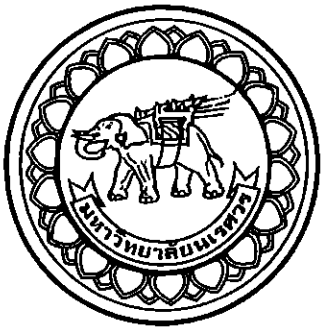


แบบจำลองการควบคุมระดับน้ำในแท็งก์โดยใช้โปรแกรม LabVIEW

(Tank Water Level Control Model by Program LabVIEW)

นายกิจติพงษ์ วันมหาใจ

นายอภิสิทธิ์ วงค์ชัย

นายอเนกพงษ์ แถวโพธิ์

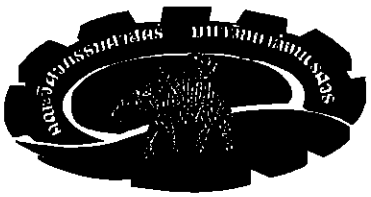
ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 14 ก.ค. 2553
เลขทะเบียน I60704911 e2
เลขเรียกหนังสือ ฝร. TK4 ป 2551
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2551



ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล

หัวข้อโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล: แบบจำลองการควบคุมระดับน้ำในแท็งก์โดยใช้โปรแกรม LabVIEW
(Tank Water Level Control Model by Program LabVIEW)

ผู้ดำเนินงานวิศวกรรมเครื่องกล : นาย กิจติพงษ์ วันมหาใจ รหัสนิสิต 4838008**6**
นาย อภิสิทธิ์ วงค์ชัย รหัสนิสิต 4838012**4**
นาย อเนกพงษ์ แถวโพธิ์ รหัสนิสิต 4838033**6**

ที่ปรึกษาโครงงาน : อาจารย์ปองพันธ์ โอทกานนท์

สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

ปีการศึกษา : 2551

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานวิศวกรรมเครื่องกลฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ปองพันธ์ โอทกานนท์)

.....กรรมการ
(อาจารย์สุรัตน์ ปัญญาแก้ว)

.....กรรมการ
(ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว)

หัวข้อโครงงาน : แบบจำลองการควบคุมระดับน้ำในแท็งก์โดยใช้โปรแกรม LabVIEW
ผู้ดำเนินโครงการ : นายกิจติพงษ์ วันมหาใจ รหัสนิสิต 48380086
: นายอภิสิทธิ์ วงค์ชัย รหัสนิสิต 48380124
: นายอเนกพงษ์ แถวโพธิ์ รหัสนิสิต 48380336
อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ป่องพันธ์ โอทกานนท์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมสาสตร์
ปีการศึกษา : 2551

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาและสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Program Computer) ของแบบจำลองการควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ โดยอาศัยความรู้ วิชา การควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control Engineering) โดยใช้การควบคุมแบบแบ่งสัดส่วน (Proportional Control) ใช้โปรแกรม LabVIEW ในการนำเสนอลักษณะการทำงานของระบบเป็นภาพการเคลื่อนไหว แบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถปรับค่าต่างๆ ในแบบจำลองได้ เช่น ค่าเกณฑ์ของระบบ (gain, K_c), ค่าพื้นที่หน้าตัดของแท็งก์(Tank Crossection Area), ค่าอัตราการไหลออกของน้ำในแท็งก์ (Out Flow Rate), ค่าเริ่มต้นของระดับน้ำในแท็งก์ (Tank Height Initial), ค่าอัตราการไหลเริ่มต้นของปั๊มน้ำ (Initial Flow Rate) และแสดงผลออกมาเป็นรูปการเคลื่อนไหวของการทำงานในแบบจำลองและแสดงกราฟความสัมพันธ์ของการตอบสนองการเข้าสู่สมดุลของระบบบนหน้าต่างของแบบจำลอง การเข้าสู่สมดุลของระบบขึ้นอยู่กับค่า เกณฑ์ของระบบ (gain ,K_c) และค่าพื้นที่หน้าตัดของแท็งก์น้ำ ซึ่งได้เปรียบเทียบผลลัพธ์จากการใช้ทฤษฎีในการคำนวณและใช้โปรแกรม LabVIEW ได้ผลลัพธ์ออกมาเท่ากัน

Project Title	: Tank Water Level Control Model by Program LabVIEW		
Name	: Mr. Kichtipong Wanmahajai	Code	48380086
	Mr. Apisit Wongchai	Code	48380124
	Mr. Anakpong ThawPo	Code	48380336
Project Advisor	: Mr. Pongpun Otkanon		
Department	: Mechanical engineering		
Academic year	: 2551		

Abstract

This project is simulation of tank water level control model using Automatic Control Engineering by using Proportional Control. Lab View program is used to present the simulated system and it's animation. This variables can adjusted (gain, K_1), (Tank Cross section Area, A), (Out Flow Rate, Q_o), (Tank Height Initial, H_0), (Initial Flow Rate, Q_i) to show the results by running animation and plotting the graphs of balance reaction in system on the display. As a result, Equilibrium is depended on gain K_1 and Tank Cross section Area. Need to computer with the real example in Tank water level control system.

กิตติกรรมประกาศ

การทำโครงงานนี้ สำเร็จได้ด้วยดีเป็นผลเนื่องมาจากการให้แนะนำ และจากการให้คำปรึกษาของอาจารย์ปองพันธ์ โอทกานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน คณะผู้จักทำขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่คณะผู้จัดทำโครงการ

ขอขอบพระคุณห้องสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร และห้องสมุดสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้ยืมหนังสือที่ใช้ในการค้นคว้า ซึ่งทำให้โครงการเสร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดามารดาที่ให้อุปการะทางด้านการเงิน และทางด้านจิตใจจนกระทั่งทำให้โครงงานนี้เสร็จสมบูรณ์

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
ใบรับรองโครงงาน	ก
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ข
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูป	ฉ
สัญลักษณ์	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	3
2.1 ระบบควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control)	3
2.2 การจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์	11
2.3 โปรแกรม LabVIEW	17
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	19
3.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ	19
3.2 การทำงานของแบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ	19
3.3 ขั้นตอนในการเขียนโปรแกรม LabVIEW ดังนี้	20
บทที่ 4 การวิเคราะห์ผล	29
บทที่ 5 สรุปผล	32
5.1 สรุปผลการทดลองโปรแกรม	32
5.2 ปัญหาที่พบ	33
5.3 ข้อเสนอแนะ	33
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก ก	35
ภาคผนวก ข	41
ภาคผนวก ค	48

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1 การควบคุมระบบ 3

รูปที่ 2.2 ระบบควบคุมแบบเปิด 3

รูปที่ 2.3 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ 4

รูปที่ 2.4 การทดสอบประสิทธิภาพของระบบ 5

รูปที่ 2.5 แผนภาพบล็อก (Block diagram) 6

รูปที่ 2.6 ขอบเขตที่เสถียรภาพและไม่เสถียรภาพในระนาบเอส 7

รูปที่ 2.7(ก) Unit–Step (ข) Unit–Impulse (ค) Unit–Ramp และ (ง) Sine [6] 8

รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ของเวลากับการตอบสนอง [9] 11

รูปที่ 2.9 ระบบจำลองการควบคุมระดับน้ำ [1] 12

รูปที่ 2.10 ฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบแท็งก์ 13

รูปที่ 2.11 แผนภาพบล็อกไดอะแกรมของระบบจำลองควบคุมระดับน้ำในแท็งก์ 13

รูปที่ 2.12 แผนภาพบล็อกไดอะแกรมของระบบจำลองการควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ
สร้างโดยโปรแกรม MATLAB 16

รูปที่ 2.13 ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลโดยโปรแกรม MATLAB 16

รูปที่ 2.14 ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลโดยโปรแกรม MATLAB (ขยายสเกล) 17

รูปที่ 3.1 แบบจำลองระบบการควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ 20

รูปที่ 3.2 คำสั่ง (Code) ทั้งหมดใน Block Diagram ของแบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ 21

รูปที่ 3.3 การใช้ Formula Node มาคำนวณในแท็งก์ 22

รูปที่ 3.4 ค่าความสูงของระดับน้ำซึ่งวัดค่าโดยอุปกรณ์วัดระดับความสูงของน้ำ
ในแท็งก์ (Depth Transducer) และตัวปรับระดับน้ำในแท็งก์ (Tank setpoint) ที่ใช้เมาส์
เลื่อนกำหนดระดับน้ำในแท็งก์น้ำ 22

รูปที่ 3.5 การคำนวณค่าความผิดพลาดของแบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์ 23

รูปที่ 3.6 ตัวควบคุมระดับน้ำ (Tank Level Setpoint) ที่สร้างโดยใช้ เครื่องมือ Numeric Control 23

รูปที่ 3.7 แสดงค่าอัตราการไหล (Flow Rate), อัตราการไหลเริ่มต้น (Initial Flow Rate) 24

รูปที่ 3.8 คำสั่ง (Code) ของค่าความสูงเริ่มต้น (Tank Initial Height) และ
อัตราการไหลเริ่มต้น (Initial Flow) 24

รูปที่ 3.9 การสร้างลูปเวลาของระบบ 25

รูปที่ 3.10 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของระบบ 26

รูปที่ 3.11 แสดงคำสั่ง (Code) ทั้งหมดในแผนภาพบล็อก (Block Diagram) ของแบบจำลอง
ระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ 26

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 3.12 แบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ บนหน้าต่าง Front Panel ของโปรแกรม LabVIEW 27
รูปที่ ก-1 ตำแหน่งของโพลจากทฤษฎีของแท็งก์ 38
รูปที่ ก-2 แสดงช่องการป้อนค่า Initial Flow 39
รูปที่ ก-3 แสดงช่องการป้อนค่าตัวแปรให้กับโปรแกรม 39
รูปที่ ก-4 แสดงผลการประมวลผลของการจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ 40
รูปที่ ก-5 แสดงผลของอัตราการไหลเข้าของน้ำที่ไหลเข้าแท็งก์ (Flow Rate In) ที่มีค่าทำให้ระบบเข้าสู่สมดุล 40
รูปที่ ข-1 Front Panel Control และ Control Palette 42
รูปที่ ข-2 Block Diagram และ Functions Palette 42
รูปที่ ข-3 For Loop ใน Block Diagram 43
รูปที่ ข-4 การทำงานของ For Loop 43
รูปที่ ข-5 While Loop ใน Block Diagram 44
รูปที่ ข-6 หลักการทำงานของ While Loop 44
รูปที่ ข-7 Flat Sequence Structure ใน Block Diagram 45
รูปที่ ข-8 Boolean Controls 46
รูปที่ ข-9 Formula Node ใน Block Diagram 46
รูปที่ ข-10 กราฟบนหน้าต่างโปรแกรม 47
รูปที่ ค-1 แสดงหน้าต่างหลักเมื่อเข้าสู่โปรแกรม LabVIEW 49
รูปที่ ค-2 แสดงการจำลองระบบควบคุมแท็งก์น้ำ 50
รูปที่ ค-3 แสดงความสัมพันธ์ของ Process system 51
รูปที่ ค-4 แบบจำลองเมื่อรับค่าจากการป้อนจากผู้ใช้โปรแกรมเมื่อผู้ใช้โปรแกรมกดเริ่มคำนวณ 51

สัญลักษณ์

A	=	พื้นที่หน้าตัดของแท็งก์
h	=	ความสูงของระดับน้ำในแท็งก์
G_C	=	ค่าคงที่การควบคุมของระบบ
h_R	=	ระดับน้ำที่ต้องการ
K_T	=	ค่าคงที่ของแรงดันไฟฟ้า
Q_i	=	อัตราการไหลเข้าของน้ำ
Q_o	=	อัตราการไหลออกของน้ำ
q_i	=	การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลเข้าของน้ำ
q_o	=	การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลออกของน้ำ
R	=	วาล์วน้ำออก
V_E	=	ค่าความผิดพลาดของระบบ
V	=	ค่าความเร็ว

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจาก วิชา การควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control Engineering) เป็นวิชาที่นักศึกษาสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ ของ มหาวิทยาลัยนเรศวร จำเป็นต้องศึกษา ซึ่งวิชา การควบคุมอัตโนมัติมีความซับซ้อนและยากที่นักศึกษาในห้องเรียนจะเกิดความเข้าใจและ ไม่สามารถจินตนาการตามสมการในหนังสือหรือสูตรที่อาจารย์นำมาสอนบนกระดาน จึงทำให้นักศึกษาส่วนใหญ่มองข้ามความสำคัญของรายวิชานี้ไป ตลอดจนการนำเอาความรู้ของ วิชาการควบคุมอัตโนมัติไปประยุกต์ใช้ในงานจริง

ดังนั้น ทางคณะผู้จัดทำจึงได้เกิดความคิดที่จะทำแบบจำลองระบบการควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำโดยใช้โปรแกรม LabVIEW เป็นตัวจำลองการทำงานของระบบควบคุมน้ำในแท็งก์ขึ้นมาเพื่อนำไปใช้เป็นสื่อประกอบการสอนรายวิชา การควบคุมอัตโนมัติและหวังว่านักศึกษา จะเกิดความเข้าใจ และมองเห็นภาพในการทำงานของส่วนต่างๆที่มีการควบคุมโดยผ่านระบบจำลองที่ประดิษฐ์ขึ้นซึ่งนำโปรแกรม LabVIEW มาเป็นตัววิเคราะห์และแสดงผลลัพธ์ออกมาบนหน้าต่างของโปรแกรม ทำให้นักศึกษาที่มีความสนใจได้เข้าใจใน รายวิชา การควบคุมอัตโนมัติมากขึ้นและสามารถนำความรู้ในวิชานี้ไปประยุกต์ใช้กับงานจริงในอนาคตได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาและเรียนรู้หลักการทำงานการถ่ายโอนของระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ

1.2.2 ศึกษาระบบควบคุม และจำลองการทำงานของระบบโดยเขียนโปรแกรม LabVIEW ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

1.2.3 สร้างแบบจำลองอย่างง่ายในคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ทดสอบและใช้เป็นสื่อการสอนของวิชาการควบคุมอัตโนมัติ

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ศึกษาฟังก์ชั่นการถ่ายโอนของระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ

1.3.2 ศึกษาโปรแกรม LabVIEW

1.3.3 ออกแบบและสร้างแบบจำลองการควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ

1.3.4 เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อรับค่าและแสดงผลของการควบคุมระดับน้ำและอัตราการไหลเข้าและออก ของระดับน้ำให้ได้ตามที่กำหนดไว้

1.3.5 ไม่คิดค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานในท่อของระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ

1.3.6 ใช้การควบคุมโดยอยู่ในเงื่อนไข การควบคุมแบบสัดส่วน (Proportional Control)

1.3.7 ให้แบบจำลองการควบคุมระดับน้ำในแท็งก์เป็นระบบอันดับหนึ่ง (First Order System)

1.3.7 ให้ของไหลในระบบเป็นของไหลแบบอัดตัวไม่ได้ (Incompressible Fluid)

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับการควบคุมอัตโนมัติ และข้อมูลของระบบควบคุมของระดับน้ำ ทำสรุปเนื้อหารายงานส่งอาจารย์ที่ปรึกษา

1.4.2 ออกแบบแบบจำลอง

1.4.3 ศึกษาโปรแกรม LabVIEW

1.4.4 นำสมการฟังก์ชันถ่ายโอนมาประมวลผลในโปรแกรม LabVIEW

1.4.5 สรุปและจัดทำรายงานโครงการ

1.4.6 พิมพ์รูปเล่ม

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เข้าใจหลักการทำงานของระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำและเข้าใจตัวแปรที่มีผลให้ฟังก์ชันถ่ายโอน

1.5.2 เข้าใจหลักการทำงานและออกแบบระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำอย่างง่ายได้

1.5.3 ได้แบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ เพื่อนำไปใช้เป็นสื่อการสอนใน วิชาการควบคุมอัตโนมัติ

1.5.4 ทำให้นิสิตเข้าใจและเห็นการประยุกต์ใช้ในวิชาการควบคุมอัตโนมัติ

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 ระบบควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control)

การควบคุมอัตโนมัติ คือ การควบคุมหรือบังคับให้ระบบใดๆมีผลลัพธ์ (Output) ให้มีคุณสมบัติสอดคล้อง หรือเป็นไปตามเป้าหมายของความต้องการ (Input) ที่ส่งเข้าไป ดังนั้น วิชาควบคุมอัตโนมัติ จึงเป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของระบบ และผลตอบสนองของระบบต่อ อินพุตที่ส่งเข้าไปในระบบนั้น ๆ

