup>th</sup> Edition, JOHN WILEY&SONS, INC.
- [3] สุมาลี อุณหภูมิชัย (2545). ระบบควบคุม. กรุงเทพฯ : ว.เพชรสกุล.
- [4] Dejan V., Tasic and Milka Potrebitc (2006). "Software Tools for Research and Education," Microwave Review, vol. 12, No.2, pp. 45-54.
- [5] Nourdine Aliane (2010). "A Matlab/Simulink-Based Interactive Module for Servo Systems Learning," IEEE Transactions on Education, vol. 53, No. 2, pp. 265-271.
- [6] Lesley A. Robertson (2006). "Simple Program Design, Step-by-Step Approach," 5<sup>th</sup> Edition, Cengage Learning.
- [7] ปริญญา สงวนสัตย์ (2553). คู่มือ MATLAB ฉบับปรังปรุง. ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [8] วิทยากร อัศดริวิเศษ และคณะ (2555). การประยุกต์ใช้ MATLAB. ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [9] รัชลิตา ลิปิกรณ์ และคณะ (2558). MATLAB การประยุกต์ใช้งานทางวิศวกรรมไฟฟ้า. หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [10] พัตรชัย เหล่าพรหมสุคนธ์ และ สาวัตถ์โชติ เลิศเดชา (2553). การพัฒนา Simulink ของโปรแกรม Matlab สำหรับการวิเคราะห์ระบบควบคุมเชิงเส้น. โครงการวิศวกรรมไฟฟ้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [11] ศรัณย์ ชุకดี และ สมศักดิ์ อรรถกิมานภูมิ (2555). การพัฒนาโปรแกรมจำลองสำหรับศึกษาและวิเคราะห์วงจรกรองความถี่ภายในท่อนำคลื่นด้วยวิธีการวนรอบของคลื่น. วารสารวิชาการประจำมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลเรือนจำปีที่ 22 ฉบับที่ 3 (ก.ย. - ธ.ค. 2555) หน้า 560-571.
- [12] จรรักษ์ สามารถ สมบูรณ์ งามเกลี้ยง และ สมศักดิ์ อรรถกิมานภูมิ (2556). การพัฒนาโปรแกรมจำลองวงจรกรองความถี่สำหรับประยุกต์ใช้ในการศึกษาด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม. วารสารวิชาการ ประจำมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีปีที่ 23 ฉบับที่ 3 (ก.ย.-ธ.ค. 2556) หน้า 580-593.

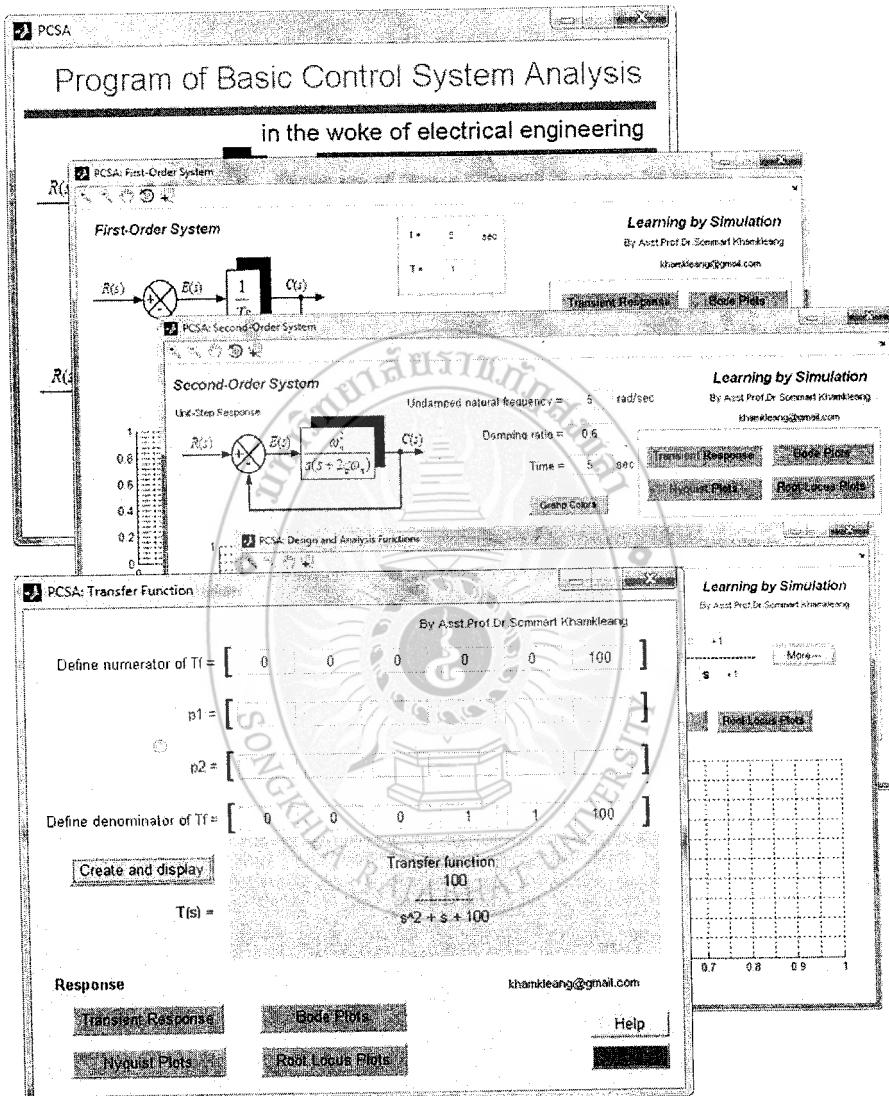
- [13] ศิริชัย วัฒนาโภษณ (2557). โปรแกรมออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนกรินทร์วิโรฒ, ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – มิถุนายน 2557, หน้า 36-47.
- [14] อลงกรณ์ พรมที พนิจ เนื่องกิริมย์ ศรัณย์ชูคดี และ สมศักดิ์อรรถพิมานกุล (2557). โปรแกรมจำลองการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในโครงตัวนำโดยวิธีของโนเมนต์. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 24 ฉบับที่ 2 (พ.ศ.-ส.ค. 2557) หน้า 257-267.
- [15] ไฟศาล คงเรือง และ สมมารถ ขำเกลี้ยง. โปรแกรมออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้าตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2558. หน้า 46-48.
- [16] สมมารถ ขำเกลี้ยง. (2558). การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการวิเคราะห์ผลตอบสนองของวงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่งและ วงจรไฟฟ้าอันดับสองเบื้องต้น โดยใช้จีบีไอของแมตแล็ป,” วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 25, ฉบับที่ 3, หน้า 337–348.
- [17] บุญชุม ศรีสะอาด. (2556). วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย เล่ม 1 (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: สุวิริยาสาส์น
- [18] สะอาดศรี คงนิล. (2551). สถิติสำหรับการวิจัย. นครราชสีมา : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.
- [19] Antonios S. Andreatos and Anastasios D. Zagorianos (2009). “Matlab GUI Application for Teaching Control Systems.” Proceedings of the 6<sup>th</sup> WSEAS International Conference on Engineering Education, pp. 208-211.
- [20] Suhas Yadav, Prof.S.S.Patil (2014). “Fuzzy PID Controllers Using Matlab GUI Based for Real Time DC Motor Speed Control”, International Journal of Engineering Sciences & Research Technology, 3(4): April.
- [21] M. Juhas, B. Juhasova, and P. Mydlo (2012). “The Mechatronics System Control Quality Analysis Using Simulink and GUI in Matlab.” Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2012 Vol II, WCECS 2012, October 24-26, 2012, San Francisco, USA.

- [22] Frank S. Cheng and Lin Zhao (2004). “Developing a MATLAB-Based Control System Design and Analysis Tool for Enhanced Learning Environment in Control System Education.” Proceedings of the 2004 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, pp. 9.396.1-9.396.14.





คู่มือการใช้งาน  
โปรแกรมวิเคราะห์ระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้าโดยใช้จีบุ๊กของแมทแล็บ



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมมารถ จำเกลี้ยง  
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม  
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

## 1. บทนำ

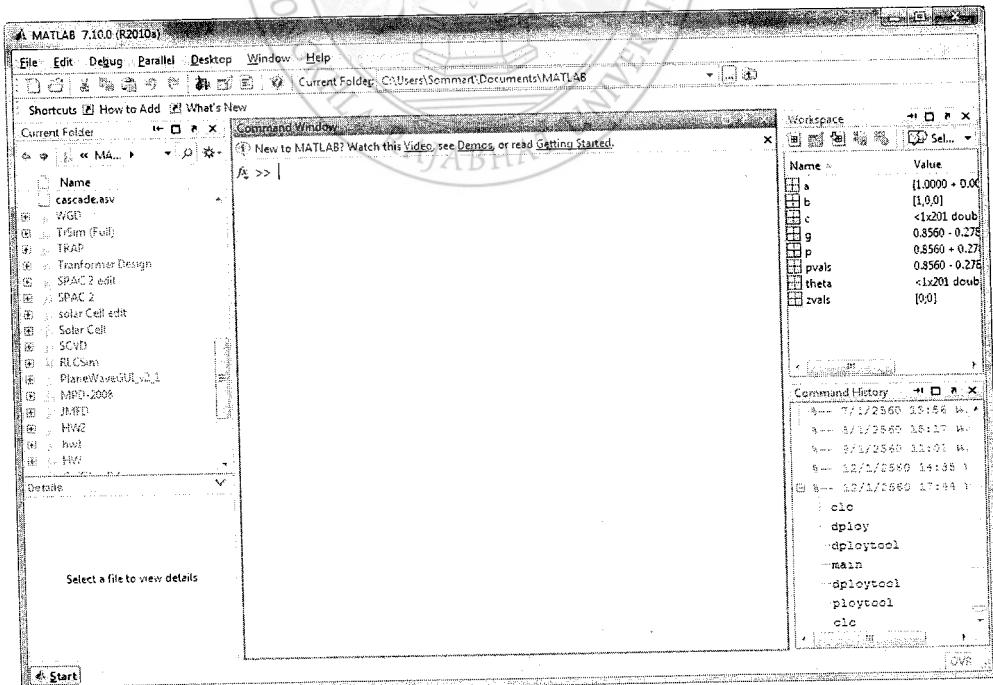
โปรแกรมวิเคราะห์ระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้าโดยใช้ข้อมูลของแมทແล็บ เป็นโปรแกรมที่สามารถวิเคราะห์ระบบควบคุมเบื้องต้น โดยสามารถจำลองกราฟการตอบสนองช่วงขณะ กราฟการวิเคราะห์หาสตีรภาพของระบบควบคุม และผลตอบสนองในโคลเมนความถี่แบบโนบเด สามารถอธิบายการใช้งานได้ดังต่อไปนี้