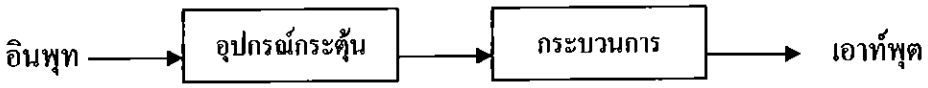
รูปที่ 2.1 การควบคุมระบบ

ระบบควบคุมสามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ตามลักษณะการทำงานได้เป็น 2 แบบ คือ

1. ระบบควบคุมแบบเปิด (Open Loop Control System)
2. ระบบควบคุมแบบปิด หรือ ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Closed Loop or Feedback Control System)

ระบบควบคุมแบบเปิด

ระบบควบคุมแบบเปิด คือ ระบบควบคุมที่มีการควบคุมในลักษณะที่สั่งงานไปยังเครื่องควบคุมอย่างเดียวโดยไม่มีการเอาค่าเอาท์พุทที่ได้กลับมาเปรียบเทียบกับอินพุทที่ให้กับระบบ เป็นระบบที่ง่ายที่สุดและมีอุปกรณ์ภายในที่ไม่ยุ่งยาก ค่าเอาต์พุตที่ได้จะไม่มีผลต่อการควบคุมกระบวนการของระบบดังแสดงในรูปที่ 2.2

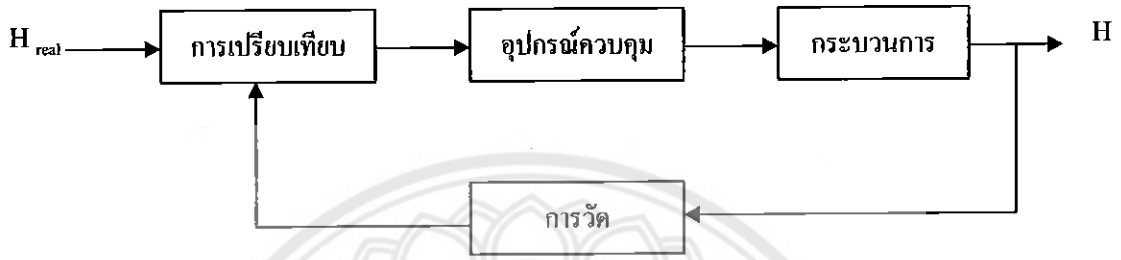


รูปที่ 2.2 ระบบควบคุมแบบเปิด

ระบบควบคุมแบบปิด หรือ ระบบควบคุมป้อนกลับ

ระบบควบคุมแบบป้อนกลับจะแตกต่างจากระบบควบคุมแบบเปิดก็คือ มีการนำเอาผลที่ได้จากกระบวนการกลับเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลที่จะส่งเข้าไปเป็นอินพุทที่ให้กับระบบ การที่เราจะทราบค่าเอาท์พุทได้เราจะต้องมีการวัดข้อมูลของเอาท์พุท เมื่อเราทราบค่าเอาท์พุทแล้วเรามักจะนำค่าเอาท์พุทที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเอาท์พุทที่เราต้องการจากระบบ จากนั้นความแตกต่างระหว่างเอาท์พุทที่ต้องการและเอาท์พุทที่

แท้จริงจะได้รับการส่งต่อไปสู่อุปกรณ์ควบคุมแล้วส่งต่อเป็นอินพุทเข้าสู่ระบบเพื่อให้ความแตกต่างของเอาท์พุทที่ต้องการและเอาท์พุทที่แท้จริงลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งไม่มีความแตกต่างระหว่างค่าทั้งสอง ดังนั้นเราก็จะได้ว่า ค่าเอาท์พุทของระบบเป็นไปตามต้องการ ระบบควบคุมแบบป้อนกลับแสดงในรูปที่ 2.3 สำหรับหลักการของการป้อนกลับที่ได้อธิบายไปแล้วนี้ถือว่าเป็นพื้นฐานของการวิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติ ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน



รูปที่ 2.3 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ

การควบคุมแบบ PID (PID Control)

การควบคุมแบบ PID control ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการควบคุมในระบบวงปิดหรือระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Closed-loop Control Systems, Feedback Control Systems) โดย การควบคุมแบบ PID จะประกอบไปด้วยส่วนการควบคุมที่สำคัญด้วยกันคือ

- Proportional control action (P - Action)
- Integral control action (I-Action)
- Derivative control action (D-Action)

P Action

เป็นการกำหนดการทำงานของ output ให้เป็นสัดส่วนเปอร์เซ็นกับค่า error หรือการเปลี่ยนแปลงของค่าที่วัดได้

$$\text{Output} = (\text{error} \times 100) / P_b;\ \text{error}=(\text{ค่าset point}) - (\text{ค่าที่วัดได้})$$

ในทางปฏิบัติ P Action จะเข้าใกล้ค่าหนึ่ง ซึ่งไม่ใช่ค่า set point จริง ซึ่งเรียกว่าค่า offset

I Action

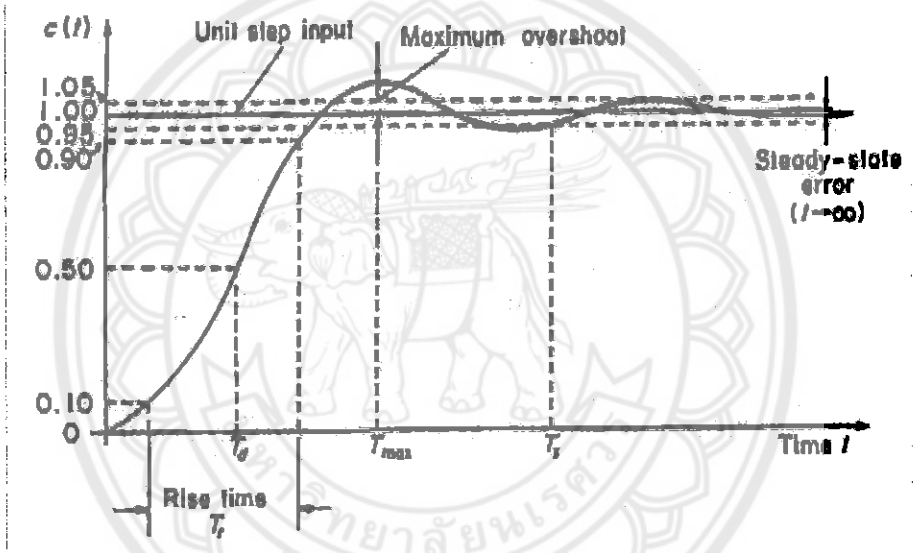
จะใช้ในการแก้ปัญหา offset ระบบควบคุม I Action จะเข้าไปช่วยกำจัดค่า offset ที่ยังคงมีอยู่ให้ระบบเข้าสู่ set point โดยค่า output ที่ออกมาจะขึ้นอยู่กับ Integral Time ที่กำหนดขึ้นมาตั้งแต่ต้น หากกำหนดให้

integral time น้อย ระบบจะเข้าสู่ set point ได้อย่างรวดเร็วแต่จะเกิดการกระเพื่อม hunting ของ process มาก ด้วย และหากกำหนดให้ Integral time มากจะเกิด hunting น้อย แต่จะใช้เวลานานกว่าระบบจะเข้าสู่ set point

D Action

ในกรณีที่มีการรบกวนระบบจากภายนอก disturbance เป็นผลให้ process ของระบบมีการเปลี่ยนแปลงอย่างทันที่ทันใด เราควรจะใช้การควบคุมแบบ D Action Derivative ซึ่งจะมีการตอบสนองที่รวดเร็ว เป็นผลให้ระบบเข้าสู่ set point ได้รวดเร็วขึ้น

การทดสอบประสิทธิภาพของระบบ Feedback เราจะใช้สัญญาณอินพุทแบบ Unit Step ใส่เข้าไปในระบบเพื่อใช้วิเคราะห์ transient ในระบบควบคุมแบบป้อนกลับโดยสามารถตรวจจากลักษณะดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การทดสอบประสิทธิภาพของระบบ

1. Steady State Performance

ค่านี้จะได้จากการหาค่า steady-state error ของการตอบสนองต่อฟังก์ชันอินพุทพื้นฐานที่กล่าวมาแล้ว

2. Transient Performance

ค่านี้จะวิเคราะห์โดยการใส่ unit-step function เป็นอินพุทอ้างอิงและจะได้ผลตอบสนองดังรูป ลักษณะที่สำคัญของผลตอบสนองนี้ได้แก่

- Overshoot

  เป็นค่า error ที่มากที่สุดระหว่างอินพุทและเอาท์พุท ค่านี้จะใช้ในการประมาณความเสถียรของระบบ ค่า overshoot จะวัดเป็นสัดส่วนเทียบกับค่าสุดท้ายหรือค่าอินพุทอ้างอิงดังนี้

  Percent overshoot = Maximum overshoot / Final desired value x 100

- Time delay

  ค่า time delay ,t_d เป็นช่วงเวลาที่ใช้ในการตอบสนองของระบบตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งเอาท์พุทมีค่าเป็น 50 % ของค่าอินพุทอ้างอิง

- Rise time

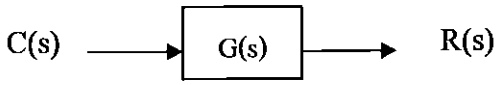
  ค่า rise time ,t_r เป็นช่วงเวลาตั้งแต่เอาท์พุทมีค่าเป็น 10 % จนถึง 90 % ของค่าอินพุทอ้างอิง

- Setting time

  ค่า setting time ,t_s เป็นช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งการแกว่งของเอาท์พุทลดลงอยู่ในขอบเขตที่กำหนด โดยปกติแล้วขอบเขตนี้จะอยู่ในช่วง 5 % ของอินพุทอ้างอิง นอกจากนี้ยังมีลักษณะที่สำคัญอื่นๆอีก เช่น damping ratio, damping factor และ undamped natural frequency ซึ่งไม่ได้แสดงในรูป

ฟังก์ชั่นถ่ายโอน(Transfer function)

การออกแบบและวิเคราะห์ระบบควบคุม นิยมที่จะอธิบายด้วยสมการอนุพันธ์ เนื่องจากระบบโดยทั่วไปเป็นระบบไม่เป็นเชิงเส้น เราสามารถที่จะแก้สมการเหล่านั้นได้ด้วยการใช้ Laplace Transform หลังจากนั้นเราจะหาความสัมพันธ์ของเอาท์พุทและอินพุทของระบบ ฟังก์ชันถ่ายโอนนี้สามารถเขียนและจัดให้อยู่ในรูปของ แผนภาพบล็อก (Block Diagram) ได้ เพื่อเราสามารถใช้รูปภาพในการอธิบายลักษณะของระบบ แผนภาพบล็อก เป็นเครื่องมือที่อำนวยความสะดวกในการออกแบบและวิเคราะห์ระบบควบคุมที่ซับซ้อน ดังแสดงในรูปที่ 2.1 เพื่อที่เราจะสามารถเข้าใจระบบควบคุมที่ซับซ้อนได้ เราจะต้องมีความเข้าใจถึง แบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบเสียก่อน จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆในระบบ เพื่อที่จะได้มาซึ่งแบบจำลองคณิตศาสตร์ และเนื่องจากระบบที่เราควบคุมเป็นระบบพลวัตรหรือระบบที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ดังนั้นเราจะใช้สมการอนุพันธ์อธิบาย ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ระบบ



รูปที่ 2.5 แผนภาพบล็อก (Block diagram)

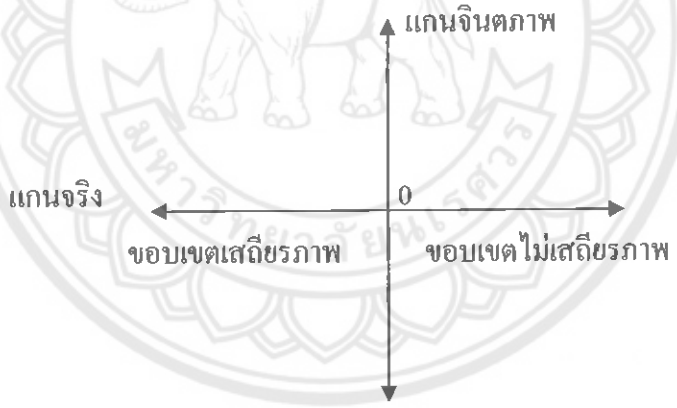
การวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบควบคุม (Stability)

เสถียรภาพ (Stable) เป็นคุณสมบัติที่สำคัญมากของระบบควบคุม ในทางทฤษฎีเมื่อระบบได้รับอินพุท ทำให้การตอบสนองของระบบได้เอาท์พุทออกมาสามารถคาดเดาได้หรือต้องเป็นต้องเป็นตามประเภทของอินพุทที่ป้อนให้กับระบบ เมื่อการตอบสนองของระบบให้เอาท์พุทที่ไม่เป็นไปตามอินพุทที่ป้อนให้กับระบบหรือไม่เป็นไปตามที่ต้องการแล้ว ระบบนี้จะเป็นระบบที่ไม่มีความเสถียร (Unstable)

การพิจารณาเสถียรภาพของระบบควบคุมป้อนกลับ จะพิจารณาจากตำแหน่งของโพลที่วาอยู่ในระนาบเอส (S-plane) นั่นคือ

1. ถ้าตำแหน่งของโพลอยู่ครึ่งขวาของระนาบเอส จะทำให้ผลตอบสนองชั่วขณะ (transient response) เพิ่มขึ้นตามค่าคงที่ของเวลาที่เพิ่มขึ้น หมายถึงระบบนี้ ไม่มีเสถียรภาพ (Unstable)
2. ถ้าตำแหน่งของโพลอยู่ครึ่งซ้ายของระนาบเอส จะทำให้ผลตอบสนองชั่วขณะ (transient response) จะเข้าสู่ภาวะคงตัว และระบบจะมีเสถียรภาพ

จากที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้กล่าวได้ว่าเสถียรภาพของระบบ ที่หาได้จากสมการของฟังก์ชันถ่ายโอนนั้นจะอยู่ทางครึ่งซ้ายหรือทางครึ่งขวา หรืออยู่แกนจินตภาพในระนาบเอส ซึ่งขอบเขตเสถียรภาพ และไม่เสถียรภาพในระนาบเอส สามารถแสดงได้ดังรูป 2.5 สำหรับแกนจินตภาพยกเว้นที่จุดกำเนิด (origin) แล้วจะรวมอยู่ในขอบเขตที่ไม่เสถียรภาพด้วย



รูปที่ 2.6 ขอบเขตที่เสถียรภาพและไม่เสถียรภาพในระนาบเอส

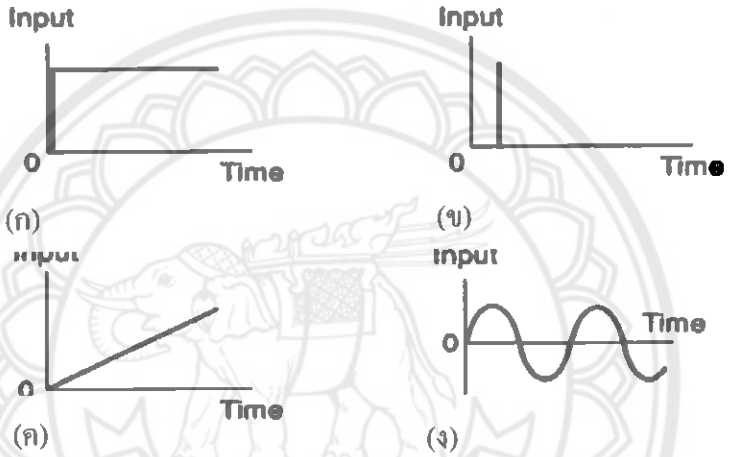
การวิเคราะห์สัญญาณอินพุทของระบบ (Input signal)

สัญญาณอินพุทแบบขั้นบันได (Unit-Step Input) จะมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่าอินพุทอย่างทันทีทันใด เช่น เราจ่ายไฟฟ้าเข้าสู่วงจรไฟฟ้า ความต่างศักย์ในวงจรจะเพิ่มจากศูนย์เป็นค่าคงที่ให้กับวงจรดังรูปที่ 2.7 (ก)

สัญญาณอินพุทแบบการดล (Unit-Impulse Input) จะมีลักษณะเหมือนกับการให้ค่าอินพุทค่าหนึ่งในห้วงเวลาที่สั้นๆ เช่น การที่ใช้ไม้ตีลูกเบสบอล แรงกระทำที่เกิดกับลูกเบสบอลจะมีค่าเฉพาะในช่วงเวลาสั้นๆ เมื่อไม้สัมผัสลูกบอลเท่านั้น ดังรูปที่ 2.7 (ข)

สัญญาณอินพุทแบบแรม (Unit-Ramp Input) จะมีลักษณะเป็นอินพุทที่ค่อยๆเพิ่มค่าขึ้นทีละนิดโดยอัตราการเพิ่มของอินพุทจะคงที่ เช่น น้ำที่ไหลเข้าถังด้วยอัตราการไหลคงที่ ดังรูปที่ 2.7 (ค)

สัญญาณอินพุทแบบไซน์ (Sine-Input) จะมีลักษณะเป็นอินพุทที่มีสมการของอินพุทเป็นฟังก์ชัน โดย sin e(ωt) จะเป็นความเชิงมุม และ t เป็น ω เวลา ดังรูปที่ 2.7 (ง) [6]



รูปที่ 2.7 (ก) Unit–Step (ข) Unit–Impulse (ค) Unit–Ramp และ (ง) Sine [6]

ระบบอันดับหนึ่งกับการตอบสนองต่อสัญญาณอินพุทแบบขั้นบันได

จากสมการอนุพันธ์ของระบบอันดับหนึ่ง

$$a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y = b_0 u \qquad (1)$$

โดยที่

a_1 คือ ค่าคงที่ค่าหนึ่ง (Constant)

a_0 คือ ค่าคงที่ค่าหนึ่ง (Constant)

b_0 คือ ค่าคงที่ค่าหนึ่ง (Constant)

y คือ ฟังก์ชันในเทอมของเวลา (Time Domain)

Y(s) คือ ฟังก์ชันในเทอมของลาปลาซ (Laplace Domain)

u คือ สมการฟังก์ชันในเทอมของเวลา (Equation of Time Domain)

U(s) คือ สมการฟังก์ชันของลาปลาซ (Equation of Laplace Domain)

ทำการเปลี่ยนรูปลาปลาส จะได้

$$a_1 s\, Y(s) + a_0 Y(s) = b_0 U(s) \tag{2}$$

ให้ U(s) เป็นอินพุทแบบขั้นบันได

$$U(s) = \frac{1}{s} \tag{3}$$

แทนสมการ (3) ลงในสมการ (2) จะได้

$$(a_1 s + a_0) Y(s) = \frac{b_0}{s} \tag{4}$$

หรือ

$$Y(s) = \frac{(\frac{b_0}{a_0})}{(\frac{a_1}{a_0} s + 1)s} \tag{5}$$

ให้ $K = \frac{b_0}{a_0}$ เป็นการตอบสนองในสภาพคงตัว และ $\tau = \frac{a_1}{a_0}$ เป็นค่าคงที่ของระบบ จะได้

$$Y(s) = \frac{K}{s(\tau s + 1)} \tag{6}$$

ทำ Inverse Laplace สมการ จะได้

$$y(t) = L^{-1} Y(s) \tag{7}$$

แล้วทำการแยกเศษส่วนย่อย จะได้

$$Y(s) = \frac{K}{s} - \frac{K}{s + \frac{1}{\tau}} \tag{8}$$

ดังนั้นจะมีการตอบสนองในเทอมของเวลา

$$y(t)=L^{-1}Y(s)=L^{-1}\left[\frac{K}{s}-\frac{K}{s+\frac{1}{\tau}}\right] \quad (9)$$

ซึ่งจะได้สมการสุดท้ายที่ใช้ในการหาค่าคงที่ของเวลา คือ

$$y(t)=K(1-e^{\frac{-t}{\tau}}) \quad (10)$$

การตอบสนอง (Response) และค่าคงที่ของเวลา (The Time Constant)

การตอบสนองอันดับหนึ่งของระบบ ค่า τ ในสมการเป็น ค่าคงที่ของระบบ (time constant)

จาก $y(t)=K(1-e^{\frac{-t}{\tau}})$

กำหนดให้ $K=1$ จะได้

$$y(t)=(1-e^{\frac{-t}{\tau}}) \quad (11)$$

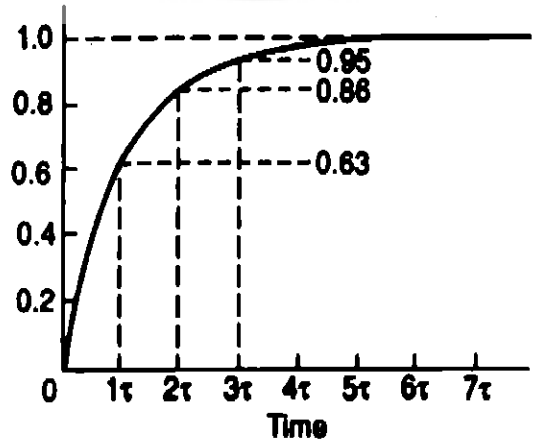
จะเห็นว่า ที่ $t=\tau : y(t)=1-e^{-1}=0.63$

$t=2\tau : y(t)=1-e^{-2}=0.86$

$t=3\tau : y(t)=1-e^{-3}=0.95$

$t=4\tau : y(t)=1-e^{-4}=0.98$ (12)

ดังนั้น สามารถนำค่า t ที่หามาแสดงเป็นตารางใน รูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ของเวลากับการตอบสนอง [9]

จะเห็นว่า เมื่อเวลา $\tau > 4$ ค่าของ y(t) เปลี่ยนแปลงเข้าใกล้ 1 ในอัตราที่น้อยมาก และขณะนั้น y(t) มีค่ามากกว่า 98% ของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งหมดแล้ว ในทางวิศวกรรมถือว่า ระบบควบคุมจะให้การตอบสนองที่ไม่แปรเปลี่ยนตามเวลา (Steady-state Response) เมื่อเวลาผ่านไปเท่ากับ หรือมากกว่า สี่เท่าของค่าคงที่ของเวลา

ค่าคงที่ของเวลา (Time constant) จึงมีความสำคัญต่อระบบควบคุมอันดับหนึ่ง ในแง่ของความรวดเร็วในการตอบสนอง ดังแสดงในตารางที่ 2.1

เวลา t	ขนาดการตอบสนอง
0	0
1τ	$0.63G_{ss}$
2τ	$0.86G_{ss}$
3τ	$0.95G_{ss}$
4τ	$0.98G_{ss}$
5τ	$0.99G_{ss}$
∞	$1.00G_{ss}$

ตารางที่ 2.1 การตอบสนองของเวลาต่อฟังก์ชันขั้นบันได [8]

ค่าคงที่ของเวลาใช้ในการพิจารณาการตอบสนองของระบบ เพราะเป็นค่าที่กำหนดว่าระบบจะตอบสนองโดยเข้าสู่ค่าสุดท้ายใช้เวลานานเท่าใด ถ้าระบบมีค่าคงที่ของเวลามากเท่าไรจะต้องใช้เวลานานในการจะเข้าสู่ค่าคงตัวมากเท่านั้น

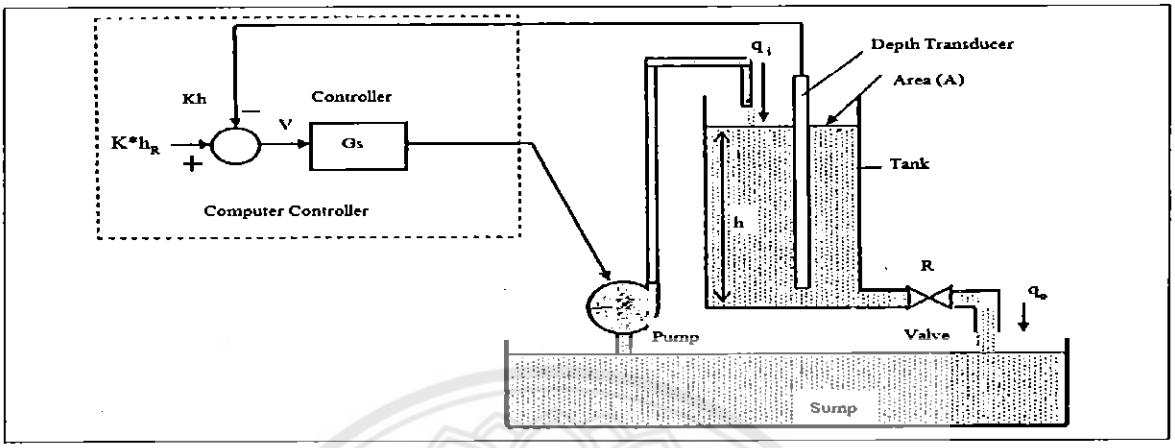
2.2 การจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์

ในระบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำที่นำมาสร้างนี้ มีอุปกรณ์ที่สำคัญดังนี้

1. ปั๊ม
2. แท็งก์
3. อุปกรณ์วัดระดับน้ำในแท็งก์น้ำ (Depth transducer)
4. วาล์วน้ำออก (Valve)
5. ถังเก็บน้ำ (Sump)
6. ระบบควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ (Computer Controller)

โดยที่ระบบมีการทำงานคือ เริ่มจากปั๊มน้ำ(Pump) สูบเอาน้ำขึ้นมาจากถังเก็บน้ำ แล้วส่งน้ำดังกล่าวไปตามท่อผ่านวาล์วน้ำ (Gate Valve) โดยมีตัววัดปริมาตรการไหล เก็บค่าปริมาตรการไหลเข้า ส่งไปยังตัวควบคุมของระบบ ส่วนระดับน้ำในแท็งก์ (h) วัดโดยอุปกรณ์วัดระดับน้ำในแท็งก์น้ำ (Depth transducer) และส่งสัญญาณไปยัง ระบบควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ (Computer Controller) เพื่อรับระดับน้ำในแท็งก์น้ำขณะนั้น (Feedback Level, h_i) โดยที่ระดับน้ำที่ต้องการ (h_R) และน้ำที่เข้าแท็งก์ (q_i) แปรผันตรงกับค่าความผิดพลาดของ

ระบบ (V_E) น้ำที่ออกจากถังให้คิดเป็นเชิงเส้นโดยมี valve R เป็นตัวควบคุมอัตราการไหลออกของน้ำในแท็งก์ (q_o)จาก อัตราการไหล Q = A V



รูปที่ 2.9 ระบบจำลองการควบคุมระดับน้ำ [1]

โดยที่

A - พื้นที่หน้าตัดของแท็งก์

Q - อัตราการไหลในสภาวะคงตัว

q_i - อัตราการไหลเข้า

q_o – อัตราการไหลออก

H - ระดับของเหลว (head)

จากสมการแท็งก์ในแบบจำลองการระดับน้ำ การเปลี่ยนแปลงความสูงของระดับน้ำคูณกับพื้นที่หน้าตัดของแท็งก์มีความสัมพันธ์กับอัตราการไหลเข้าลบกับอัตราการไหลออก มีความสัมพันธ์ที่เป็นไปตามกฎทรงมวล (Conservation of Mass) ดังสมการที่ 13

$$\text{Tank}: q_i - q_o = A\frac{dh}{dt} \tag{13}$$

กำหนดให้ : $q_o = \frac{h}{R}$

จะได้ว่า

$$q_i - \frac{h}{R} = A\frac{dh}{dt} \tag{14}$$

กำหนดให้ค่าเริ่มต้นเป็นศูนย์

จาก $$A\frac{dh}{dt} + \frac{h}{R} = q_i \tag{15}$$

ทำการแปลงลาปลาซ จะได้

$$AsH_{(s)} + \frac{H_{(s)}}{R} = Q_i \tag{16}$$

จากทฤษฎีการหาฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบได้จาก ผลหารระหว่างความสูงและอัตราการไหลเข้า

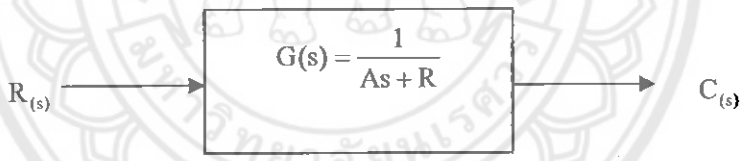
$$\text{จาก} \qquad G_{(s)} = \frac{H_{(s)}}{Q_i} = \frac{\text{output}}{\text{input}} \tag{17}$$

$$\text{จากสมการ (16) จะได้} \qquad H_{(s)} \ \frac{AsR + 1}{R} \ = Q_i \tag{18}$$

จัดรูปสมการที่ (18) ให้อยู่ในรูปสมการที่ (17)

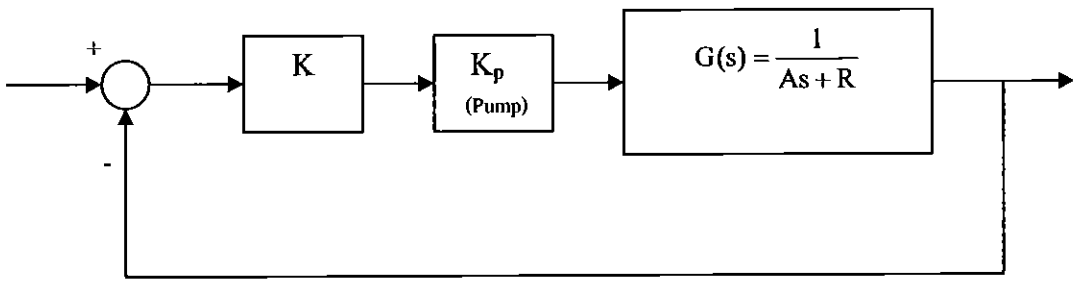
$$\text{ดังนั้นจะได้ว่า} \quad G(s) = \frac{1}{As + R} \tag{19}$$

จะได้สมการของแท็งก์เป็น ระบบอันดับหนึ่ง (First order system) แสดงออกมาในรูปของฟังก์ชันถ่ายโอนดังนี้



รูปที่ 2.10 ฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบแท็งก์

การหาฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบจำลองการควบคุมระดับน้ำในแท็งก์ จากแผนภาพบล็อกไดอะแกรมดังนี้



รูปที่ 2.11 แผนภาพบล็อกไดอะแกรมของระบบจำลองควบคุมระดับน้ำในแท็งก์

จากทฤษฎีการลดรูปของพีชคณิตบล็อกไดอะแกรม จะได้ฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบ ดังนี้

$$G(s) = \frac{K}{As + R + K} \tag{21}$$

ผลตอบสนองของระบบอันดับหนึ่งต่อสัญญาณเข้าแบบสัญญาณขั้นบันได

$$\text{จาก } Y(s) = \frac{K}{s(As + R + K)} \tag{22}$$

จัดรูปสมการ (22) ใหม่จะได้

$$Y(s) = \frac{K}{s\ s + (\frac{R}{A} + \frac{K}{A})} \tag{23}$$

ทำการ Inverse Laplace สมการจะได้

$$y(t) = L^{-1}Y(s) \tag{24}$$

แล้วทำการแยกเศษส่วนย่อย จะได้

$$Y(s) = \frac{K}{s} - \frac{K}{s + (\frac{R}{A} + \frac{K}{A})} \tag{25}$$

ดังนั้น จะมีการตอบสนองในเทอมเวลา

$$y(t) = L^{-1}Y(s) = L^{-1}\left[\frac{K}{s} - \frac{K}{s + (\frac{R}{A} + \frac{K}{A})}\right] \tag{26}$$

ซึ่งจะทำให้ได้สมการสุดท้ายเพื่อใช้ในการหาค่าคงที่ของเวลา คือ

$$y(t) = K(1 - e^{-(\frac{R}{A}+\frac{K}{A})t}) \tag{27}$$

พิสูจน์หาอัตราการไหลของระบบ ซึ่งจากทฤษฎีของการควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำเมื่อระบบเข้าสู่สมดุลจะได้อัตราการไหลออกมีค่าเท่ากับอัตราการไหลเข้า แสดงวิธีการเปรียบเทียบจากการเปลี่ยนแปลงความสูงของระดับน้ำในแท็งก์มีความสัมพันธ์กับผลต่างของอัตราการไหลหารกับพื้นที่หน้าตัดของแท็งก์แสดงในสมการที่ (28)

Tank: $q_i - q_o = A\frac{dh}{dt}$ $\xrightarrow{\{L\}}$ $Q_i(s) - Q_o(s) = AsH_{(s)}$