## 2. การติดตั้งโปรแกรม

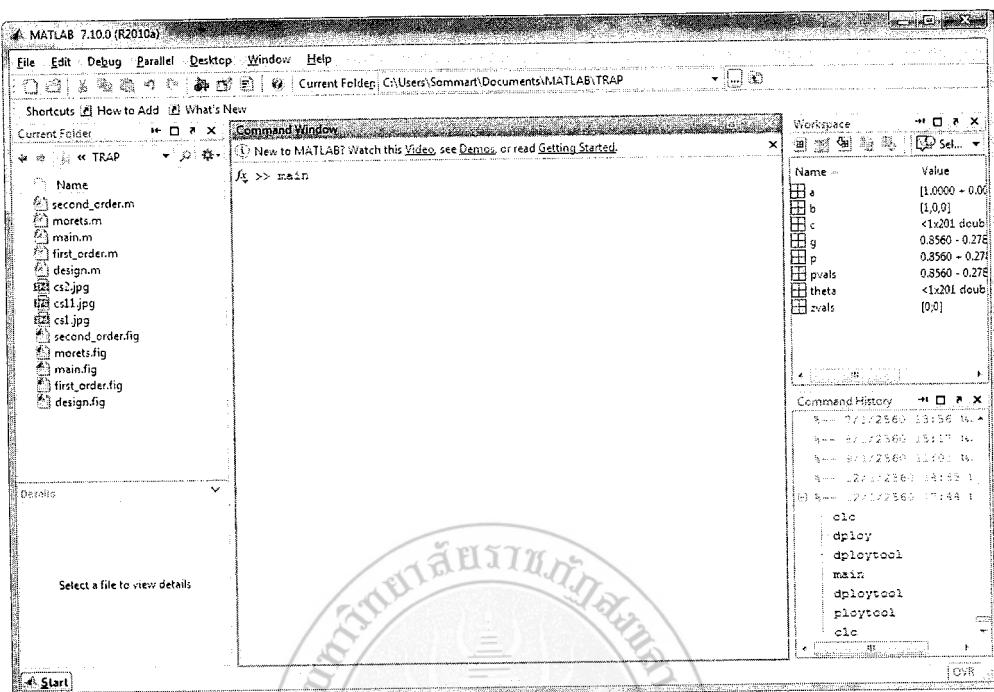
คัดลอกไฟล์เดอร์ชื่อ TRAP มาวางไว้ที่ C:\Users\User\Documents\MATLAB

## 3. ส่วนประกอบของโปรแกรม

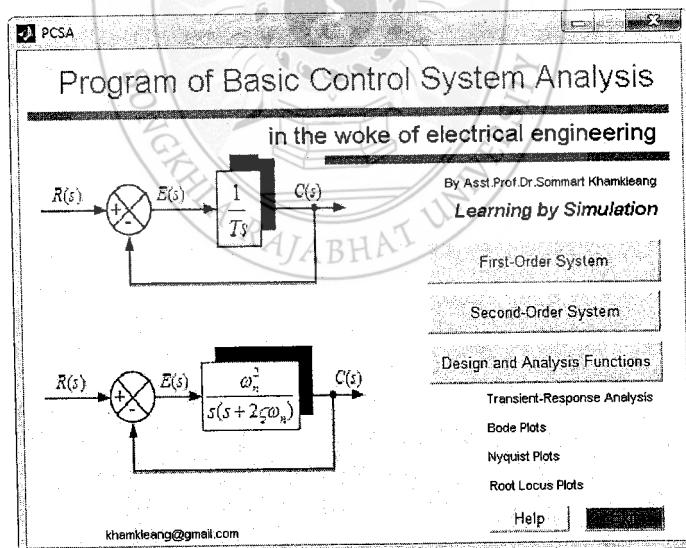
การเข้าสู่โปรแกรมสามารถทำได้โดยเปิดโปรแกรม MATLAB แสดงดังรูปที่ ก-1, ใช้เมาส์ดับเบิลคลิกที่ไฟล์เดอร์ชื่อ TRAP พิมพ์ main ที่ Command Window จากนั้นกด Enter แสดงดังรูปที่ ก-2 จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างของโปรแกรมแสดงขึ้นมาดังรูปที่ ก-3



รูปที่ ก-1 หน้าต่างโปรแกรม MATLAB



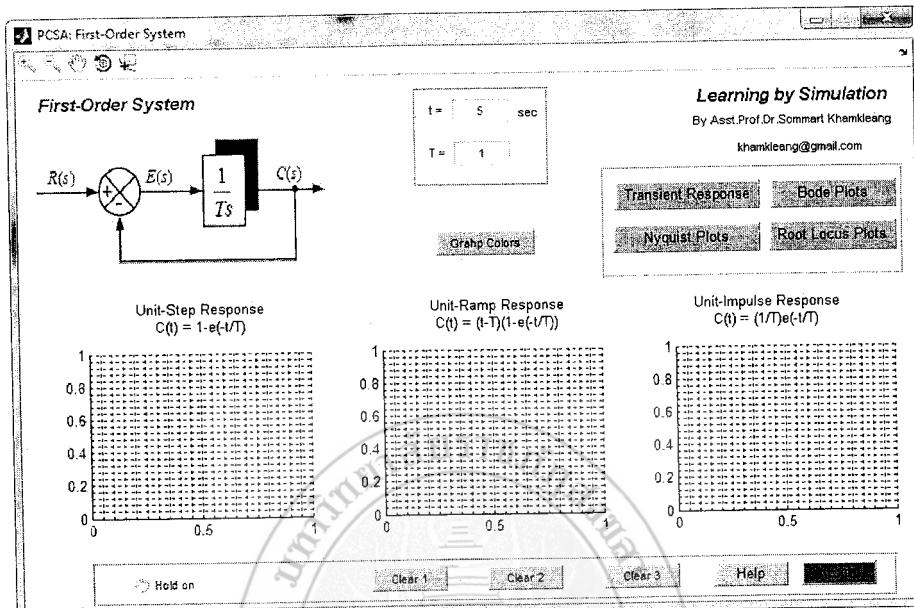
รูปที่ ก-2 ใช้เม้าส์ดับเบิลคลิกที่โฟลเดอร์ชื่อ TRAP พิมพ์ main ที่ Command Window



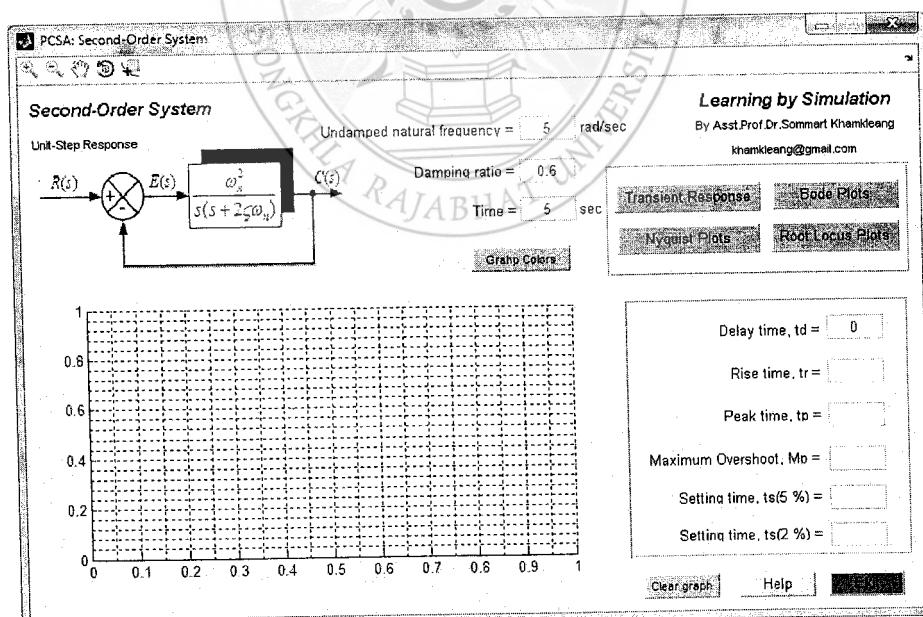
รูปที่ ก-3 หน้าต่างหลักของโปรแกรม

โปรแกรมจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ 1) โปรแกรมหน้าต่างหลักดังรูปที่ ก-3 2) โปรแกรมวิเคราะห์ระบบลำดับหนึ่ง (First-Order System) ดังรูปที่ ก-4 3) โปรแกรมวิเคราะห์ระบบ

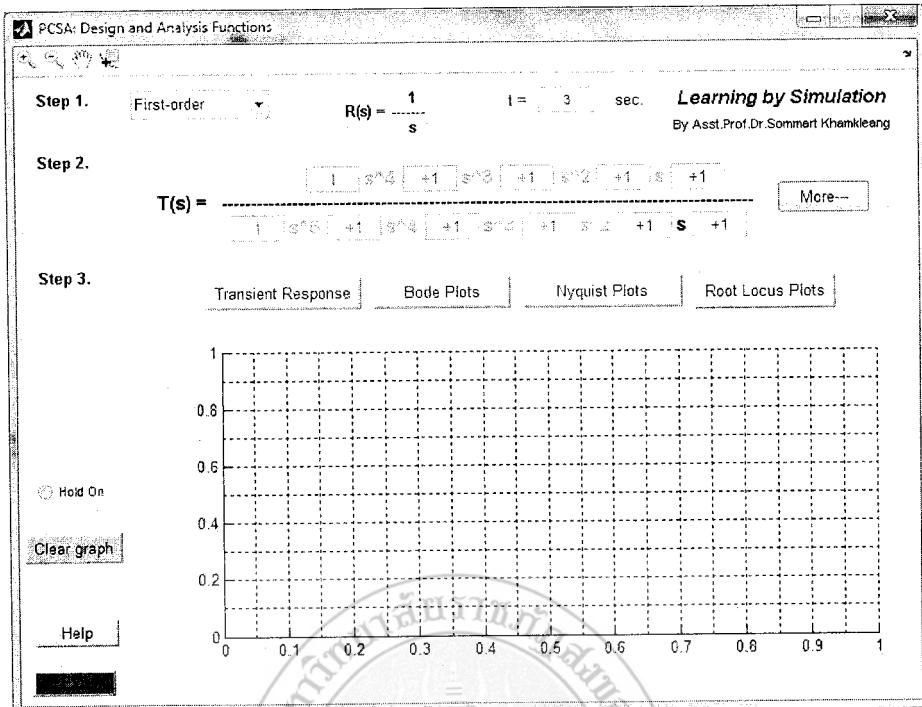
ลำดับสอง (Second-Order System) ดังรูปที่ ก-5 และ 4) โปรแกรมวิเคราะห์และออกแบบพื้นที่ชั้น (Design and Analysis Function) แสดงดังรูปที่ ก-6