จาก $Q_i(s) - Q_o(s) = AsH_{(s)}$ (28)

$$[H_R - H_{(s)}]K_T - R = AsH_{(s)} \tag{29}$$

คิดที่ระบบเข้าสู่สมดุลใช้ ทฤษฎีผลตอบสนองสุดท้ายของระบบ(Final Value Theorems)

$$[H_R - H_{(s)}]K_T - R = \lim_{s \to 0} AsH_{(s)} \tag{30}$$

$$[H_R - H_{(s)}]K_T - R = 0 \tag{31}$$

$$[H_R - H_{(s)}]K_T = R \tag{32}$$

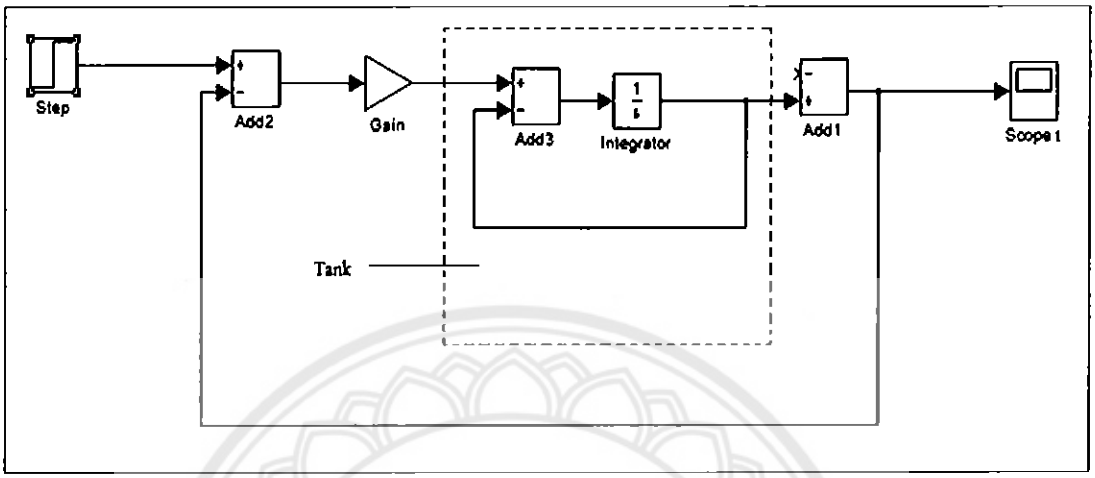
จาก $\text{Flow in} = [H_R - H_{(s)}]K_T$

$\text{Flow out} = R$

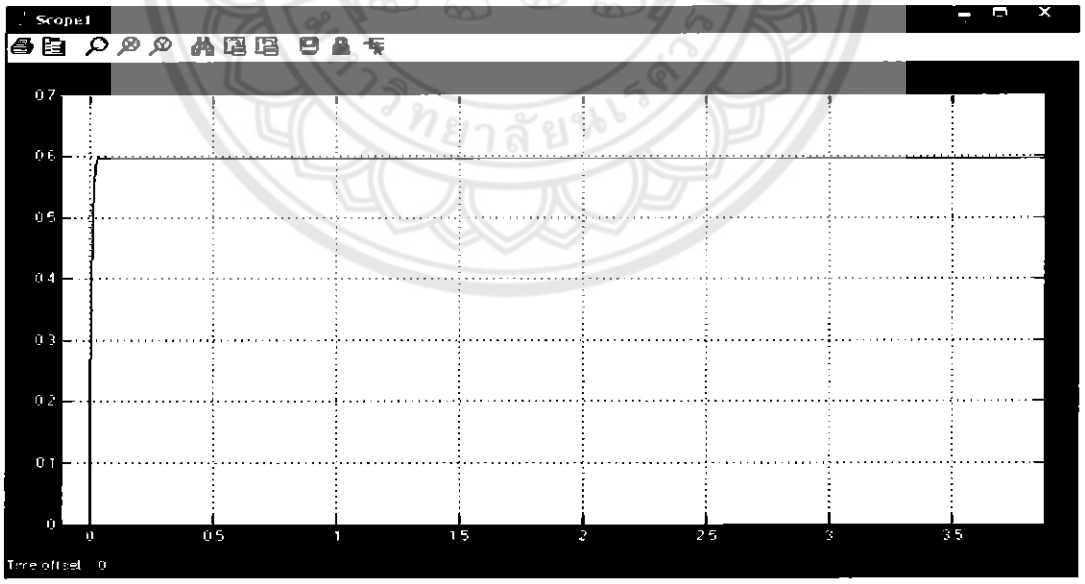
เพราะฉะนั้น $Q_i = Q_o$

ดังนั้น สรุปได้ว่าเมื่อระบบเข้าสู่สมดุลจะได้อัตราการไหลเข้าเท่ากับอัตราการไหลออก

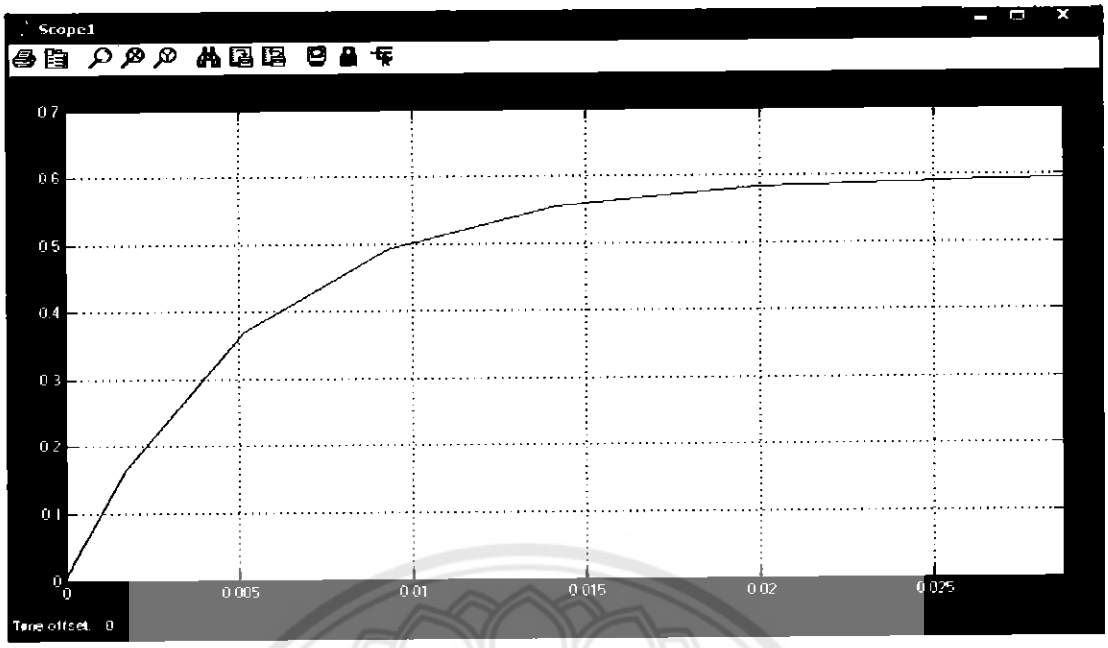
สร้างแบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์โดยนำสมการฟังก์ชันการถ่ายโอนและทฤษฎีของแท็งก์ มาประมวลผลโดยใช้โปรแกรม MATLAB เพื่อที่จะนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่คำนวณจากทฤษฎีและจากผลลัพธ์ที่ใช้โปรแกรม LabVIEW ว่าเป็นไปตามทฤษฎีที่ค้นคว้ามาหรือไม่



รูปที่ 2.12 แผนภาพบล็อกไดอะแกรมของระบบจำลองการควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ สร้างโดยโปรแกรม MATLAB



รูปที่ 2.13 ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลโดยโปรแกรม MATLAB



รูปที่ 2.14 ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลโดยโปรแกรม MATLAB (ขยายสเกล)

2.3 โปรแกรม LabVIEW

จากการศึกษาแบบระบบจำลองระดับน้ำในแท็งก์ เป็นการควบคุมระบบแบบปิด (Close-loop Control System) จากที่ได้พิจารณาถึงโปรแกรมที่มีความเป็นไปได้ ในการนำเสนอระบบจำลองนี้แล้ว ในทางทฤษฎีมีหลายโปรแกรมที่สามารถใช้นำเสนอได้ เช่น Mat Lab, โปรแกรมภาษา C, C++ ฯลฯ แต่โปรแกรมดังกล่าวที่ได้ยกตัวอย่างไปนั้น ล้วนแต่เป็นโปรแกรมที่มีการใช้การเขียนคำสั่งเป็นตัวอักษรควบคุมในการทำงานของโปรแกรม ทำให้นิสิตที่ศึกษาวิชา การควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control Engineering) เกิดความสับสนและมองดูว่าเป็นวิชาที่ไม่น่าสนใจ ดังนั้นเพื่อให้นิสิตที่ศึกษาวิชา การควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control Engineering) เกิดความเข้าใจ และมองเห็นถึงการเคลื่อนไหวของระบบ จะช่วยให้มีความเข้าใจ และดูน่าสนใจมากขึ้น ทางคณะผู้จัดทำจึงได้เลือกโปรแกรม LabVIEW มาช่วยในการนำเสนอ

ศึกษาหลักการระบบการทำงานของโปรแกรม LabVIEW พบว่าแตกต่างจากโปรแกรมอื่นโดยเป็นโปรแกรมประเภท GUI (Graphic User Interface) ซึ่งไม่เขียนคำสั่งโดยภาษาตัวอักษร แต่จะใช้ภาษาที่เรียกว่าภาษารูปภาพ หรือภาษา G (Graphical Language) แทนการเขียนโปรแกรมเป็นบรรทัด ด้วยรูปภาพหรือสัญลักษณ์ทั้งหมด จะพบว่าโปรแกรมมีความสามารถลดระยะเวลาในการเขียนโปรแกรมได้สะดวกและรวดเร็วมากขึ้น โดยเฉพาะงานเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆภายนอก สำหรับการวัดและการควบคุม อุปกรณ์การเชื่อมต่อจะเป็น DAQ (Data Acquisition) เพื่อใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ที่ส่งผ่านข้อมูล รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ด้วยวิธีการต่างๆดังนั้นโปรแกรม LabVIEW สามารถตอบสนองต่อการวัด และการใช้เครื่องมือวัดทำให้ง่ายและสะดวกขึ้น โดยการใช้รูปภาพสัญลักษณ์แทนการเขียนด้วยตัวอักษร ส่งผลดีคือลดความผิดพลาดด้านการสะกดผิดและพิมพ์ผิดออกไป รวมไปถึงการเขียนใช้หลักการแบบส่งผ่านข้อมูล

(Data Flow) ซึ่งเริ่มการส่งข้อมูลเข้าสู่โปรแกรมต้องกำหนดทิศทางไหลของข้อมูลไปที่ส่วนใด ผ่านการวิเคราะห์ประเมินผลและคำนวณส่วนใดบ้าง และแสดงผลลัพธ์ออกมาตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ส่วนลักษณะการเขียนภาษา G หรือ ส่งผ่านข้อมูล (Data Flow) นี้มีลักษณะเหมือนกับการเขียน แผนภาพบล็อก (Block Diagram) ซึ่งนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์และวิศวกรส่วนใหญ่มีความคุ้นเคยกันอยู่แล้ว ทำให้สะดวกในการทำความเข้าใจและนำไปพัฒนาได้อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถสนใจกับการเคลื่อนที่และเปลี่ยนแปลงข้อมูลโดยไม่ต้องใช้ความจำรูปแบบคำสั่ง การทำงานของโปรแกรม LabVIEW จะมีการนำสมการฟังก์ชันการถ่ายโอนมาเขียนเป็น แผนภาพบล็อก (Block Diagram) ของการทำงานของระบบและแสดงผลออกมาเป็นกราฟความสัมพันธ์ของระบบ โดยที่โปรแกรม MATLAB สามารถคำนวณสมการที่เป็น ฟังก์ชันของลาปลาซ (Laplace) และ ฟังก์ชันการแปลงผกผันลาปลาซ (Inverse Laplace) ได้ แต่ไม่สามารถแสดงภาพการเคลื่อนไหวของระบบให้ผู้ใช้โปรแกรม MATLAB ได้เห็นภาพการเคลื่อนไหว

จากการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลมาตลอดระยะเวลาการปฏิบัติงานและค้นคว้าทฤษฎีอ้างอิงสำหรับการสร้างแบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำซึ่งสร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรม LabVIEW ทางคณะผู้จัดทำโครงงานนี้จะสมมติว่าผู้ที่ให้ความสนใจในโครงงานนี้มีความรู้และประสบการณ์การทำงานพื้นฐานทางคอมพิวเตอร์มาบ้างแล้ว โดยเฉพาะผ่านการเรียนรู้ระบบการทำงานคอมพิวเตอร์บนระบบปฏิบัติการ Windows มาพอสมควร จะทำให้เข้าใจหลักการและขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม LabVIEW ได้ [10]

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ

ในส่วนของบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานโดยกล่าวถึงตั้งแต่เริ่มแรกของการศึกษาและค้นคว้าหาข้อมูลของการจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ โดยใช้โปรแกรม LabVIEW เป็นโปรแกรมที่แสดงการเคลื่อนที่ของระบบ โดยก่อนที่จะเขียนโปรแกรม LabVIEW นี้จะต้องมีการศึกษาข้อมูลพื้นฐาน และกำหนดค่าตัวแปรต่างๆที่แบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ ดังนี้

1. กำหนดโมเดลที่จะสร้างขึ้นมา ว่าในระบบนั้นจะประกอบด้วยอุปกรณ์อะไรบ้าง มีการทำงานลักษณะไหน
2. กำหนดให้ระบบทำงานประเภทไหนระบบควบคุมแบบเปิด(Open-loop system)หรือระบบควบคุมแบบปิด(Close-loop system) มีเงื่อนไขของระบบเป็นอย่างไร
3. กำหนดให้ระบบจะต้องมีตัวแปรไหนบ้างที่จะต้องป้อนค่า (Input) ลงไปในโปรแกรม LabVIEW เพื่อให้เห็นภาพของการทำงานของระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ โดยใช้ข้อมูลจากอุปกรณ์จริงมาเป็นตัวกำหนดตัวแปรในโปรแกรมเพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมได้กำหนดค่าที่จะสั่งให้ระบบมีการทำงานตามที่กำหนด
4. ออกแบบระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ โดยจะเน้นให้หน้าต่างของโปรแกรมมีลักษณะเหมือนอุปกรณ์ทำงานจริงจะทำให้สะดวกและเข้าใจง่ายต่อการใช้โปรแกรม

3.2 การทำงานของแบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในโปรแกรม LabVIEW

ในการทดสอบโปรแกรมควบคุมระบบจำลองระดับน้ำในแท็งก์นี้สามารถปรับค่าตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อแบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำดังนี้

1. ค่าพื้นที่หน้าตัดของแท็งก์ (Tank Crossection Are, A)
2. ค่าเกณฑ์ของระบบ (Gain, K_t)
3. อัตราการไหลออกของน้ำในแท็งก์ (Out Flow Rate, Q_o)
4. ตัวกำหนดระดับน้ำในแท็งก์ (Tank Level Setpoint)
5. อัตราการไหลเริ่มต้น (Initial Flow Rate)
6. ค่าความสูงของระดับน้ำในแท็งก์เริ่มต้น (Tank Initial Height)

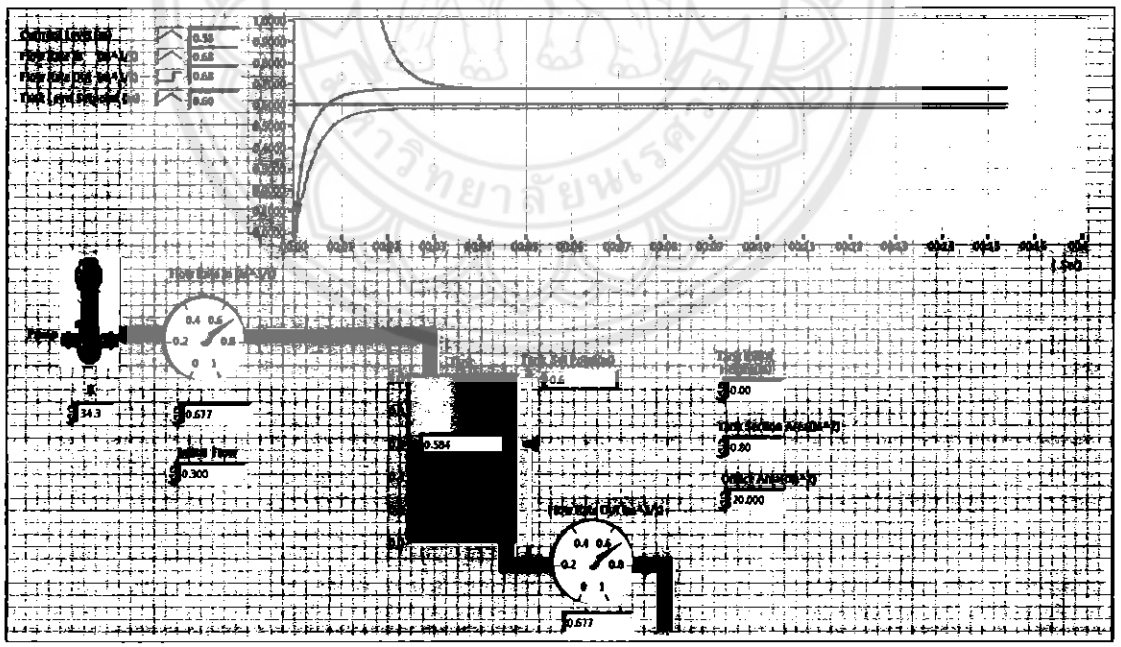
เปรียบเทียบกับเวลาที่ระบบจำลองใช้จนระบบเข้าสู่สมดุลว่ามีความสัมพันธ์กับแบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำอย่างไร และจุดที่สามารถปรับค่าได้คือระดับน้ำของแท็งก์น้ำขณะเริ่มต้น (Initial Tank) ขณะเริ่มทดสอบโปรแกรมสามารถปรับให้น้ำอยู่ในระดับสูงขึ้นหรือต่ำ เมื่อน้ำในแท็งก์น้ำขณะเริ่มต้นมีค่าใกล้เคียงกับระดับน้ำที่ต้องการกำหนดจะทำให้การเข้าสู่สมดุลของระบบใช้เวลาการเข้าสู่สมดุลเท่า

เดิม และอัตราการไหลขณะเริ่มต้นของปั๊มอัตราการไหลของปั๊ม (Initial Flow) สามารถปรับได้โดยจะกำหนดให้ขณะเริ่มโปรแกรม (Run) มีอัตราการไหลปริมาตรขนาดเท่าไร ทำให้เกิดค่าความผิดพลาดของระบบขึ้น และค่าที่สำคัญที่สุดของระบบนี้ก็คือค่า Gain ของระบบจะทำให้เห็นได้ชัดเลยว่าเมื่อปรับค่า K_i มากกับค่า K_i น้อยนำมาใช้เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ออกมาว่าเกิดค่าความผิดพลาดมากน้อยแค่ไหนดังนั้นควรเลือกใช้ค่าไหนที่ทำให้ระบบเกิดค่าความผิดพลาดน้อยและให้ผลการตอบสนองที่ดี

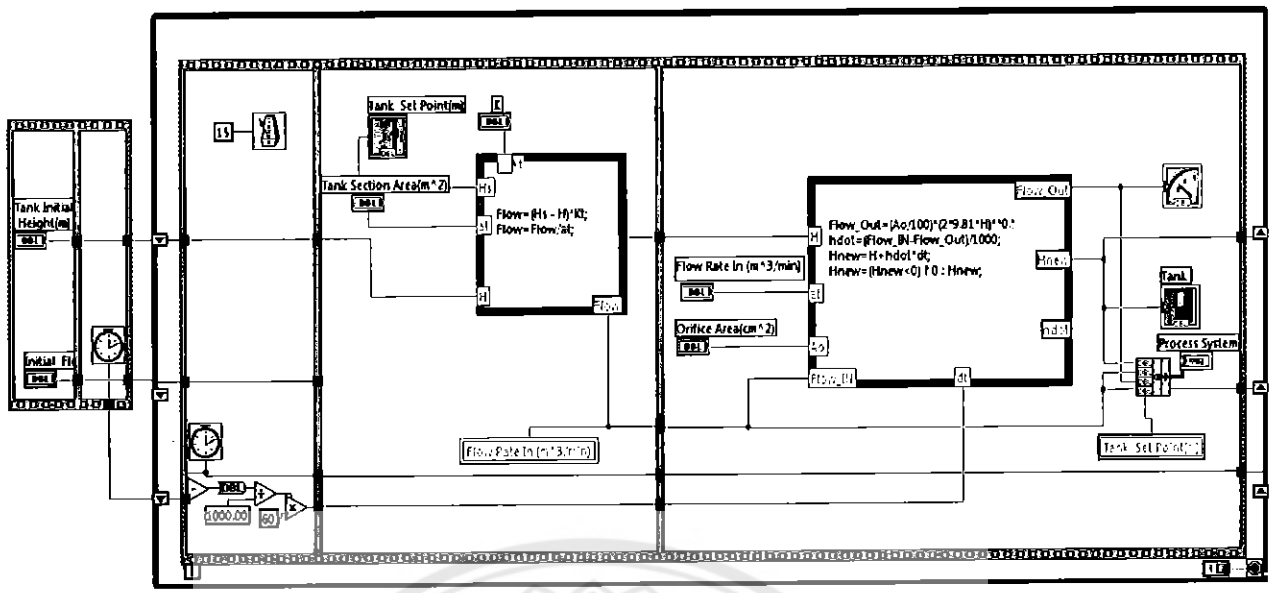
การปรับค่าต่างๆของระบบนี้ เราสามารถปรับค่าได้ในแบบจำลองระบบที่สร้างขึ้นโดยโปรแกรม LabVIEW เพื่อให้ผู้ที่สนใจศึกษา สามารถมองเห็นภาพการเปลี่ยนแปลงของระบบจากการปรับค่าดังกล่าวเป็นแบบภาพการเคลื่อนไหวของระบบทำให้มองเห็นการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำที่ควบคุมและอัตราการไหลของปั๊มและอัตราการไหลออกของน้ำในแท็งก์ (Out Flow Rate) และยังแสดงออกมาในรูปแบบกราฟแสดงความสัมพันธ์ของแบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ

3.3 ขั้นตอนในการเขียนโปรแกรม LabVIEW

ในหน้าต่างของโปรแกรม LabVIEW แสดงแบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำที่ประกอบด้วยภาพแสดงการเคลื่อนไหวของระบบจำลอง, อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบและกราฟแสดงความสัมพันธ์ของระบบซึ่งแสดงแบบจำลองระบบการควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แบบจำลองระบบการควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ

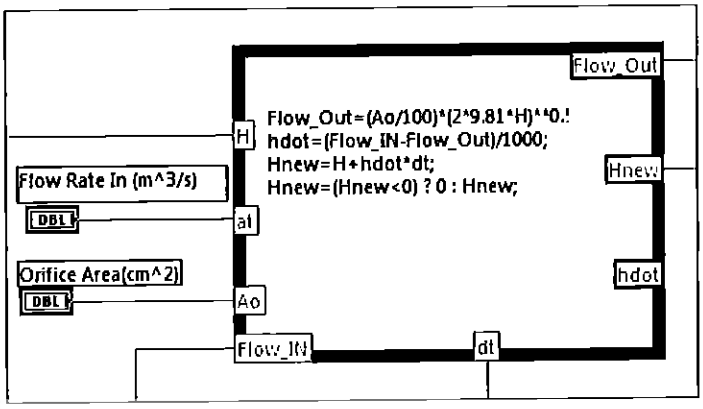


รูปที่ 3.2 คำสั่ง (Code) ทั้งหมดใน Block Diagram ของแบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ

ในส่วนของการเขียนคำสั่ง(Code) ทั้งหมดใน Block Diagram ของแบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ ประกอบด้วยจุดสำคัญดังนี้ คือ

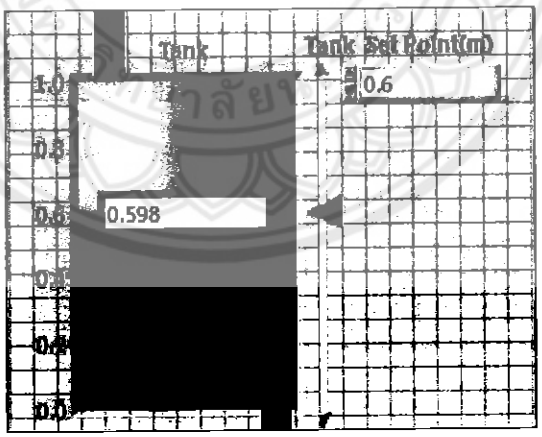
1. การเขียนคำสั่ง (Code) ของแท็งก์ ซึ่งในแท็งก์มีการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงมีความสัมพันธ์ของผลต่างระหว่างอัตราการไหลเข้ากับอัตราการไหลออกของน้ำในแท็งก์แล้วหารกับพื้นที่หน้าตัดของแท็งก์ ซึ่งได้สมาการดังนี้ $\text{Tank}: q_i - q_o = A\frac{dh}{dt}$ แต่ในคำสั่งที่สร้างขึ้นโดยโปรแกรม LabVIEW ไม่สามารถที่จะใส่สมการที่ได้มาลงไปได้เลย จึงสร้างฟังก์ชันการคำนวณโดยใช้ Formula Node มาเป็นตัวคำนวณในคำสั่งของแท็งก์ ในการสร้างฟังก์ชันการคำนวณโดยใช้ Formula Node จะต้องประกาศตัวแปรเพื่อเป็นค่าที่ป้อนให้กับการคำนวณ ซึ่งการประกาศตัวแปรจะต้องมีความสัมพันธ์กับสมการของแท็งก์ที่กำหนดไว้ โดยอินพุท (Input) ที่ป้อนให้กับ Formula Node นำข้อมูลมาคำนวณ คือ ความสูงของแท็งก์(H), พื้นที่หน้าตัดของแท็งก์ (at), อัตราการไหลออกของแท็งก์ (R), อัตราการไหลเข้า (Flow_IN), เวลาของระบบ (dt) และจะได้เอาท์พุท (Output) คือ อัตราการไหลออก(Flow_Out), ค่าความสูงใหม่ (Hnew), ค่าความสูงเทียบเวลาขณะนั้น (hdot)

การใช้ Formula Node คำนวณในส่วนของแท็งก์ดังรูปที่ 3.3



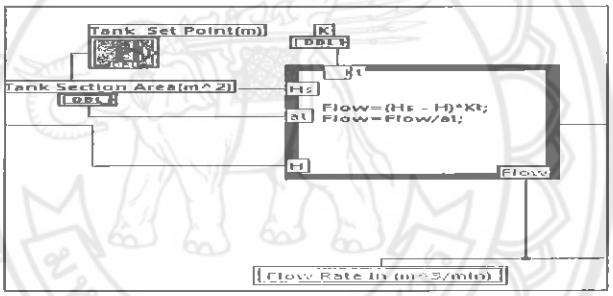
รูปที่ 3.3 การใช้ Formula Node มาคำนวณในแท็งก์

2. เขียนคำสั่ง (code) ของแท็งก์น้ำเพื่อแสดงค่าความสัมพันธ์ของระดับน้ำในแท็งก์น้ำและกำหนดค่าของระดับน้ำในแท็งก์ได้ตามที่ผู้ใช้โปรแกรมกำหนด ซึ่งตัวปรับค่าความสูงของระดับน้ำในแบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำสามารถใช้เมาส์คลิกเลื่อนขึ้นหรือลงตามที่กำหนดได้ ในหน้าต่างของแบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำจะมีตัวเลขบอกระดับน้ำในแท็งก์ ณ เวลานั้นทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดระดับความสูงของน้ำ (Depth transducer) ของระบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.4



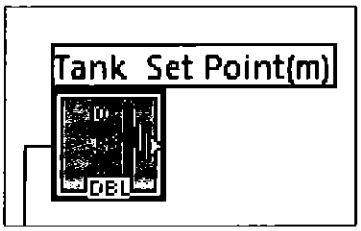
รูปที่ 3.4 ค่าความสูงของระดับน้ำซึ่งวัดค่าโดยอุปกรณ์วัดระดับความสูงของน้ำในแท็งก์ (Depth Transducer) และตัวปรับระดับน้ำในแท็งก์ (Tank setpoint) ที่ใช้เมาส์เลื่อนกำหนดระดับน้ำในแท็งก์น้ำ

3. การเขียนคำสั่ง (Code) การคำนวณค่าความผิดพลาดของระบบทำให้ได้อัตราการไหลของน้ำเข้าแท็งก์ กำหนดเงื่อนไขให้ปั๊มน้ำและระดับน้ำในแท็งก์น้ำมีความสัมพันธ์กับอัตราการไหล โดยอัตราการไหลเข้าของน้ำสามารถคำนวณและวิเคราะห์โดยใช้ค่าความผิดพลาดของระบบ (error steady state ,V_E) ซึ่ง $V_E = K_t(H_R - H_{(i)})$ และ $q_i = (V_E)(K_t)$ รับข้อมูลจากค่าเริ่มต้นของระดับน้ำในแท็งก์น้ำจากผู้ใช้โปรแกรมว่าจะกำหนดให้ระดับน้ำในแท็งก์น้ำขณะเริ่มต้นอยู่ในระดับเท่าไร และเป็นส่วนที่ควบคุมอัตราการไหลของปั๊มน้ำโดยการคำนวณจะนำค่าระดับน้ำที่กำหนด (Tank Level Setpoint) เทียบกับระดับน้ำขณะนั้น นำค่ากลับมาวนลูปคำนวณหาจนได้ค่าความผิดพลาดของระบบเข้าใกล้ศูนย์ เพื่อทำให้ระบบเข้าสู่สมดุลตามเงื่อนไขของค่าเกณฑ์ของระบบ(gain ,K_t)ที่กำหนดไว้ การสร้างการคำนวณค่าความผิดพลาดของระบบจะเริ่มจากการเรียกใช้เครื่องการคำนวณทางคณิตศาสตร์ในโปรแกรม LabVIEW ที่เรียกว่า Formula Node และทำการประกาศตัวแปรให้สอดคล้องกับสมการ $V_E = K_t(H_R - H_{(i)})$และ $q_i = (V_E)(K_t)$เพื่อรับข้อมูลมาคำนวณและส่งค่าที่คำนวณได้ออกมาส่งต่อไปให้กับลูปการคำนวณถัดไปดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การคำนวณค่าความผิดพลาดของแบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์

4. คำสั่ง (Code) ของตัวควบคุมระดับน้ำ (Tank Level Setpoint)
เรียกใช้เครื่องมือในโปรแกรม LabVIEW ที่เรียกว่า Numeric Control มาสร้างตัวควบคุมระดับน้ำให้กับแบบจำลอง



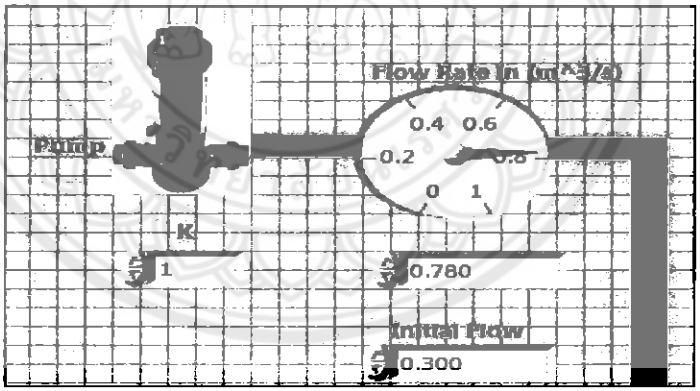
รูปที่ 3.6 ตัวควบคุมระดับน้ำ (Tank Level Setpoint) ที่สร้างโดยใช้ เครื่องมือ Numeric Control