รูปที่ ก-4 โปรแกรมวิเคราะห์ระบบลำดับหนึ่ง



รูปที่ ก-5 โปรแกรมวิเคราะห์ระบบลำดับสอง



รูปที่ ก-6 โปรแกรมวิเคราะห์และออกแบบแบบพังก์ชัน

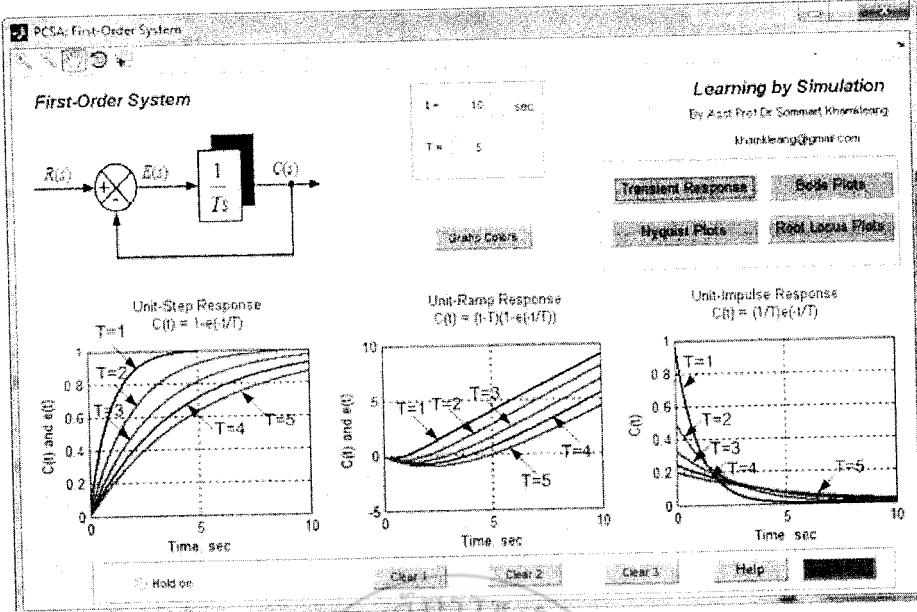
#### 4. ผลการทดสอบคุณภาพของโปรแกรม

การทดสอบคุณภาพของโปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้น จะทำการเปรียบเทียบผลการจำลอง กับการคำนวณทางทฤษฎี ดังรายละเอียดต่อไปนี้

##### 4.1 การวิเคราะห์ระบบควบคุมอันดับหนึ่ง

การวิเคราะห์ระบบควบคุมอันดับหนึ่งโดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อเปรียบเทียบกับทฤษฎี จะใช้สัญญาณมาตรฐานทดสอบระบบ โดยจะใช้สัญญาณระดับ (unit-step) สัญญาณลาก (unit-ramp) และสัญญาณอินพัลส์ (Impulse) เป็นสัญญาณอินพุต โดยทำการกำหนดค่าเวลา ( $t$ ) เท่ากับ 0 ถึง 5 วินาที และค่า ( $T$ ) เท่ากับ 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ

ผลการจำลองผลตอบสนองชั่วขณะ (Transient Respond) ของระบบควบคุมอันดับหนึ่ง แสดงดังรูปที่ ก-7



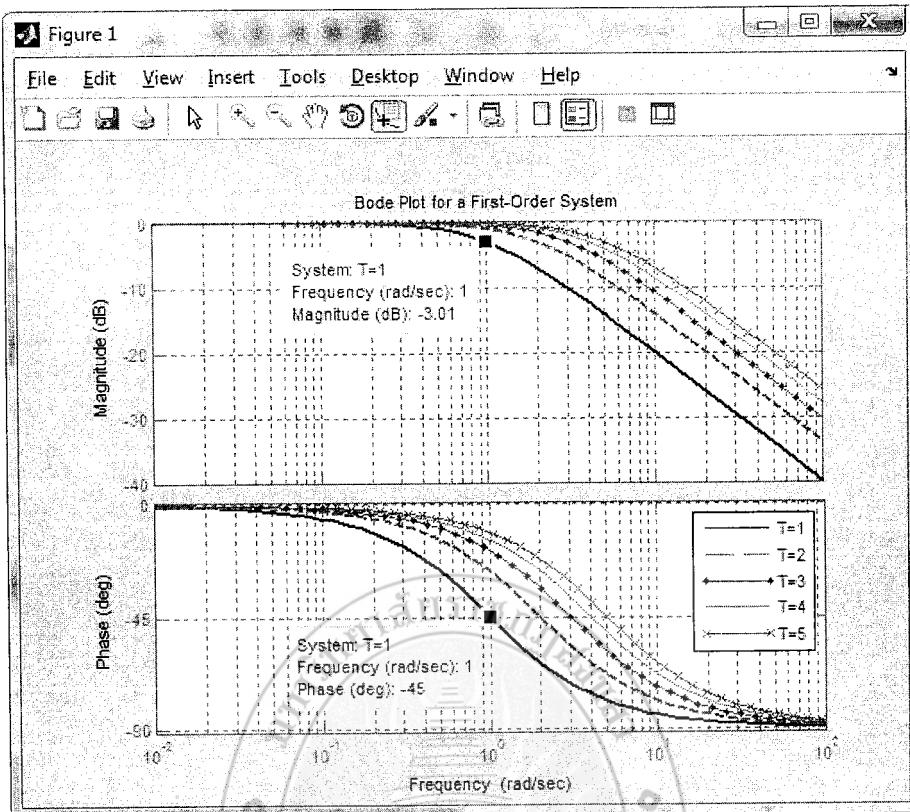
รูปที่ ก-7 ผลการจำลองผลตอบสนองชั่วขณะของระบบควบคุมอันดับหนึ่ง

จากรูปที่ ก-7 เมื่อสัญญาณระดับ (unit-step) เป็นสัญญาณอินพุต พบว่าถ้าค่าคงที่ของเวลา ( $T$ ) น้อยลงเท่าไร ระบบจะเข้าสู่ภาวะเสถียร โดยใช้เวลาน้อยลง ที่จุด  $t=T$  จะได้ค่าของ  $c(t)$  เท่ากับ 0.632 หรือ 63.2 % ของการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด

เมื่อสัญญาณลาด (unit-ramp) เป็นสัญญาณอินพุต พบว่าถ้าค่าคงที่ของเวลา ( $T$ ) น้อยลงเท่าไร ระบบจะเข้าสู่ภาวะเสถียร โดยใช้เวลาน้อยลง ที่จุด  $t=T$  จะได้ค่าของ  $c(t)$  เท่ากับ 0 ของการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด

เมื่อสัญญาณอินพลัส (Impulse) เป็นสัญญาณอินพุต พบว่าถ้าค่าคงที่ของเวลา ( $T$ ) น้อยลงเท่าไร ระบบจะเข้าสู่ภาวะเสถียร โดยใช้เวลาน้อยลง ที่จุด  $t=T$  จะได้ค่าของ  $c(t)$  เท่ากับ 0.368 หรือ 36.8 % ของการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด ซึ่งผลการวิเคราะห์มีผลถูกต้องสอดคล้องกับทฤษฎี

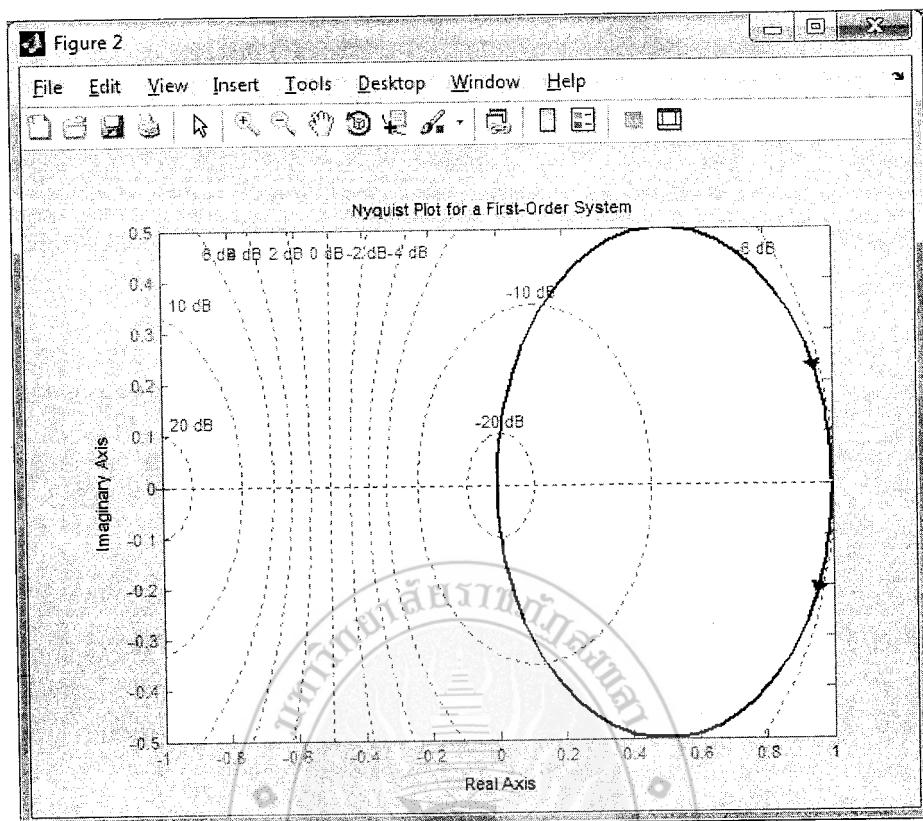
ผลการจำลองผลตอบสนองความถี่แบบโบเด (Bode Plot) ของระบบควบคุมอันดับหนึ่ง แสดงดังรูปที่ ก-8