5. คำสั่ง (Code) ของค่าความสูงเริ่มต้นของแท็งก์และอัตราการไหลเริ่มต้นของปั๊มน้ำ

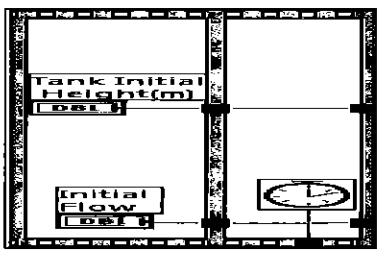
เขียนคำสั่ง (code) การทำงานของปั๊มน้ำในโปรแกรม LabVIEW ขึ้นมาและกำหนดการทำงานของปั๊มน้ำว่าให้ปั๊ม ที่ส่งน้ำเข้าแท็งก์น้ำเพื่อให้ระดับน้ำในระบบถึงระดับที่กำหนดไว้ในแท็งก์น้ำ (Tank Level Setpoint) ตามที่ผู้ใช้โปรแกรมกำหนดไว้ว่าจะให้ระดับน้ำในแท็งก์น้ำมีระดับน้ำอยู่ในระดับใด โดยที่ปั๊มจะเริ่มจ่ายน้ำเข้าแท็งก์น้ำอยู่ตลอดเพื่อปรับระดับน้ำในแท็งก์น้ำให้เข้าสู่จุดที่กำหนดระดับน้ำในแท็งก์ เพื่อให้ระบบสมดุล โดยกำหนดอัตราการไหลของน้ำที่ปั๊มน้ำจ่ายเข้าแท็งก์น้ำลูกบาศก์เมตร ต่อ นาที (m^3/min) การป้อนค่าระดับความสูงที่กำหนดเป็นค่า อินพุท (Input) ของระบบ โดยมีเงื่อนไขของแท็งก์น้ำ คือ

$$\text{Tank}: q_i - q_o = A\frac{dh}{dt}$$

เพื่อแสดงหน้าตาของปั๊มและบอกค่าอัตราการไหลของปั๊มน้ำ (Flow Rate In)ให้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถทราบค่าของอัตราการไหลของปั๊มน้ำขณะนั้นว่ามีอัตราการไหลปริมาตรเท่าไร โดยบนหน้าต่างของโปรแกรมจะแสดงค่าของอัตราการไหลแสดงเป็นเกทวาล์ววัด (Gate) แบบอนาล็อก (Analog) กับแบบดิจิตอล (Digital) ให้ผู้ใช้โปรแกรมได้เห็นบนหน้าจอและยังมีค่าเริ่มต้นของอัตราการไหลของปั๊มน้ำ(Initial Flow) ที่ผู้ใช้โปรแกรมสามารถกำหนดเองได้ และกำหนดค่า K ของระบบ ซึ่งการเขียนคำสั่งจะเป็นการเรียกใช้เครื่องมือในโปรแกรม LabVIEW ที่เรียกว่า Numeric Control และ Flat sequence Structure มาสร้างดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงค่าอัตราการไหล (Flow Rate), อัตราการไหลเริ่มต้น (Initial Flow Rate)



รูปที่ 3.8 คำสั่ง (Code) ของค่าความสูงเริ่มต้น (Tank Initial Height) และอัตราการไหลเริ่มต้น (Initial Flow)

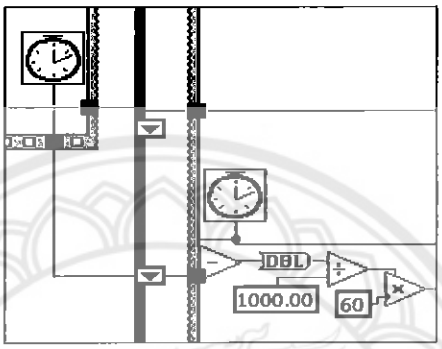
ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

I 5070491.

6. คำสั่ง (Code) ของการสร้างเวลาของระบบ

เขียนคำสั่ง (Code) ของการสร้างเวลาของระบบเพื่อกำหนดให้ระบบมีการคำนวณออกมาในเทอมของเวลา(Time domain) เพื่อเป็น dt ของระบบโดยใช้ เครื่องมือที่ชื่อว่า Tick Count ในโปรแกรม LabVIEW เมื่อ Tick Count สร้างช่วงเวลามาค่าหนึ่งก็จะส่งข้อมูลของค่าเวลาที่สร้างมาส่งไปยังลูปที่อยู่ถัดไปแล้วนำค่าของเวลามาหารกับ 1000 เพื่อแปลงหน่วยเป็นวินาทีแล้วจากนั้นคูณ 60 เพื่อสร้างให้เป็นนาที โดยที่ Tick Count สร้างเวลาออกมามีหน่วยเป็น milliseconds ดังแสดงในรูปที่ 3.9

มร.
กง41ข
2551.
e.2



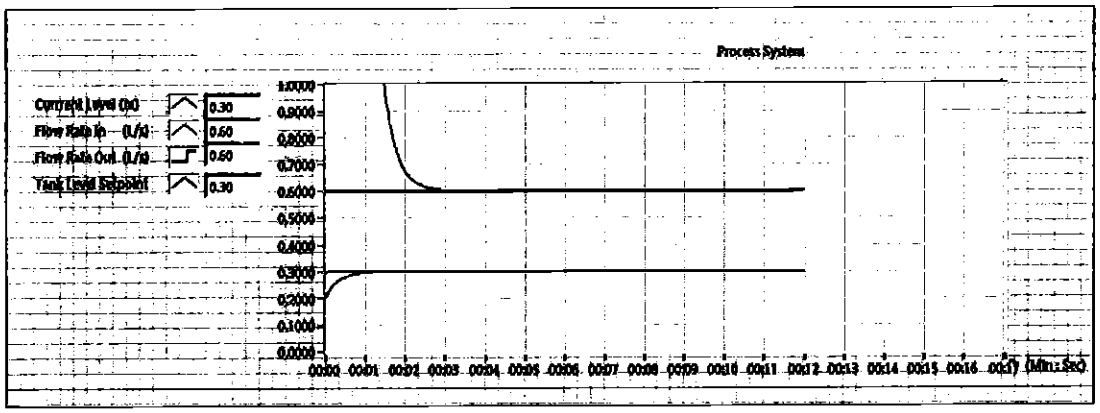
รูปที่ 3.9 การสร้างลูปเวลาของระบบ

7. คำสั่ง (Code) ของการป้อนค่าความสูงกลับมาคำนวณใหม่ในระบบ

การป้อนค่าความสูงกลับมาคำนวณใหม่ในระบบจะใช้ While Loop รับค่าจากฟังก์ชันการคำนวณของแท็งก์ได้ค่าความสูงใหม่เกิดขึ้นและนำค่าที่ได้วนลูปกลับไปคำนวณในส่วนของฟังก์ชันการคำนวณหาค่าความผิดพลาดของระบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.1

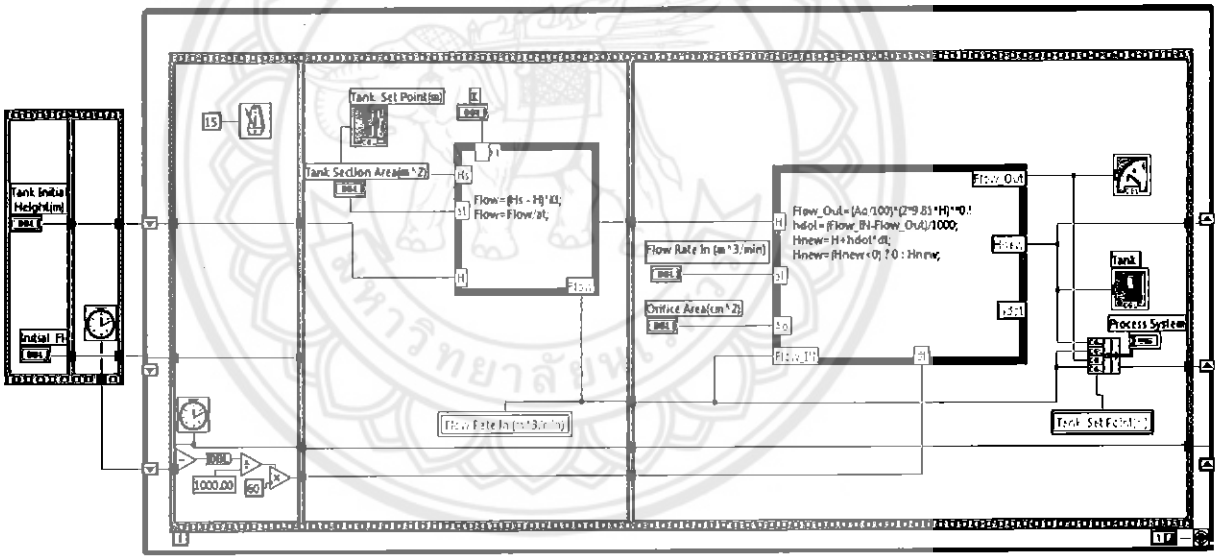
8. คำสั่ง (Code) ของการสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าต่างๆในระบบ

พิจาณาแบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์และต้องการให้ระบบแสดงค่าอัตราการไหลเข้า, อัตราการไหลออก, ระดับน้ำที่ต้องการควบคุมในแท็งก์ และเวลาที่ระบบใช้ แล้วนำมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์เพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมได้ใช้วิเคราะห์ถึงการเข้าสู่สมดุลของแบบจำลองระบบการควบคุม ระดับน้ำในแท็งก์น้ำ ในการสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของแบบจำลองระบบการควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ โดยใช้โปรแกรม LabVIEW จะเรียกชุดเครื่องมือ ที่เรียกว่า Process System มาเป็นตัวสร้างกราฟ และเรียกเครื่องมือที่เรียกว่า Bundle มาเป็นตัวรวมว่าต้องการจะนำค่าอะไรมาแสดงในกราฟสร้างขึ้นมา เมื่อนำค่าตัวแปรที่กำหนดไว้มาเข้าที่กราฟ จะได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแบบจำลองระบบการควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ ดังรูปที่ 3.10



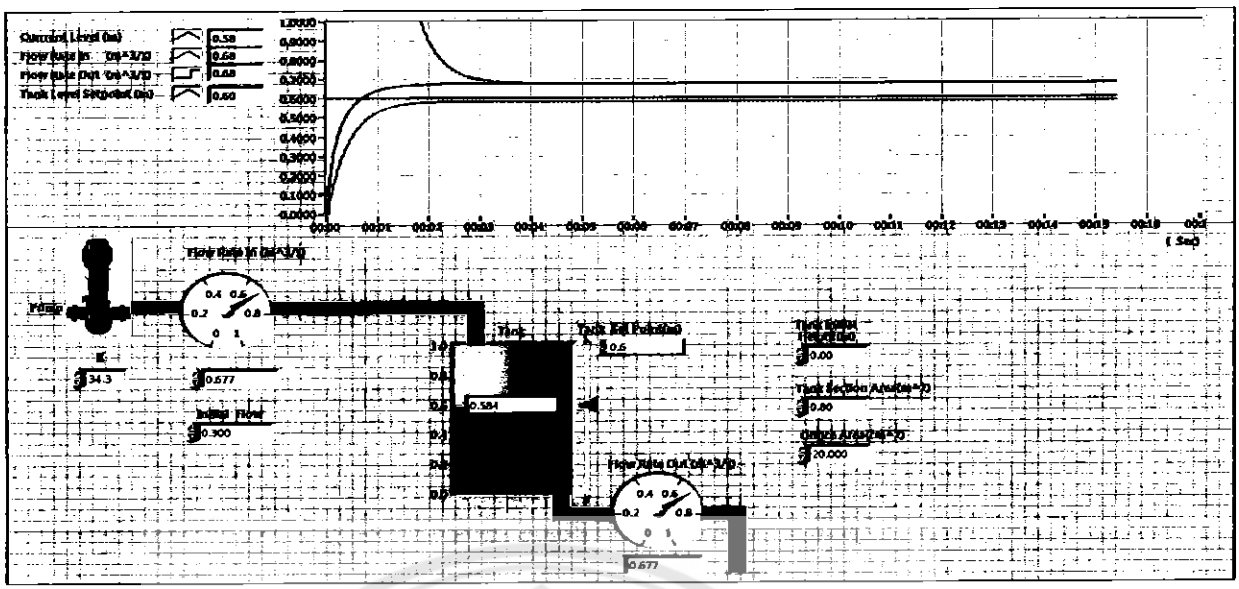
รูปที่ 3.10 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของระบบ

9. นำคำสั่ง (Code) ที่เขียนไว้ตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 8 ทำการส่งข้อมูลผ่านลูป (Loop) และสร้างฟังก์ชั่นของ While Loop โดยนำคำสั่ง (Code) จากข้อ1 ถึงข้อ 8 มาต่อสายกัน (Wiring Tool) จะได้ดังรูปที่ 3.11



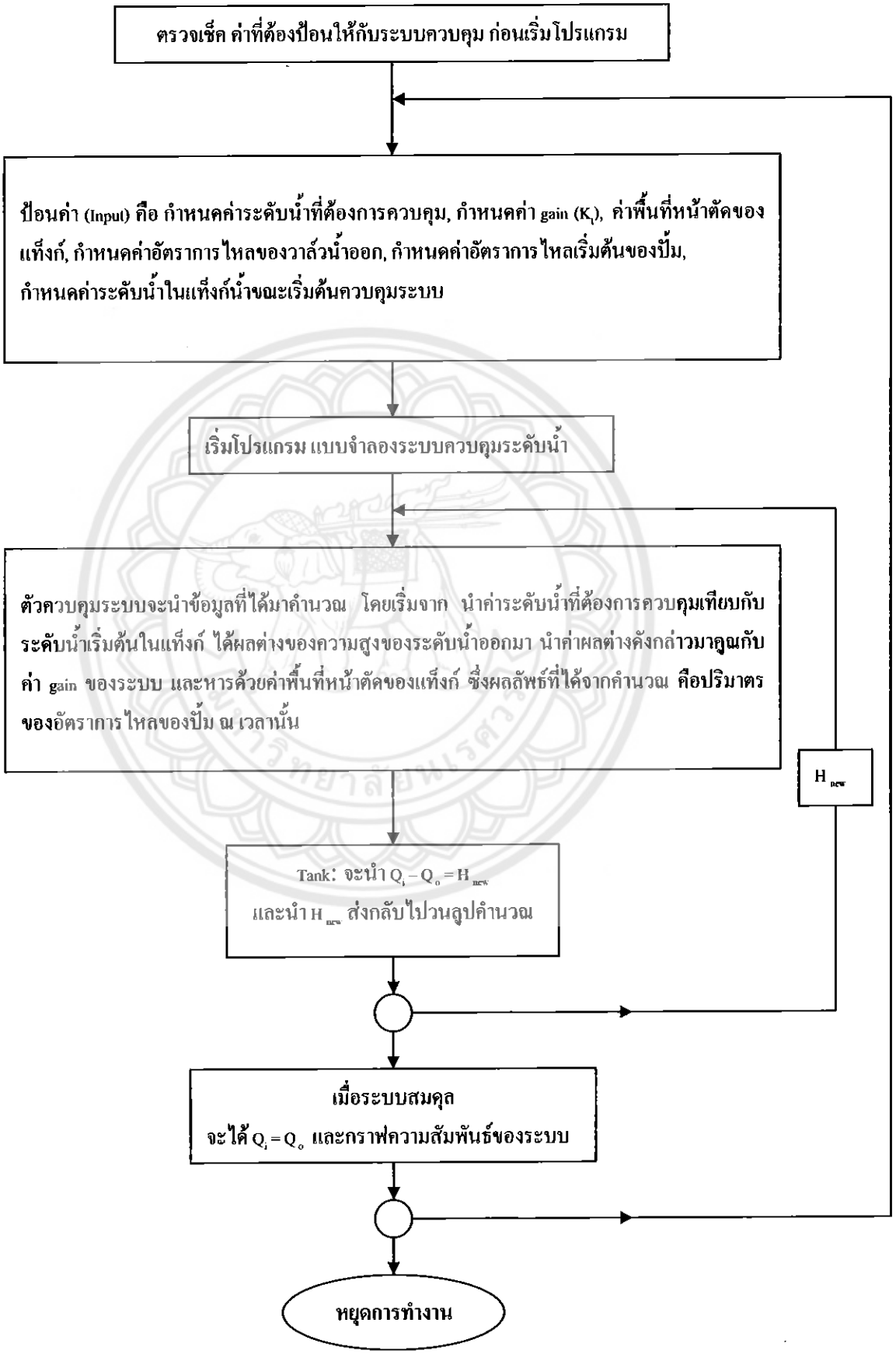
รูปที่ 3.11 แสดงคำสั่ง (Code) ทั้งหมดในแผนภาพบล็อก (Block Diagram) ของแบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ

เมื่อนำคำสั่ง (Code) ทำตามขั้นตอนที่ 1ถึงขั้นตอนที่ 9 จะได้แบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำที่อยู่บน Front panel หน้าต่างโปรแกรม LabVIEW ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ บนหน้าต่าง Front Panel **ของโปรแกรม** LabVIEW

แผนผังขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์



บทที่ 4
การวิเคราะห์ผล

จากทฤษฎีของระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์ จะแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของกระบวนการทำงานระหว่างโปรแกรม และการคำนวณจากทฤษฎี พบว่ามีความสอดคล้องกัน ผลจากทั้งโปรแกรม และการคำนวณจากทฤษฎีให้ค่าที่เท่ากัน ดังนี้