รูปที่ ก-8 ผลตอบสนองความถี่แบบโน้ตเดของระบบควบคุมอันดับหนึ่ง

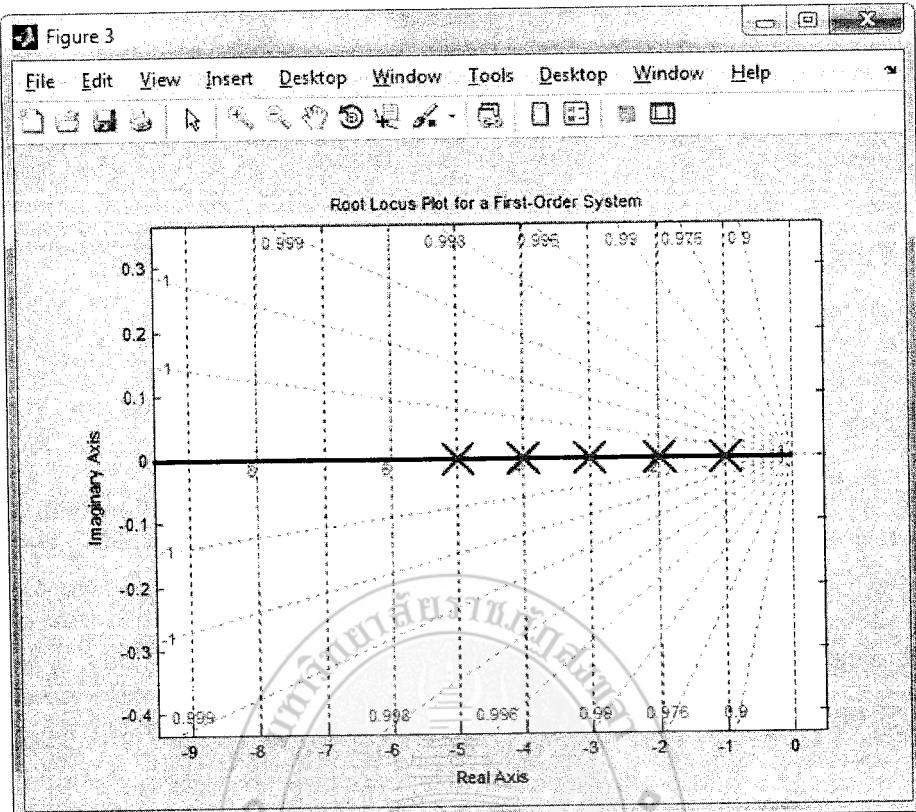
จากรูปที่ ก-8 พน.ว่า ถ้าค่าคงที่ของเวลา ( $T$ ) มีค่าเท่ากับ 1 จะทำให้ลักษณะของผลตอบสนองมีค่าความถี่ตัดที่ขนาด  $-3.0 \text{ dB}$  ที่ความถี่เท่ากับ  $1 \text{ rad/sec}$  มีมุนเฟสเท่ากับ  $-45^\circ$  และเมื่อค่าคงที่ของเวลา ( $T$ ) มีค่าเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่าความถี่ตัดที่ขนาด  $-3.0 \text{ dB}$  มีค่าเพิ่มมากขึ้นด้วยแต่มุนเฟสเท่ากับ  $-45^\circ$  เท่าเดิม ซึ่งผลการวิเคราะห์มีผลถูกต้องสอดคล้องกับทฤษฎี

ผลการจำลองผลตอบสนองแบบในคิวิสต์ (Nyquist Plot) ของระบบควบคุมอันดับหนึ่งแสดงดังรูปที่ ก-9 พน.ว่าฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบควบคุมอันดับหนึ่ง ที่มีค่าเวลา ( $t$ ) เท่ากับ 0 ถึง 5 วินาที และค่า ( $T$ ) เท่ากับ 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ ไม่มีโพลทางด้านผิวนี้ของระบบ เอส และจากการจำลองแผนภาพในคิวิสต์โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ไม่มีวงล้อรอบตามเข็มนาฬิการอบจุด  $-1$  ดังนั้นแสดงว่าระบบนี้มีคุณภาพ ซึ่งผลการวิเคราะห์มีผลถูกต้องสอดคล้องกับทฤษฎี



รูปที่ ก-9 ผลตอบสนองแบบไนคิวส์ต์ของระบบควบคุมอันดับหนึ่ง

ผลการจำลองผลตอบสนองแบบเส้นทางเดินของราก (Root Locus Plot) ของระบบควบคุม  
อันดับหนึ่ง แสดงดังรูปที่ ก-10

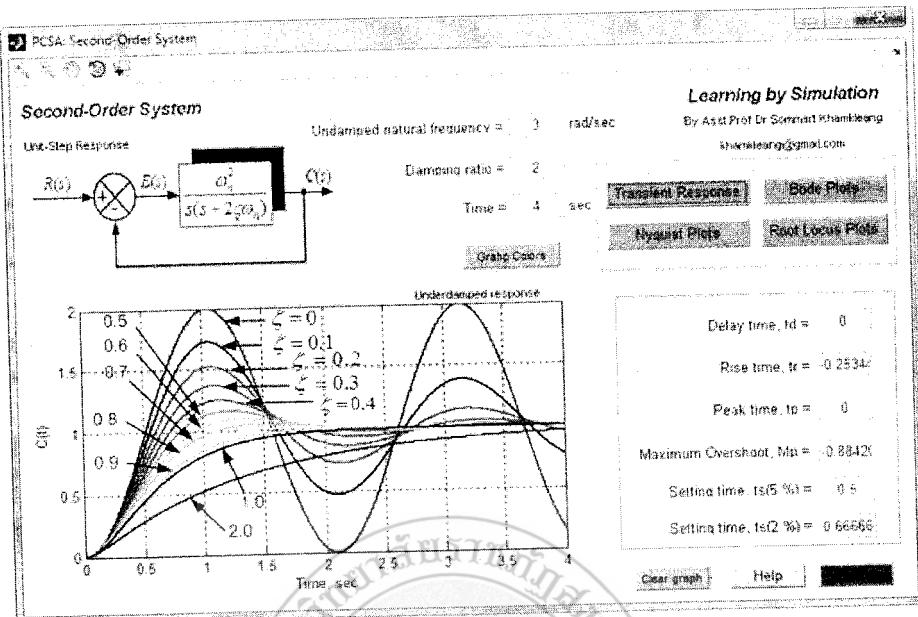


รูปที่ ก-10 ผลตอบสนองแบบเส้นทางเดินของราก (Root Locus Plot) ของระบบควบคุมอันดับหนึ่ง

จากรูปที่ ก-10 พบร้าพังก์ชันถ่ายโอนของระบบควบคุมอันดับหนึ่ง ที่มีค่าเวลา ( $t$ ) เท่ากับ 0 ถึง 5 วินาที และค่า ( $T$ ) เท่ากับ 1 rad/sec จะมีค่าโพลอยู่บนระนาบເຂົ້າທີ່ -1 เมื่อปรับค่า ( $T$ ) เท่ากับ 2 rad/sec จะมีค่าโพลอยู่บนระนาบເຂົ້າທີ່ -2 เมื่อปรับค่า ( $T$ ) เท่ากับ 3 rad/sec จะมีค่าโพลอยู่บนระนาบເຂົ້າທີ່ -3 เมื่อปรับค่า ( $T$ ) เท่ากับ 4 rad/sec จะมีค่าโพลอยู่บนระนาบເຂົ້າທີ່ -4 และเมื่อปรับค่า ( $T$ ) เท่ากับ 5 rad/sec จะมีค่าโพลอยู่บนระนาบເຂົ້າທີ່ -5 ตามลำดับ ซึ่งผลการวิเคราะห์มีผลลัพธ์ดังสอดคล้องกับทฤษฎี

#### 4.2 การวิเคราะห์ระบบควบคุมอันดับสอง

การวิเคราะห์ระบบควบคุมอันดับสองโดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาเปรียบเทียบกับทฤษฎี โดยทำการกำหนดค่าเวลา ( $t$ ) เท่ากับ 0 ถึง 5 วินาที ความเร็วเชิงมุมในการแก่วงตามธรรมชาติ  $\omega_n$  เท่ากับ 5 rad/sec มีอัตราการหน่วงของระบบ  $\zeta$  เท่ากับ 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1 และ 2 ตามลำดับ ผลการจำลองผลตอบสนองชี้ว่าระบบควบคุมอันดับสองแสดงดังรูปที่ ก-11



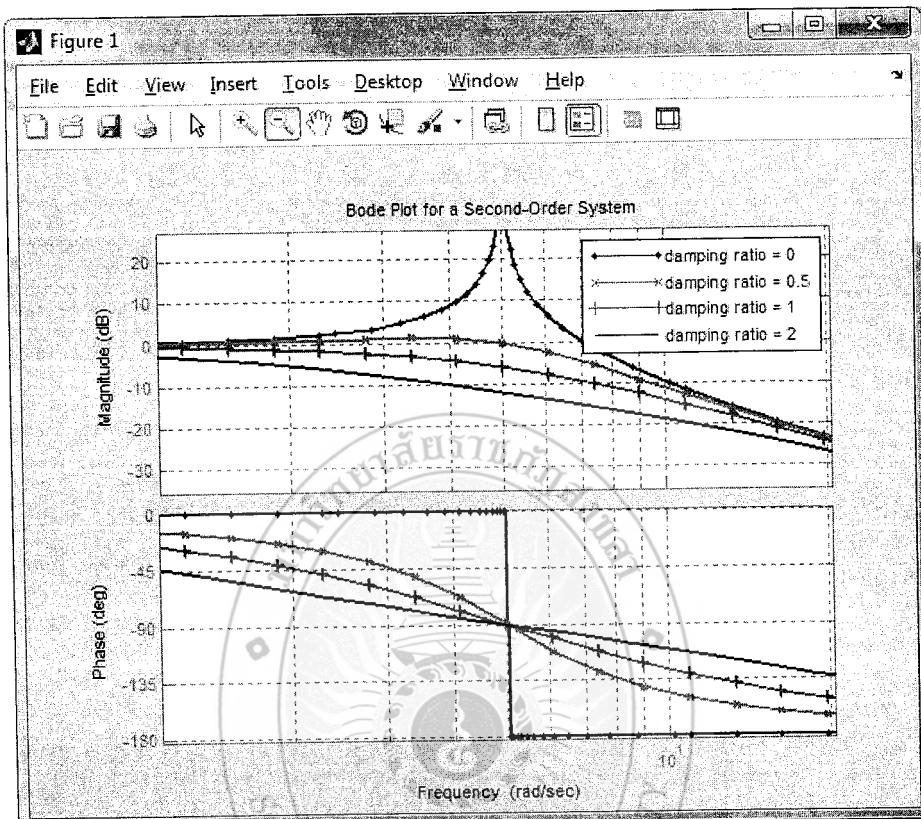
รูปที่ ก-11 ผลตอบสนองชั่วขณะของระบบควบคุมอันดับสองที่เปลี่ยนแปลงตามอัตราการหน่วงของระบบ

จากรูปที่ ก-11 พบร่วมกันว่า กรณี  $0 < \zeta < 1$  เป็นระบบที่มีความหน่วงน้อย (Under Damped) กรณี  $0 < \zeta < 1$  เป็นระบบที่มีความหน่วงน้อย (Under Damped) และกรณี  $\zeta > 1$  เป็นระบบที่มีความหน่วงเกิน (Over Damped) สามารถแสดงคุณลักษณะของผลตอบสนองชั่วขณะของระบบควบคุมอันดับสองได้ดังตารางที่ ก-1 ซึ่งผลการวิเคราะห์มีผลถูกต้องสอดคล้องกับทฤษฎี

ตารางที่ ก-1 คุณลักษณะของผลตอบสนองชั่วขณะของระบบควบคุมอันดับสองที่เปลี่ยนแปลงตามอัตราการหน่วงของระบบ  $\zeta$

คุณลักษณะ	$\zeta = 0$	$\zeta = 0.5$	$\zeta = 1$	$\zeta = 2$
เวลาหน่วง	0	0	0	0
เวลาไต่ขึ้น	0.314	0.483	$\alpha$	-0.152
เวลาสูงสุด	0.628	0.725	$\alpha$	0
ผลตอบสนองสูงสุด	100%	16.30%	0.00	-88.4%
เวลาสู่สมดุล $\pm 5\%$	$\alpha$	1.2	0.6	0.3
เวลาสู่สมดุล $\pm 2\%$	$\alpha$	1.6	0.8	0.4

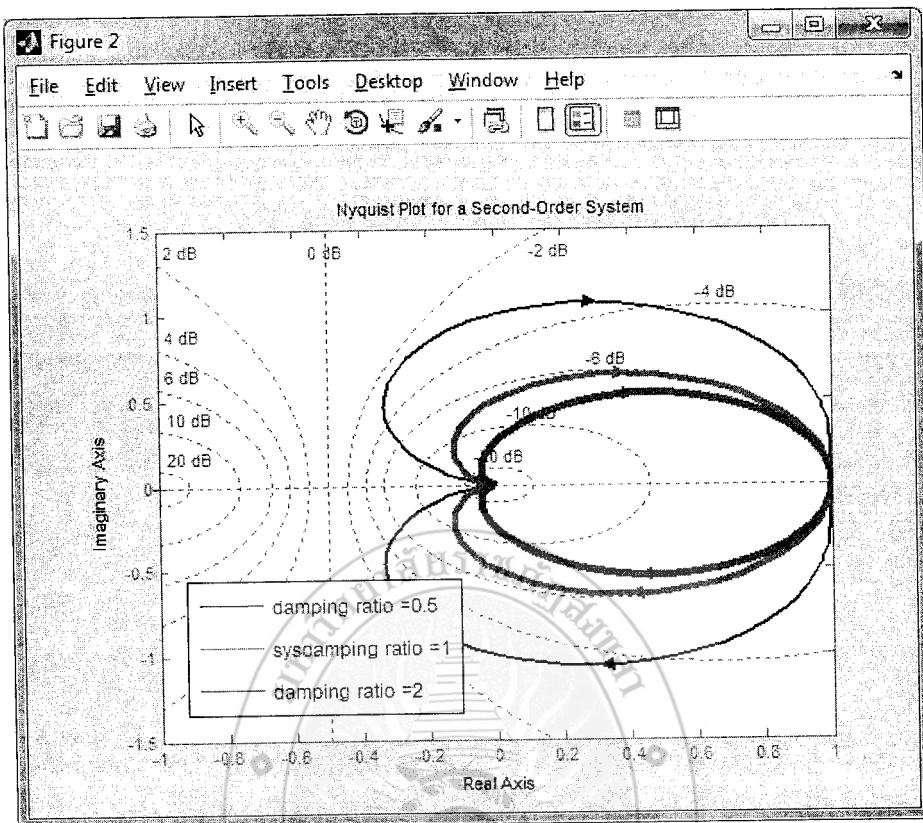
ผลการจำลองผลตอบสนองตามความถี่แบบโบนเด ของระบบควบคุมอันดับสองที่เปลี่ยนแปลงตามอัตราการหน่วงของระบบ  $\zeta$  และแสดงดังรูปที่ ก-12



รูปที่ ก-12 ผลตอบสนองตามความถี่แบบโบนเดของระบบควบคุมอันดับสองที่เปลี่ยนแปลงตามอัตราการหน่วงของระบบ

จากรูปที่ ก-12 พบร่วมกับค่าอัตราการหน่วงของระบบ  $\zeta$  เท่ากับ 0, 0.5, 1 และ 2 ตามลำดับ ที่  $\zeta = 0$  ความเร็วเชิงมุมในการแกว่งตามธรรมชาติ  $\omega_n$  เท่ากับ 5 rad/sec มีขนาด 143 dB มีมุมเฟสเท่ากับ  $-90^\circ$  ที่  $\zeta = 0.5$  ความเร็วเชิงมุมในการแกว่งตามธรรมชาติ  $\omega_n$  เท่ากับ 5 rad/sec มีขนาด  $-1.93 \times 10^{-15}$  dB มีมุมเฟสเท่ากับ  $-90^\circ$  ที่  $\zeta = 1$  ความเร็วเชิงมุมในการแกว่งตามธรรมชาติ  $\omega_n$  เท่ากับ 5 rad/sec มีขนาด -6.02 dB มีมุมเฟสเท่ากับ  $-90^\circ$  และที่  $\zeta = 2$  ความเร็วเชิงมุมในการแกว่งตามธรรมชาติ  $\omega_n$  เท่ากับ 5 rad/sec มีขนาด -12 dB มีมุมเฟสเท่ากับ  $-90^\circ$  ซึ่งผลการวิเคราะห์มีผลลูกต้องสอดคล้องกับทฤษฎี

ผลการจำลองผลตอบสนองแบบในคิวิสต์ ของระบบควบคุมอันดับสองที่เปลี่ยนแปลงตามอัตราการหน่วงของระบบ  $\zeta$  และแสดงดังรูปที่ ก-13

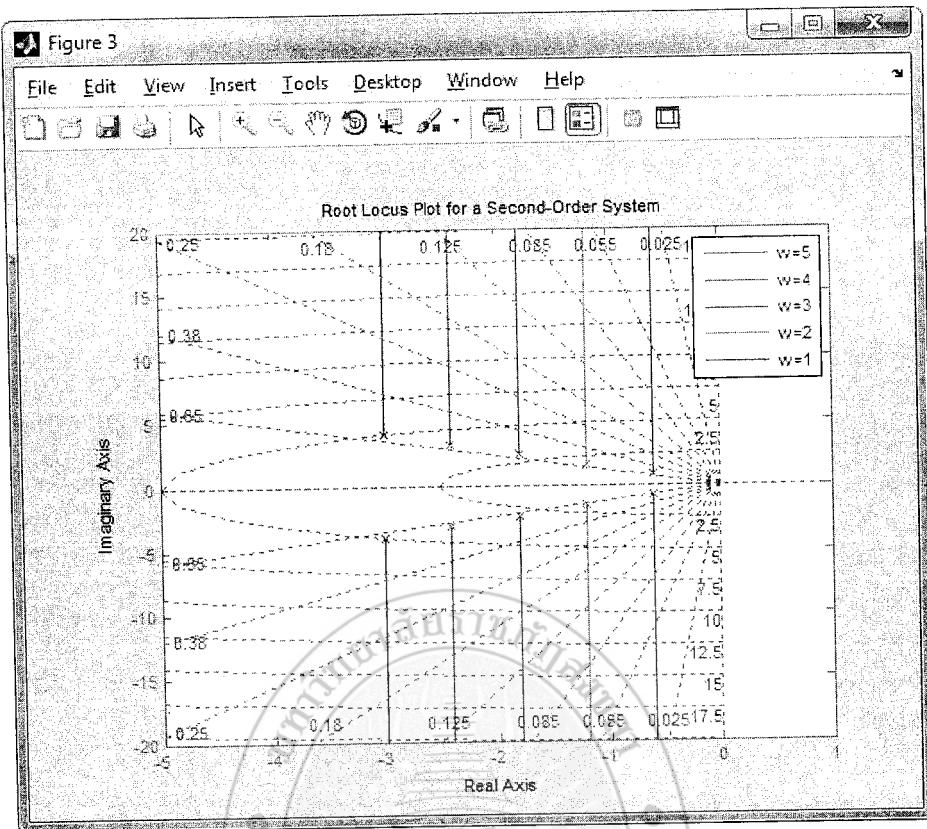


รูปที่ ก-13 ผลตอบสนองแบบในคิวิสต์ของระบบควบคุมอันดับสองที่เปลี่ยนแปลงตามอัตราการหันของระบบ