ถ้าต้องการควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำให้มีความสูง 0.6 m โดยกำหนดให้ พื้นที่หน้าตัดของแท็งก์เป็น 0.8 m^2 และวาล์วน้ำออกมีอัตราการไหลเป็น 0.7m^3/min เมื่อระบบเข้าสู่สมดุลจากทฤษฎีของระบบควบคุมแบบจำลองของแท็งก์ อัตราการไหลเข้าจะต้องเท่ากับอัตราการไหลออกของน้ำในแท็งก์

ผลการคำนวณจากทฤษฎี

$$G(s) = \frac{K}{s(As + R + K)}$$

$$e^{\infty}_{step} = \frac{(s + \frac{1}{-})}{(1 + \frac{K}{0.7})}$$

โดยที่

K คือ ค่าเกณฑ์ของระบบ (gain)

e^{∞} คือ ค่าความผิดพลาดของระบบ (Steady state error)

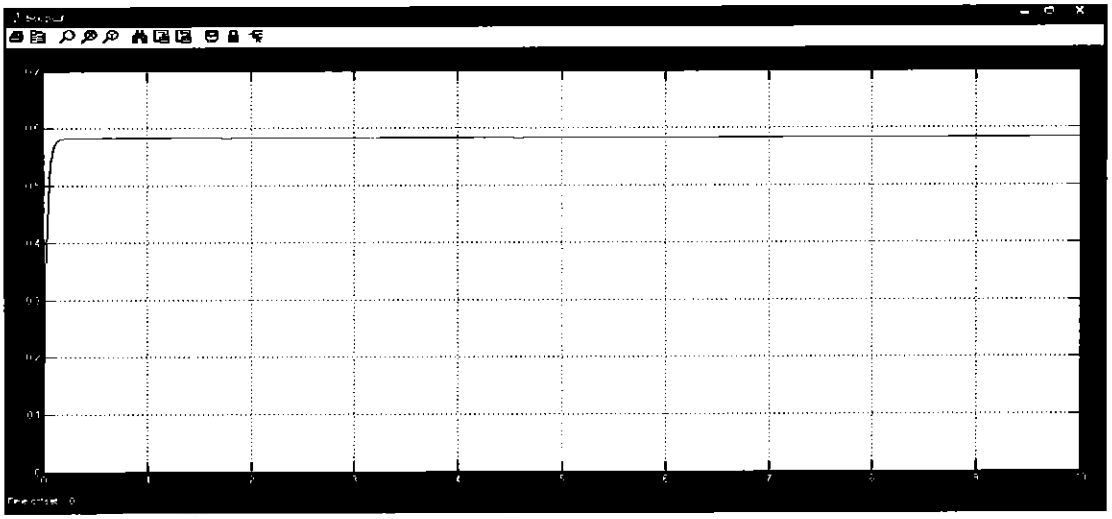
กำหนดให้ค่า $K = 1 \longrightarrow e^{\infty} = 41.176\%$

กำหนดให้ระบบมีค่าความผิดพลาดของระบบได้ 2% $\longrightarrow$ K = 34.3

เมื่อแทนค่า K = 34.3 จะได้เวลาการเข้าสู่สมดุลของระบบเป็น 0.023 วินาที การคำนวณอย่างละเอียดทั้งหมดแสดงในภาคผนวก ก

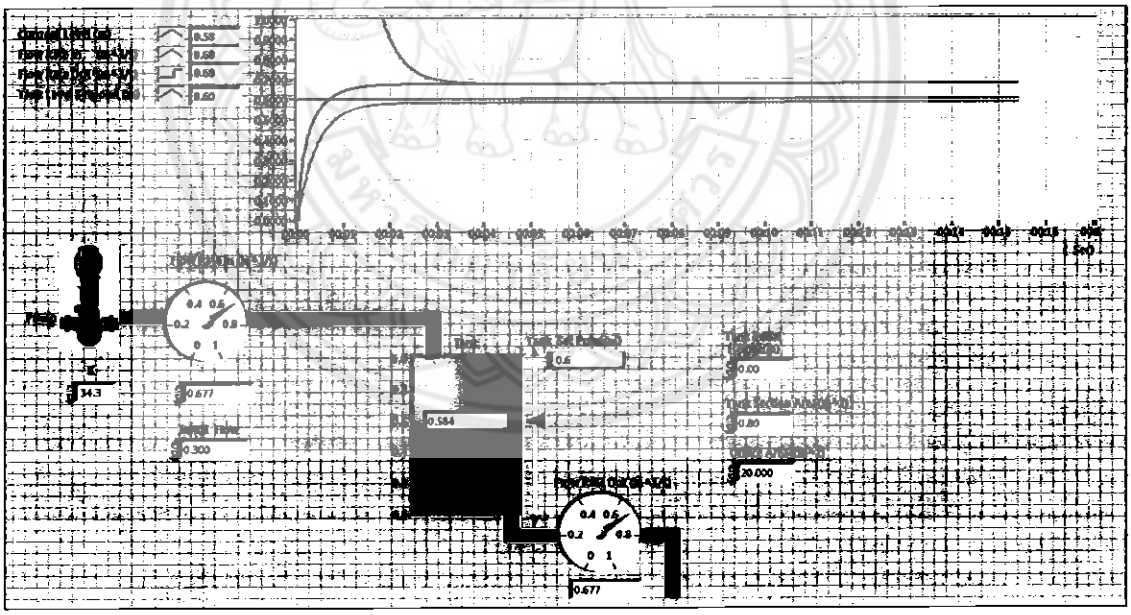
ผลจากการคำนวณโดยโปรแกรม MATLAB

เมื่อกำหนดให้ค่า เกณฑ์ของระบบ (gain) เท่ากับ 34.3 ผลจากการประมวลผลจากโปรแกรมได้ระดับน้ำในแท็งก์ 0.58 m และระบบใช้เวลาในการเข้าสู่สมดุลเท่ากับ 0.03 วินาที แสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ของระบบออกมาดังรูป

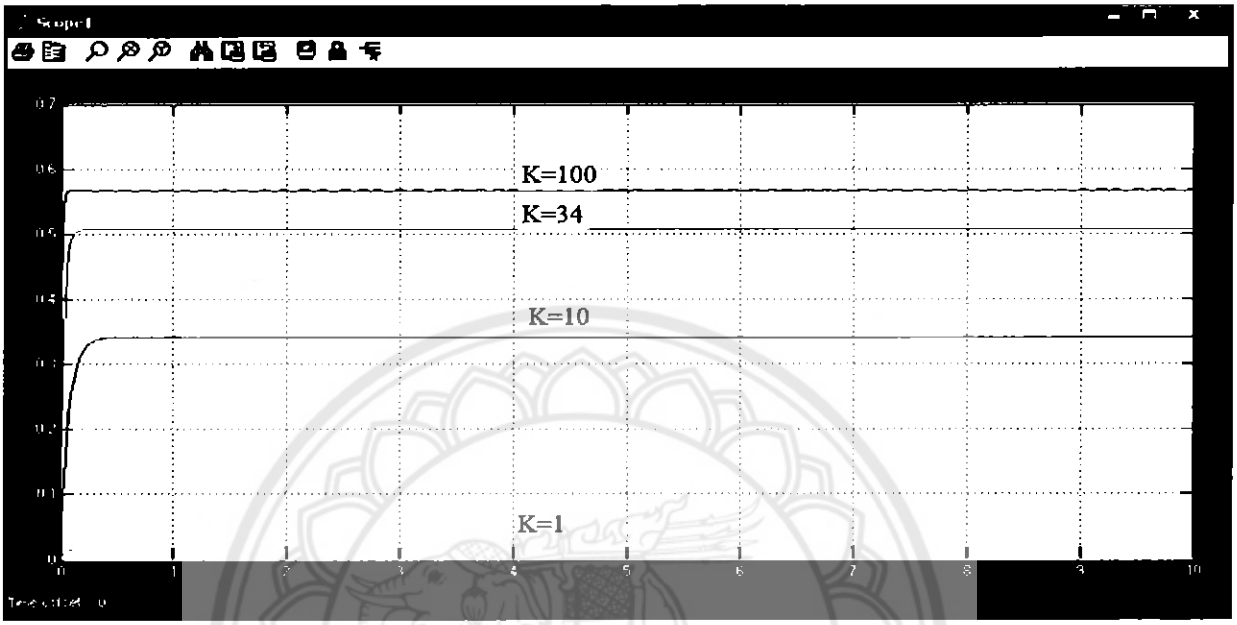


ผลการคำนวณโดยใช้โปรแกรม LabVIEW

เมื่อ กำหนดค่า K = 34.3 ทำให้ปั๊มมีอัตราการไหลเข้าเท่ากับอัตราการไหลออกจากแท็งก์น้ำ นั่นคือ 0.68 m^3/sec และความสูงของระดับน้ำที่ต้องการเป็น 0.6 m และระบบใช้เวลาที่เข้าสู่สมดุลประมาณ 0.023 วินาทีแล้วแสดงกราฟความสัมพันธ์ของระบบออกมา ดังรูป



เมื่อ กำหนดค่า K ของระบบเพื่อเปรียบเทียบให้เห็นความแตกต่างของการเข้าสู่สมดุล และความผิดพลาดที่เกิดขึ้น กำหนด ความสูงของระดับน้ำที่ต้องการเป็น 0.6 m กำหนดค่า K= 1, 10, 34, 100 ตามลำดับ แสดงกราฟความสัมพันธ์ของระบบออกมา ดังรูป



บทที่ 5
บทสรุป

5.1สรุปผลการทดลองโปรแกรม

จากการศึกษาโปรแกรม LabVIEW และวิชาการควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control Engineering) สามารถนำมาประยุกต์เข้าด้วยกันและได้สร้างแบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ ซึ่งวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม LabVIEW มานำเสนอแบบจำลอง จากการศึกษาโปรแกรม LabVIEW ทำให้เปรียบได้กับการนำเอาการคำนวณจากทฤษฎีและโปรแกรม MATLAB เข้ามารวมคำนวณด้วยกัน แต่โปรแกรม LabVIEW จะมีการนำเสนอออกมาเป็นภาพเคลื่อนไหวที่นำมาสร้างเป็นแบบจำลองต่างๆได้ แต่โปรแกรม LabVIEW มีการเขียนคำสั่ง (Code) เป็นแบบภาษา G ทำให้ผู้เขียนโปรแกรมลดปัญหาการสะกดคำผิดและยังสามารถเข้าใจในด้านการเขียนโปรแกรม LabVIEW ได้เร็วขึ้น แบบจำลองที่สร้างขึ้นมาสามารถนำไปต่อกับระบบควบคุมภายนอกได้อีกด้วย

จากการนำสมการจากทฤษฎีของระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ พบว่าสมการของแบบจำลองการควบคุมระดับเป็นสมการการอนุพันธ์อันดับหนึ่ง (First Order Equation) กราฟการตอบสนองของระบบเป็นแบบการหน่วงวิกฤติ (Critical Damped Respond) แบบจำลองการควบคุมระดับน้ำที่ผู้จัดทำสร้างขึ้นมานี้เป็นระบบที่เสถียรคือค่าเกณฑ์ของระบบ (gain) สามารถเป็นได้ตั้งแต่ศูนย์ถึงค่าอนันต์ (Infinity) เมื่อนำไปแทนค่าในสมการของแบบจำลองการควบคุมระดับน้ำแล้วยังทำให้ระบบอยู่ในสภาวะเสถียรภาพ ดังนั้น ค่าโพล (Pole) ของระบบจึงอยู่บนแกนจำนวนจริง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณเมื่อเพิ่มค่าเกณฑ์ (gain) ของระบบทำให้ระบบใช้เวลาการเข้าสู่สมดุลได้เร็วขึ้นและระบบเกิดค่าความผิดพลาดลดลง เมื่อระบบเข้าสู่สมดุลอัตราการไหลเข้าและออกของน้ำในแท็งก์ มีอัตราการไหลที่เท่ากันแต่การคำนวณนี้ไม่สามารถเห็นภาพการเปลี่ยนแปลงของระบบและการเคลื่อนที่ของระดับน้ำในแท็งก์น้ำ ส่วนผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม MATLAB พบว่าเวลาที่ระบบใช้ก่อนเข้าสู่สมดุลและค่าความผิดพลาดแปรผกผันกับค่าเกณฑ์(gain) ของระบบ แต่ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงออกมาให้เห็นเพียงกราฟของการตอบสนองของระบบเท่านั้น จะไม่เห็นภาพการเคลื่อนที่ของระดับน้ำในแท็งก์ ส่วนผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม LabVIEW พบว่าเมื่อเพิ่มค่าเกณฑ์ (gain) ของระบบจะแปรผกผันกับการใช้เวลาการเข้าสู่สมดุลของระบบและแปรผกผันกับค่าความผิดพลาดของระบบ ส่วนอัตราการไหลเข้าและออกของน้ำในแท็งก์จะมีอัตราการไหลที่เท่ากันเมื่อระบบอยู่ในสภาวะสมดุล การคำนวณนี้ยังสามารถทำให้ผู้ใช้โปรแกรมเห็นภาพการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำและการทำงานของอุปกรณ์ในระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ จากแบบจำลองที่ผู้จัดทำได้สร้างขึ้นมาโดยอ้างอิงจากเนื้อหา วิชา การควบคุมอัตโนมัติ ทำให้นักศึกษาที่เรียนในรายวิชานี้ เมื่อได้เข้ามาใช้แบบจำลองการควบคุมระดับน้ำของทางคณะผู้จัดทำสร้างขึ้นมานี้ จะสามารถจินตนาการตามสมการหรือเนื้อหาที่เรียนทำให้เกิดความเข้าใจและความสนใจที่จะเรียนในรายวิชา การควบคุมอัตโนมัติมากขึ้นกว่าเดิม

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าแบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ ที่สร้างขึ้นมาโดยใช้โปรแกรม LabVIEW เป็นไปตามทฤษฎีของระบบการควบคุมระดับน้ำในแท็งก์ตามที่ได้ค้นคว้ามา ซึ่งพิสูจน์หาทั้งการนำไปคำนวณด้วยสมการจากทฤษฎี ทั้งการใช้โปรแกรม MATLAB และโปรแกรม LabVIEW ได้ผลลัพธ์ออกมาที่เหมือนกันและตรงตามทฤษฎีที่ได้ศึกษามา

5.2 ปัญหาที่พบ

1. ขณะเริ่มเขียนโปรแกรม LabVIEW ทางคณะผู้จัดทำไม่มีความรู้พื้นฐานในด้านการเขียนโปรแกรม ทำให้ต้องใช้เวลาศึกษาการเขียนโปรแกรมตั้งแต่เริ่มแรก
2. การเขียนโปรแกรม LabVIEW มีความซับซ้อนกว่าการเขียนในโปรแกรม Mat Lab เพราะว่าโปรแกรม LabVIEW มีการเขียนคำสั่งในเทอมของเวลาทำให้ต้องเอาเวลาเข้ามาใช้คำนวณด้วย

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ถ้าต้องการให้ระบบที่มีการตอบสนองที่ดีขึ้นควรมีการใช้ PID Control หรือ Fuzzy Logic Control ในโปรแกรม LabVIEW มาช่วยในการประมวลผลในโปรแกรม
2. เพิ่มค่าระยะเวลาเริ่มต้น (Rise Time, T_r) และค่าระยะเวลาเข้าสู่สมดุล (Settling Time ,T_s) เพิ่มเข้าไปในโปรแกรม LabVIEW ด้วย
3. ควรมีการพัฒนาระบบจำลองการควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำให้สามารถใช้กับงานจริงได้หรือนำมาเพิ่มใน Lab รายวิชา การทดลองของวิศวกรรมเครื่องกล (Lab Mechanical Engineering) ที่อยู่ในหลักสูตรการศึกษาของวิศวกรรมเครื่องกล เพื่อให้นิสิตได้ศึกษาระบบควบคุม

เอกสารอ้างอิง

[1] Norman S. Nise International Student Version, Control System Engineering, Fifth Edition

[2] กิจไพบูลย์ ชีวพันธุศรี, การออกแบบแอพพลิเคชันในระบบกราฟิกด้วย LabVIEW, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2550

[3] Bohdan T. Kulakowski, Dynamic Modeling and Control of Engineering System, Third Edition, Cambridge University Press

[4] Katsuhiko Ogata, University of Minnesota, Modern Control Engineering, Second Edition, Prentice-Hall International, Inc

[5] http://techteach.no/labview/ (กุมภาพันธ์ 2552)

[6] http://www.sut.ac.th/e-texts/Eng/Automatic/chapter21.htm (พฤษภาคม 2552)

[7] http://www.sut.ac.th/e-texts/Eng/Automatic/chapter33.htm (พฤษภาคม 2552)

[8] http://www.sut.ac.th/e-texts/Eng/Automatic/chapter341.htm (พฤษภาคม 2552)

[9] http://www.sut.ac.th/e-texts/Eng/Automatic/chapterS342.htm (พฤษภาคม 2552)

[10] http://electronic.rmutl.ac.th/webboard/index.php?action=dlattach;topic=57.0;attach=2565 (มีนาคม 2552)

ภาคผนวก ก

1. การคำนวณจากทฤษฎีการควบคุมระดับน้ำในแท็งก์

ตัวอย่างการคำนวณที่ 1.