จากรูปที่ ก-13 พบร่วมกับค่าอัตราการหันของระบบ  $\zeta$  เท่ากับ 0.5, 1 และ 2 ตามลำดับ ไม่มีโพลทางด้านผ่านขวาเมื่อของระบบเสถียร และจากการจำลองแผนภาพในคิวิสต์โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ไม่มีวงล้อมรอบตามเข็มนาฬิการอบจุด -1 ดังนั้นแสดงว่าระบบนี้มีคุณภาพซึ่งผลการวิเคราะห์มีผลถูกต้องสอดคล้องกับทฤษฎี

ผลการจำลองผลตอบสนองแบบเส้นทางเดินของราก ของระบบควบคุมอันดับสองแสดงดังรูปที่ ก-14

จากรูปที่ ก-14 พบร่วมกับค่าอัตราการหันของระบบควบคุมอันดับสอง เมื่อกำหนดค่าความเร็วเชิงมุมในการแกร์ดตามธรรมชาติ  $\omega_n$  เท่ากับ 1 rad/sec จะมีค่าโพลอยู่บนระบบเสถียรที่  $-0.6 \pm j0.8$  เมื่อปรับค่า  $\omega_n$  เท่ากับ 2 rad/sec จะมีค่าโพลอยู่บนระบบเสถียรที่  $-1.2 \pm j1.6$  เมื่อปรับค่า  $\omega_n$  เท่ากับ 3 rad/sec จะมีค่าโพลอยู่บนระบบเสถียรที่  $-1.8 \pm j2.4$  ตามลำดับ ซึ่งผลการวิเคราะห์มีผลถูกต้องสอดคล้องกับทฤษฎี



รูปที่ ก-14 ผลตอบสนองแบบเส้นทางเดินของรากของระบบควบคุมอันดับสอง

#### 4.3 การออกแบบและวิเคราะห์ฟังก์ชัน

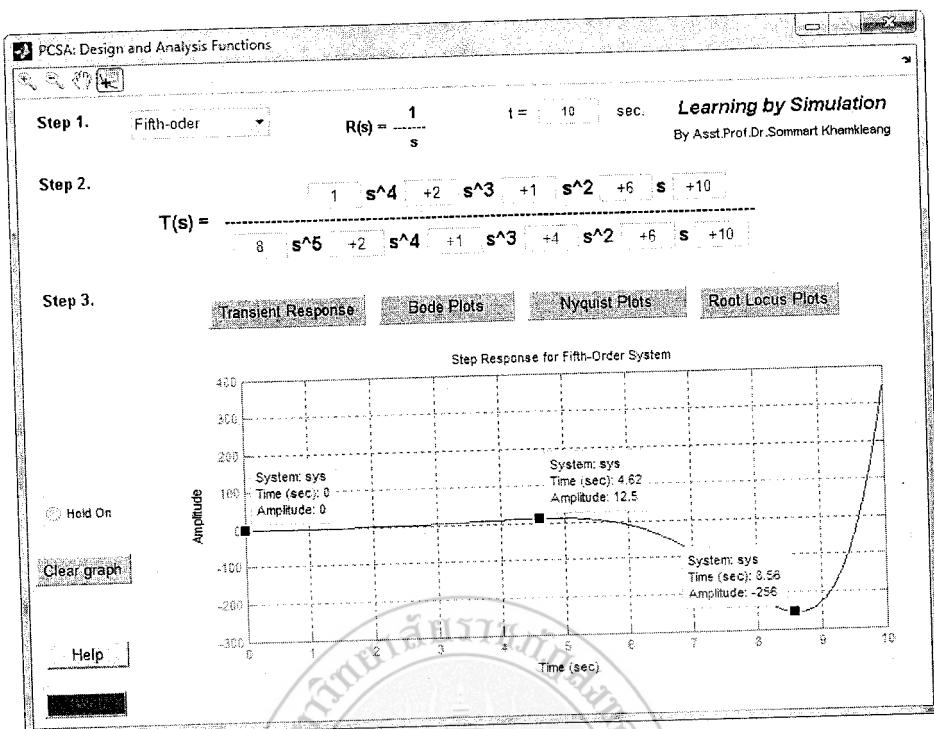
การวิเคราะห์หาสตีเบรพาพของระบบควบคุมอันดับ 5 โดยมีค่าสัญญาณเอาต์พุตของระบบคือ

$$T(s) = C(s) = \frac{s^4 + 2s^3 + s^2 + 6s + 10}{8s^5 + 2s^4 + s^3 + 4s^2 + 6s + 10}$$

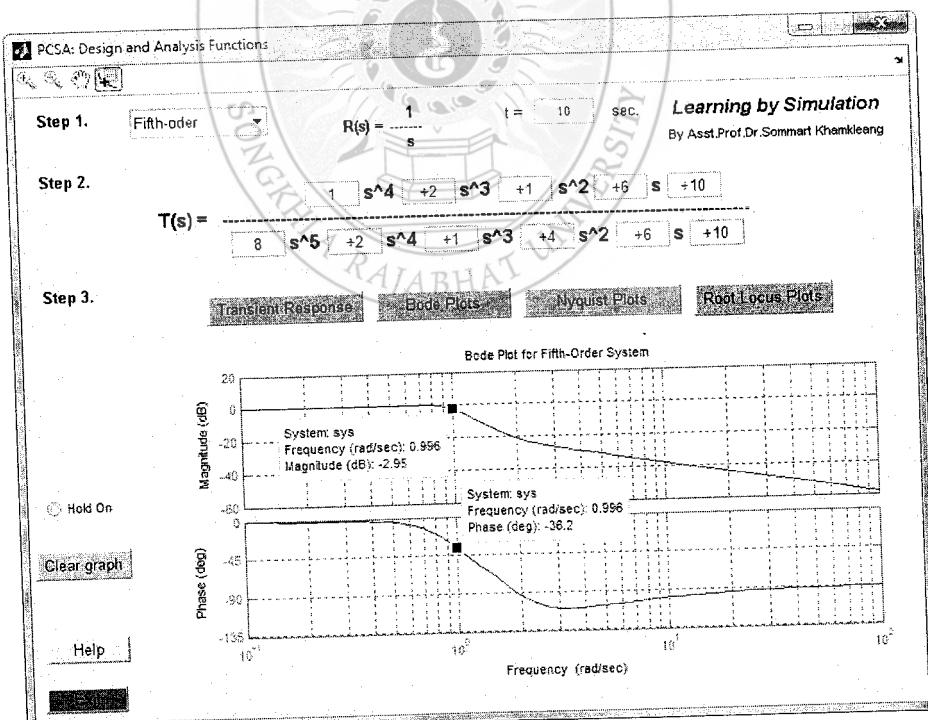
เมื่อสัญญาณอินพุตเป็นฟังก์ชันอันดับหนึ่ง มีค่า  $R(s) = \frac{1}{s}$  แสดงผลการวิเคราะห์ดังรูปที่

ก-15 ถึงรูปที่ ก-16

จากรูปที่ ก-15 พบร่วมกับผลตอบสนองชั่วขณะที่เวลา 0 วินาที ผลตอบสนองของสัญญาณจะมีค่าเท่ากับ 0 และเมื่อเวลาเพิ่มมากขึ้น ผลตอบสนองของสัญญาณจะมีค่าขึ้นตามไปด้วยจนถึงเวลาที่ 4.62 วินาที ผลตอบสนองของสัญญาณจะมีค่าเท่ากับ 12.5 และหลังจากนั้นผลตอบสนองของสัญญาณจะมีค่าลดลงไปเรื่อยๆ จนถึงเวลาที่ 8.56 วินาที ผลตอบสนองของสัญญาณจะมีค่าเท่ากับ -256 และเมื่อเวลาผ่านไปหลังจาก 8.56 วินาที ลักษณะผลตอบสนองจะมีค่าที่สูงขึ้น ซึ่งผลการวิเคราะห์มีผลถูกต้องสอดคล้องกับทฤษฎี



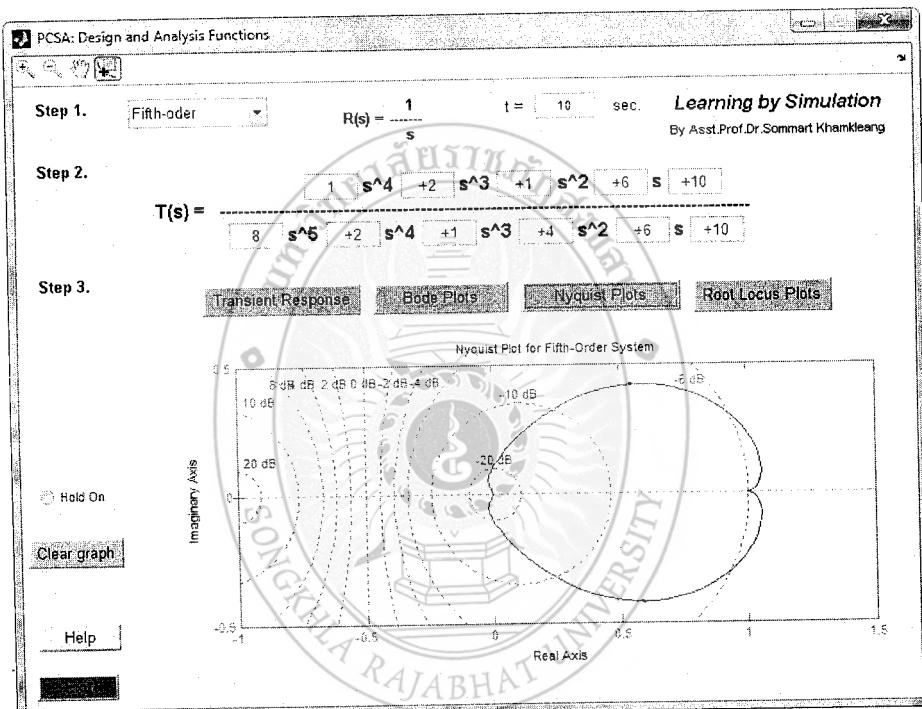
รูปที่ ก-15 ผลตอบสองช่วงขณะที่เวลา ( $t$ ) 0 ถึง 10 วินาที ของระบบความคุณอันดับ 5



รูปที่ ก-16 ผลตอบสนองในโคล เมนความถี่แบบ โนเดของระบบความคุณอันดับ 5

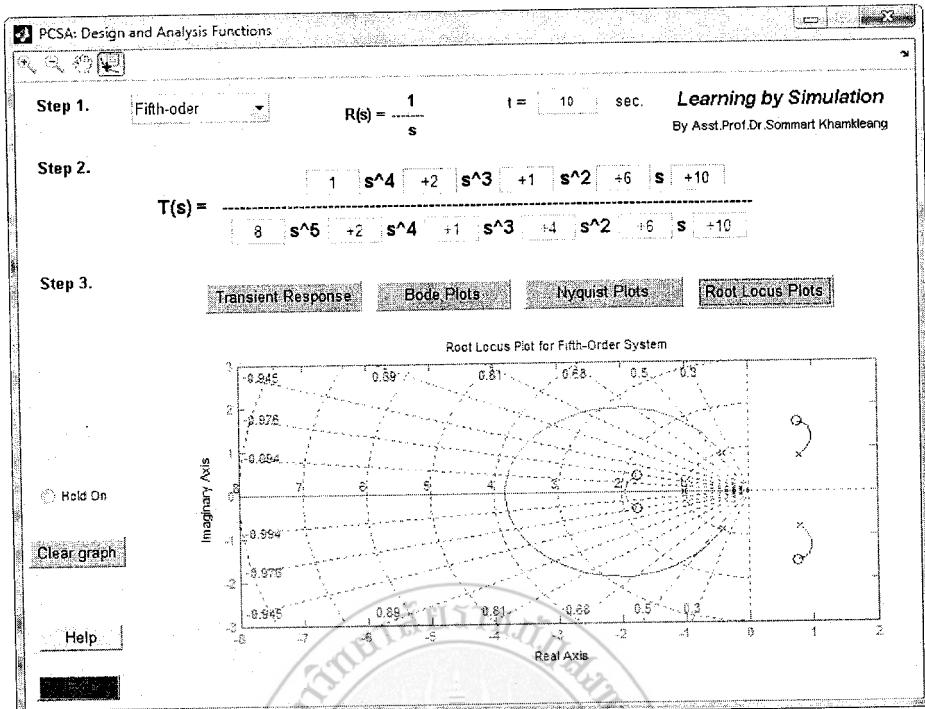
จากรูปที่ ก-16 พนว่าผลตอบสนองในโคลเมนความถี่แบบโนเดของระบบควบคุมอันดับ 5 ที่ขนาด  $-3 \text{ dB}$  มีค่า  $\omega_n$  เท่ากับ  $1 \text{ rad/sec}$  นุ่มเฟสเท่ากับ  $37^\circ$  ซึ่งผลการวิเคราะห์มีผลลูกต้องสอดคล้องกับทฤษฎี

จากรูปที่ ก-17 พนว่าผลการหาเสถียรภาพด้วยวิธีการในควิสต์ของระบบควบคุมอันดับ 5 ไม่มีโพลทางด้านฝั่งขวาเมื่อของระบบเอส และจากการจำลองแพนก้าฟในควิสต์โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นไม่มีวงล้อมรอบตามเข็มนาฬิการอบบุจุด -1 ดังนั้นแสดงว่าระบบนี้มีคุณภาพ ซึ่งผลการวิเคราะห์มีผลลูกต้องสอดคล้องกับทฤษฎี



รูปที่ ก-17 ผลการหาเสถียรภาพด้วยวิธีการในควิสต์ของระบบควบคุมอันดับ 5

จากรูปที่ ก-18 พนว่าผลการหาเสถียรภาพด้วยวิธีการเส้นทางเดินของรากของระบบควบคุมอันดับ 5 จะมีโพลและซีโรอยู่บนระบบเอสจำนวน 5 คู่ เช่นที่ค่าโพล เท่ากับ  $-1.03$  มีค่าอัตราการหน่วงของระบบ  $\zeta$  เท่ากับ  $1$  มีค่าอัตราการขยาย เท่ากับ  $0$  ที่ความถี่  $1.03 \text{ rad/sec}$  และซีโร่ เท่ากับ  $-1.76 + j0.372$  มีค่าอัตราการหน่วงของระบบ  $\zeta$  เท่ากับ  $0.978$  มีค่าอัตราการขยาย เท่ากับ  $\alpha$  ที่ความถี่  $1.8 \text{ rad/sec}$  ซึ่งผลการวิเคราะห์มีผลลูกต้องสอดคล้องกับทฤษฎี



รูปที่ ก-18 ผลการหาเสถียรภาพด้วยวิธีการเส้นทางเดินของรากของระบบควบคุมอันดับ 5

## 5 สรุป

โปรแกรมสำหรับวิเคราะห์ระบบควบคุมเบื้องต้นในงานวิศวกรรมไฟฟ้าโดยใช้ฟังก์ชันจួយ ไอของแมทแล็บที่พัฒนาขึ้น สามารถวิเคราะห์ระบบควบคุมอันดับหนึ่ง ระบบควบคุมอันดับสอง ออกแบบและวิเคราะห์ฟังก์ชัน โดยโปรแกรมสามารถจำลองกราฟการตอบสนองช่วงขณะ กราฟการวิเคราะห์หาเสถียรภาพของระบบควบคุม และผลตอบสนองในโหมดความถี่แบบโนบเดคได้ถูกต้อง ผู้ใช้งานสามารถปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรต่างๆ ได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว เหมาะกับการนำไปใช้ วิเคราะห์ระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้า และยังสามารถนำไปใช้ในการสอนวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจถูกต้องของการตอบสนองของระบบควบคุมในงาน วิศวกรรมไฟฟ้า และสามารถเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีกับการปฏิบัติได้เป็นอย่างดี



แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ชีวิตรายบุคคล

**แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญ**

**ด้านโปรแกรมและโครงสร้าง**

ข้อที่	ข้อคำามความคิดเห็น	5	4	3	2	1
1	การจัดวางตำแหน่งส่วนต่างๆบนจอภาพ					
2	รูปแบบของรูปภาพเหมาะสม					
3	สีและขนาดตัวอักษรบนจอภาพเหมาะสม					
4	มีขนาดเหมาะสมของเห็นได้ชัดเจน					
5	มีรายละเอียดและการแสดงผลเพียงพอ					

**ด้านเนื้อหาและคุณมือการใช้งาน**

ข้อที่	ข้อคำามความคิดเห็น					
1	การเรียงลำดับและขั้นตอนการใช้งาน					
2	ความเหมาะสมในการใช้ภาษา					
3	รูปภาพประกอบสัมพันธ์กับเนื้อหา					
4	เนื้อหามีความถูกต้อง					
5	ความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน					

**ด้านการใช้งาน**

ข้อที่	ข้อคำามความคิดเห็น					
1	การกำหนดค่าเริ่มนั้นในการใช้งานทำได้ง่าย					
2	ความสะดวกในการใช้งานแต่ละเมนูโปรแกรม					
3	ผลลัพธ์ของวงจรมองเรอร์มีความถูกต้อง					
4	ความรวดเร็วในการคำนวณผล					
5	ส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายและรวดเร็ว					

**ด้านการนำไปใช้ประกอบการสอน**

ข้อที่	ข้อกำหนดความคิดเห็น	5	4	3	2	1
1	สามารถใช้วิเคราะห์วิเคราะห์กระบวนการคุณทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า					
2	ช่วยส่งเสริม และกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนการสอน					
3	ช่วยเชื่อมโยงระหว่างการสอนทฤษฎีและปฏิบัติได้เป็นอย่างดี					
4	สามารถนำไปทดสอบทฤษฎีและเรียนรู้ด้วยตนเองของขั้นเรียนได้					
5	ช่วยประยุกต์ใช้จ่ายในการจัดทำโปรแกรมสื่อการสอน					



## ภาคผนวก ค

### บทความงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

สมมารถ จำเกลี้ยง. โปรแกรมวิเคราะห์ระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้าโดยใช้ชี้ปุ่ม ของ  
แมทแล็ป. การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9, 9<sup>th</sup> ECTI-CARD  
2017 “การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อตอบสนองท้องถิ่นและภาคอุตสาหกรรม”, 25-28  
กรกฎาคม 2560, โรงแรมเชียงคาน รีสอร์ฟ เมทาเทน จ.เลย, เล่ม 2, หน้า 657-660.

สามารถดาวน์โหลดบทความงานวิจัยได้ที่

<http://www.ecti-card.org/card-2017/Proceeding.php>



## บทความเร็ว

การประยุกต์วิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ ๙

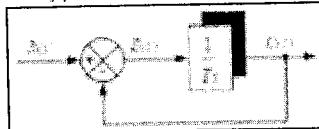
๙<sup>th</sup> ECOT-CEAD วาระ, Chiang Mai Thailand

### ๒. กฎภูมิที่เกี่ยวข้อง

#### ๒.๑ ระบบควบคุมอันดับหนึ่ง

พิจารณาจากรูปที่ ๑ ค่าความลังกันรีหัวงสัญญาณอินพุตคับสัญญาณเอาท์พุตของระบบเป็นดังนี้

$$C(s) = \frac{1}{R(s) + Ts + 1}$$



รูปที่ ๑ บล็อกไซร์แแกร์ของระบบควบคุมอันดับหนึ่ง

การวิเคราะห์ผลตอบสนองของระบบ จะใช้สัญญาณขาเข้าของระบบ โดยจะใช้สัญญาณระดับ (level-signals) สัญญาณ立ちฟ้า (unit-ramp) และสัญญาณอินพุตส์ (input-signal) เป็นสัญญาณอินพุตและ สำหรับค่าที่ค้นได้จะใช้ในต้นแบบนี้ เพื่อทำการเปรียบเทียบสัญญาณ อันดับหนึ่งจะได้  $R(s) = \frac{1}{s}$  จากสมการที่ (๑) จึงแสดงผลตอบสนองของ สัญญาณเอาท์พุตได้ดังนี้

$$C(s) = \frac{1}{s} \cdot \frac{1}{Ts + 1}$$

แปลงส่วนปลาสงค์ทั่วไปสมการที่ (๒) จะได้

$$c(t) = 1 - e^{-\frac{t}{T}} \quad (t \geq 0)$$

เมื่อ  $t = T$  สามารถอ่านสมการที่ (๓) ให้เป็นดังนี้

$$c(t) = 1 - e^{-1} = 0.632$$

และจากสมการที่ (๓) สามารถอ่านสมการสัญญาณความคลาดเคลื่อนได้ดังนี้

$$e(t) = e^{-\frac{t}{T}}$$

เมื่อทำการเปล่งกล้าปล้ำสัญญาณผลจะได้  $R(s) = \frac{1}{s^2}$  จาก สมการที่ (๑) จึงแสดงผลตอบสนองของสัญญาณเอาท์พุตได้ดังนี้

$$C(s) = \frac{1}{s^2} - \frac{T}{s} \cdot \frac{T^2}{Ts + 1} \quad (๔)$$

แปลงส่วนปลาสงค์ทั่วไปสมการที่ (๔) จะได้

$$C(s) = 1 - T(1 - e^{-\frac{T}{s}}) \quad (t \geq 0) \quad (๕)$$

และจากสมการที่ (๕) สามารถอ่านสมการสัญญาณความคลาดเคลื่อนได้ดังนี้

$$e(t) = T(1 - e^{-\frac{T}{s}}) \quad (๖)$$

สำหรับสัญญาณอินพุตอิมпуลล์จะได้  $R(s) = 1$  จากสมการที่ (๑) จึงแสดงผลตอบสนองของสัญญาณเอาท์พุตได้ดังนี้

$$C(s) = \frac{1}{Ts + 1} \quad (๗)$$

แปลงส่วนปลาสงค์ทั่วไปสมการที่ (๗) จะได้

$$c(t) = \frac{1}{T} - e^{-\frac{t}{T}} \quad (t \geq 0) \quad (๘)$$

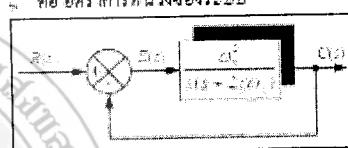
#### ๒.๒ ระบบควบคุมอันดับสอง

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ ๒ ที่มีชื่อเรียกวิธีแปลงแบบบีบัดของระบบ ควบคุมอันดับสองสามารถอ่านได้ดังนี้

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad (๙)$$

โดยที่  $\omega_n$  คือความเร็วถ่วงใน การยกเว้าทางธรรมชาติ

$\zeta$  คืออัตราการหน่วงของระบบ



รูปที่ ๒ บล็อกไซร์แแกร์ของระบบควบคุมอันดับสอง

การวิเคราะห์ที่คุณสมบัติของระบบอันดับสอง จะพิจารณาใน กองของด้านประสิทธิภาพ  $\zeta$  และ  $\omega_n$  เมื่อสัญญาณอินพุตเป็นไปอย่าง อันดับหนึ่ง มีค่า  $R(s) = \frac{1}{s}$  สามารถอ่านได้ดังนี้

๑. กรณี  $0 < \zeta < 1$  เป็นระบบที่มีความหน่วงตื้น (Under Damped) จะได้ค่าสัญญาณเอาท์พุตดังนี้

$$C(s) = \frac{\omega_n^2}{(s + \zeta\omega_n + j\omega_n)(s + \zeta\omega_n - j\omega_n)} \cdot \frac{1}{s} \quad (๑๐)$$

โดยที่  $\omega_n$  คือ ความเร็วถ่วงใน การแก้ไขและระบบมีความคล่องตัวดี มีค่าเท่ากับ  $\sqrt{\omega_n^2 - \zeta^2}$

๒. กรณี  $\zeta = 1$  เป็นระบบที่มีความหน่วงติดตัน (Critical Damped) จะได้ค่าส่วนปลาสงค์ทั่วไปของระบบดังนี้

$$C(s) = \frac{\omega_n^2}{(s + \omega_n)^2} \cdot \frac{1}{s} \quad (๑๑)$$

๓. กรณี  $\zeta > 1$  เป็นระบบที่มีความหน่วงมาก (Over Damped) จะได้ สมการแสดงถึงค่าของส่วนปลาสงค์ของระบบดังนี้

$$C(s) = \frac{\omega_n^2}{(s + \zeta\omega_n + \omega_n\sqrt{\zeta^2 - 1})(s + \zeta\omega_n - \omega_n\sqrt{\zeta^2 - 1})} \quad (๑๒)$$

#### ๒.๓ การวิเคราะห์แบบสี่รากของระบบควบคุม

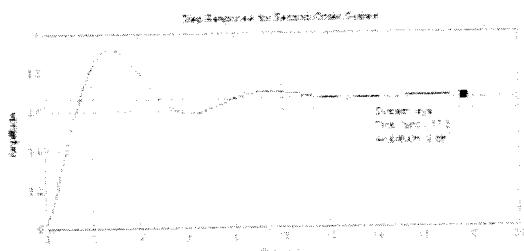
บริการหลักของแบบสี่รากนี้ เป็นบริการที่จะให้ได้อัมูล ศักดิ์สิทธิ์ความแหลมแหลมหัวใจของมนุษย์และใช้เรื่องของการค้นถ่ายโอน แบบบีบัดกลับ โดยการลักษณะเด่นที่กระทำการไว้ในบริการนี้คือ การค้นถ่ายโอนแบบบีบัดกลับ เป็นรากของลักษณะการคุณลักษณะ ซึ่งที่เขียนไว้ในเอกสารนี้เป็นรากของลักษณะการคุณลักษณะ



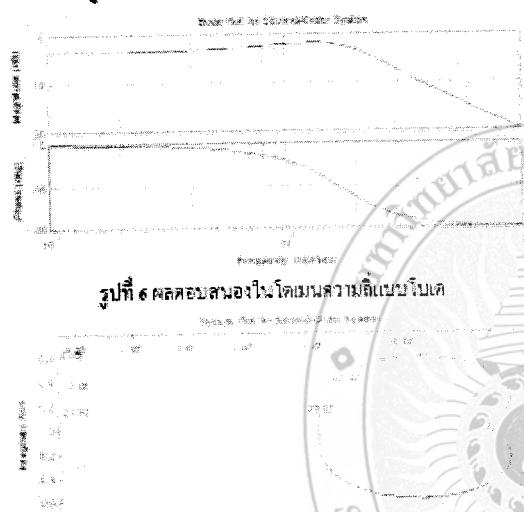
## บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและที่สัมนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ ๙

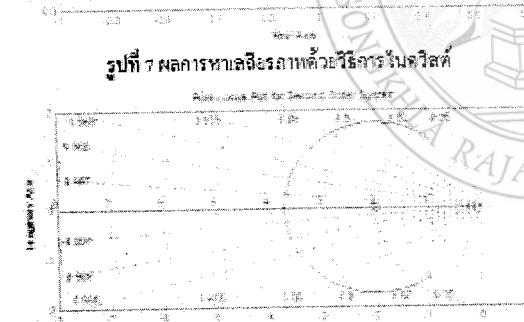
๙<sup>th</sup> ECIT-CARD 2017, Chiang Mai Thailand



รูปที่ ๕ ผลตอบสนองชั้นผิวเวลา ๐ ถึง ๑๐ วินาที



รูปที่ ๖ ผลตอบสนองในโหมดนิ่งความถี่เบนโน่เดียว



รูปที่ ๗ ผลการหาเส้นทางด้วยการเรียนรู้ใน MATLAB

## 5. สรุป

โปรแกรมสำหรับวิเคราะห์ระบบควบคุมไฟฟ้า วิเคราะห์ระบบควบคุมไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้น สามารถวิเคราะห์ระบบควบคุมได้แม่นยำ แม่นยำ ระบบควบคุมอันดับสองเมืองด้วย ที่มีจุดเด่นคือการถอดความและวิเคราะห์ ที่มีประสิทธิภาพ โดยโปรแกรมสามารถจัดทำองค์กรากที่ประกอบด้วยระบบควบคุมชั้นต่างๆ ของ สถาบันฯ ให้เป็นแบบที่ต้องการ สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามที่ต้องการ

ค่าที่ ๔ ได้จัดทำ ผลลัพธ์ และรายงาน เนื่องจากกรณีนำไปใช้เครื่องห้องระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้า และวิจัยสามารถนำไปใช้ในการสอนวิชา วิศวกรรมระบบควบคุม เพื่อให้ผู้ศึกษาเข้าใจลักษณะของเครื่อง ห้องสบายนอกจากระบบควบคุมในงานวิศวกรรมไฟฟ้า และสามารถ เข้าใจอย่างรวดเร็วทางอุปกรณ์ในการปฏิบัติหน้าที่เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับ งานวิจัยของ Antonio S. Andreatos and Anastasios D. Zagorizios. [8]

## 6. ติดติดกรรมประภาก

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏ สังขละพานาจาย ๐๙๒๕๕๙ ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี่

### เอกสารอ้างอิง

- [1] อุติษฐ์ เกียรติสุนาท, ระบบชี้โน้มติดห้องทดลอง : อุปกรณ์ตัว ทดสอบบุคลิกภาพควบคุมห้องทดลอง, ครุภัณฑ์ฯ : ชีวีศึกษาชั้น, ๒๕๕๖.
- [2] Norman S. Nise, *Control System Engineering*, 4<sup>th</sup> Edition, JOHN WILEY&SONS, INC, 2004
- [3] อุติษฐ์ อุตสาหะรัตน์, ระบบควบคุม ครุภัณฑ์ฯ : วิทยาศาสตร์, ๒๕๔๓.
- [4] Dejan V., Totic and Milica Peretic. "Software Tools for Research and Education," *Microwave Review*, vol. 12, No.2, pp. 45-54, November 2006.
- [5] Nouridine Adiane, "A Matlab Simulink-Based Interactive Module for Servo Systems Learning," *IEEE Transactions on Education*, vol. 53, No. 2, pp. 265-271, MAY 2010.
- [6] Sudar Yaday, Prof.S.S.Patil. "Fuzzy PID Controller: Using Matlab GUI Based for Real Time DC Motor Speed Control", *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*, 3(4): April, 2014.
- [7] M. Juhaz, B. Juhazova, and P. Mydlo. "The Mechatronics System Control Quality Analysis: Using Simulink and GUI in Matlab." *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2012 Vol II*, WCECS 2012, October 24-26, 2012, San Francisco, USA.
- [8] Antonio S. Andreatos and Anastasios D. Zagorizios. "Matlab GUI Application for Teaching Control Systems." *Proceedings of the 6<sup>th</sup> WSEAS International Conference on Engineering Education*, pp. 203-211, 2009.
- [9] Rao V. Doddipati. "Analysis and Design Control Systems using MATLAB," New Age International (P) Ltd., Publishers, 2006.