กำหนดให้ พื้นที่หน้าตัดของแท็งก์เป็น 0.8 m^2 และวาล์วน้ำออกมีอัตราการไหลเป็น 0.7 m^3/min ต้องการควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำให้มีความสูง 0.6 m เมื่อระบบเข้าสู่สมดุลจากทฤษฎีของระบบควบคุมแบบจำลองของแท็งก์ อัตราการไหลเข้าจะต้องเท่ากับอัตราการไหลออกของน้ำในแท็งก์

วิธีทำ จากสมการของระบบ $G(s)=\dfrac{K}{s(As+R+k)}$

กำหนดให้ A เป็นพื้นที่หน้าตัดของแท็งก์, R เป็นค่าอัตราการไหลออก, K เป็นค่าเกณฑ์ของระบบ

$$G(s)=\frac{K}{s\ \ s+(\frac{R}{A}+\frac{K}{A})}$$

ทำการ Inverse Laplace สมการจะได้

$$y(t)=L^{-1}Y(s)$$

ดังนั้น จะมีการตอบสนองในเทอมเวลา

$$y(t)=L^{-1}Y(s)=L^{-1}\left[\frac{K}{s}-\frac{K}{s+(\frac{R}{A}+\frac{K}{A})}\right]$$

ซึ่งจะทำให้ได้สมการสุดท้ายเพื่อใช้ในการหาค่าคงที่ของเวลา คือ

$$y(t)=K(1-e^{-(\frac{R}{A}+\frac{K}{A})t})$$

แทนค่า A และ R ตามที่โจทย์กำหนด

$$y(t)=K(1-e^{-(\frac{0.7}{0.8}+\frac{K}{0.8})t})$$

กำหนดให้ระบบมี Steady state error ได้ 2%

จากสมการของแท็งก์ $G(s)=\dfrac{K_1}{0.8s+0.7}$

$$e^{*}=\lim_{s\to 0}\frac{s(R_{(s)})}{1+G_{(s)}}$$

$$=\frac{(s+\frac{1}{s})}{(1+\frac{K}{0.7})}$$

แทนค่า K = 1 จะได้

$$=\frac{(s+\frac{1}{s})}{(1+\frac{1}{0.7})}$$

$$= 41.176\%$$

กำหนดให้ $e^{-x} = 0.02$ จะได้

$$0.02 = \frac{1}{1+\frac{K}{0.7}}$$

$$0.02 + \frac{0.02K}{0.7} = 1$$

$$\frac{0.02K}{0.7} = 0.98$$

$$0.02K = 0.686$$

$$K = 34.3$$

จาก

$$y(t) = K(1 - e^{-(\frac{0.7}{0.8}+\frac{K}{0.8})t})$$

ซึ่ง

$$e^{-(\frac{0.7}{0.8}+\frac{K}{0.8})t} = e^{-at}$$

แทนค่า K ที่ได้จากการคำนวณ จะได้ว่า

$$e^{-(\frac{0.7}{0.8}+\frac{34.3}{0.8})t} = e^{-at}$$

ดังนั้น

$$a = (\frac{0.7}{0.8}+\frac{34.3}{0.8}) = 43.75$$

$$t = \frac{1}{a} = \frac{1}{43.75} = 0.023\text{sec}$$

2. การคำนวณหาตำแหน่งของโพลบนระนาบเอส

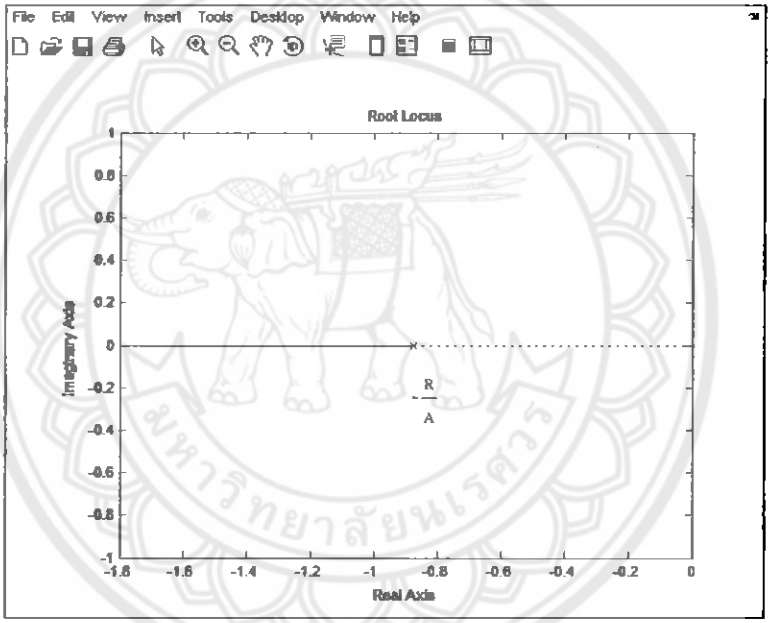
จากสมการของแท็งก์ : $G(s) = \frac{1}{As + R}$

จากทฤษฎีการหาตำแหน่งของโพล จะได้ว่า

$$As + R = 0$$

$$s = -\frac{R}{A}$$

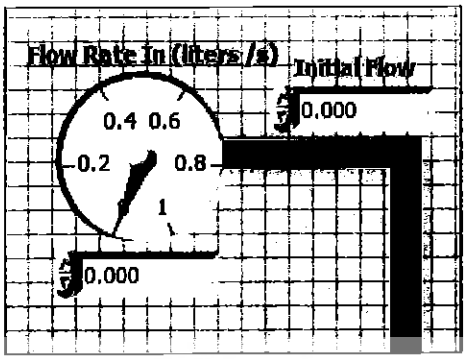
นำค่าจากการคำนวณมาใส่ในโปรแกรม MATLAB เพื่อหาทางเดินของรากจากตำแหน่งของโพล แสดงดังรูปที่ ก-1



รูปที่ ก-1 ตำแหน่งของโพลจากทฤษฎีของแท็งก์

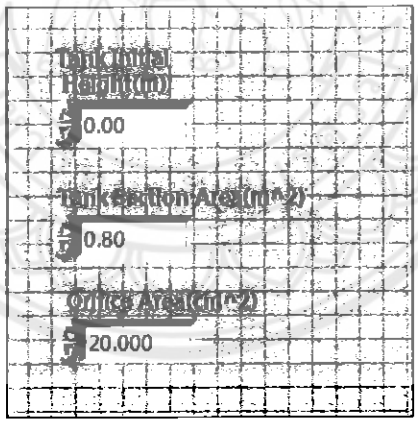
3. ผลการคำนวณจากโปรแกรม LabVIEW

1. ปรับค่าอัตราการไหลเริ่มต้น (Initial Flow) = 0.00 L/s



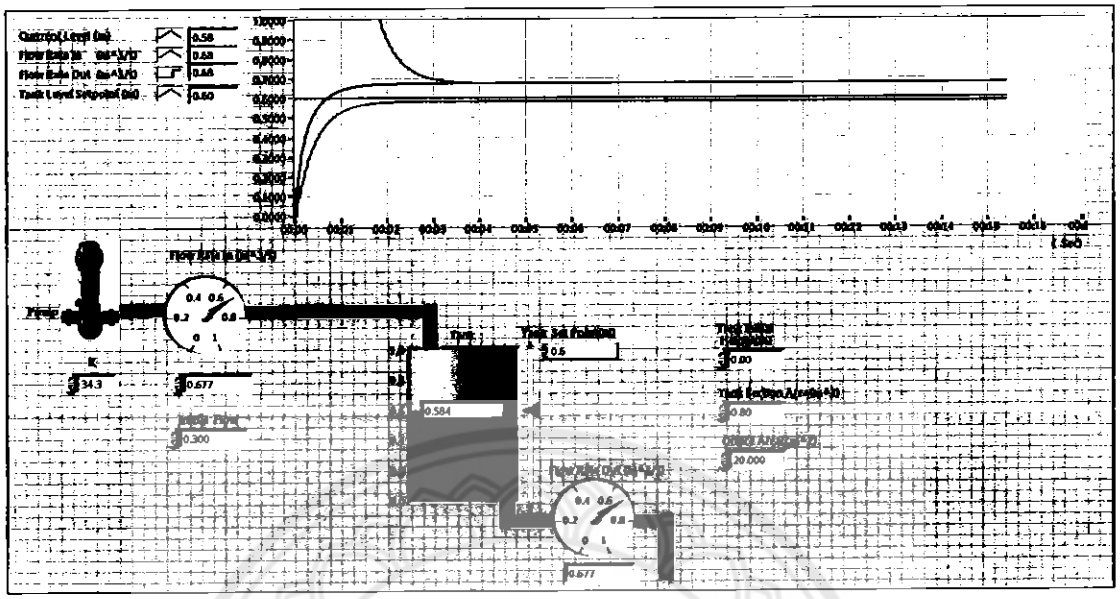
รูปที่ ก-2 แสดงช่องการป้อนค่า Initial Flow

2. ป้อนค่า ระดับความสูงของน้ำในแท็งก์ขณะเริ่มต้น (Tank Initial High), ค่าพื้นที่หน้าตัดของแท็งก์ (Tank Crossection Are), ค่าปากทางน้ำออกของวาล์ว (Orifice Area) บนหน้าต่างโปรแกรมจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ

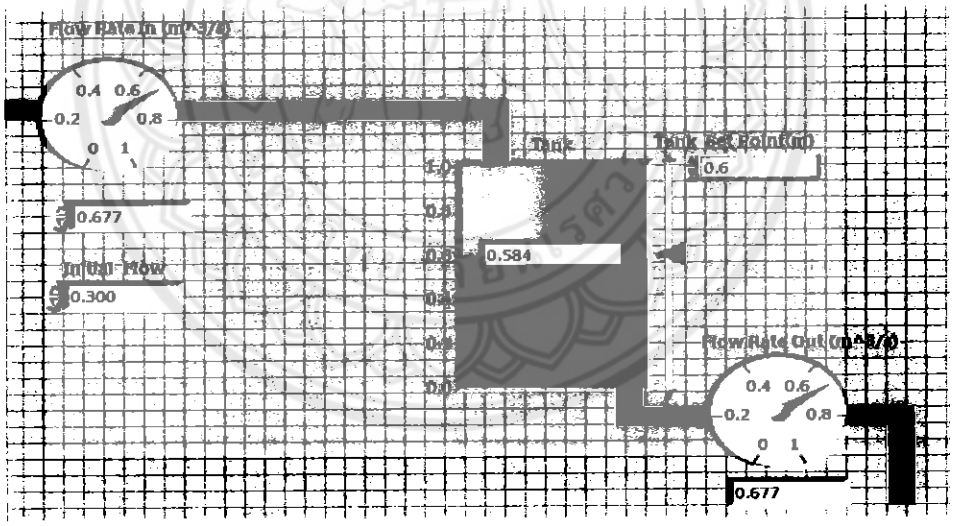


รูปที่ ก-3 แสดงช่องการป้อนค่าตัวแปรให้กับโปรแกรม

3. กดเริ่มโปรแกรม (Run) เพื่อประมวลผลการคำนวณออกมา



รูปที่ ก-4 แสดงผลการประมวลผลของการจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำ



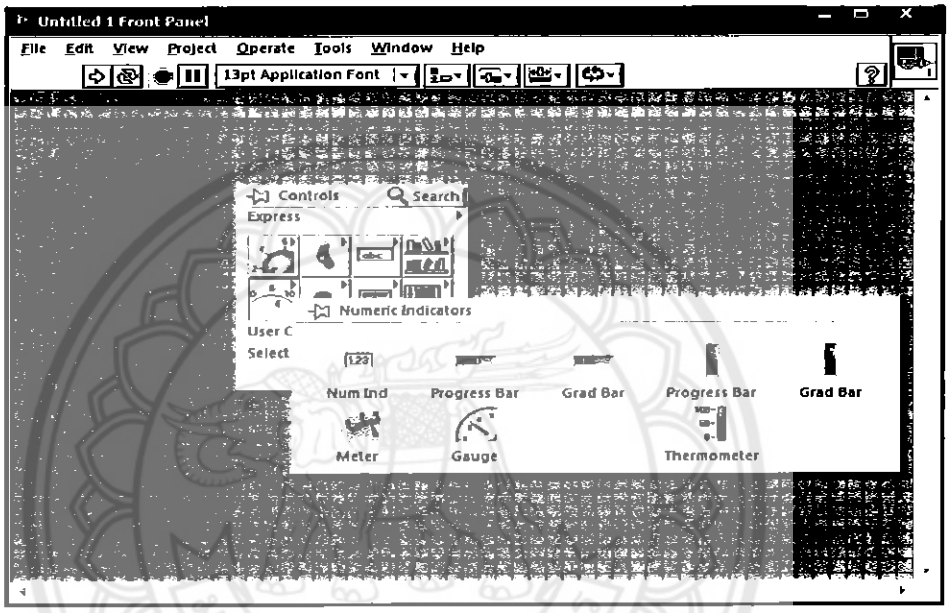
รูปที่ ก-5 แสดงผลของอัตราการไหลเข้าของน้ำที่ไหลเข้าแท็งก์ (Flow Rate In) ที่มีค่าเท่ากับอัตราการไหลออกของน้ำทำให้ระบบเข้าสู่สมดุล

หมายเหตุ ผลการคำนวณจากโปรแกรมจะเป็นการแสดงภาพการเคลื่อนที่ของระบบจากเริ่มต้นจนถึงค่าคงที่เข้าสู่สมดุลของระบบ

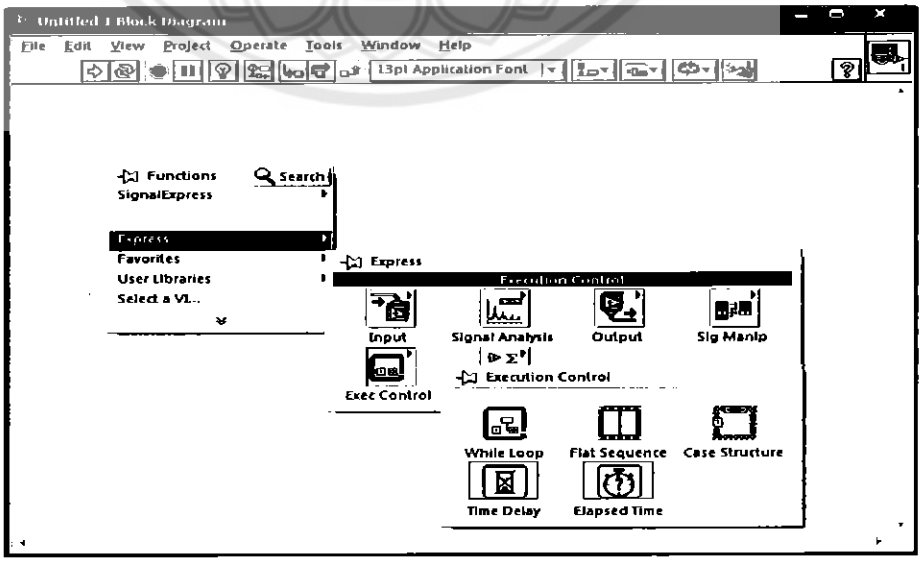
ภาคผนวก ข

ฟังก์ชันที่ใช้ในการเขียนแบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำบนโปรแกรม LabVIEW

โปรแกรม LabVIEW มีนามสกุลเป็น .vi ซึ่งไฟล์นี้จะประกอบด้วยหน้าต่าง 2 หน้าต่าง คือ User Interface ที่เป็นพื้นที่สีเทา ที่เรียกว่า Front Panel ที่ใช้สร้างแบบจำลองอุปกรณ์ ที่เรียกว่า Control Palette ดังแสดงในรูปที่ ข-1 และหน้าต่างพื้นเป็นสีขาวสำหรับเขียนโค้ดรูปภาพ เรียกว่า Block Diagram ที่ใช้สำหรับเขียนโค้ดคำสั่ง โดยมีเครื่องมือในโปรแกรมที่เรียกว่า Functions Palette ดังแสดงในรูปที่ ข-2



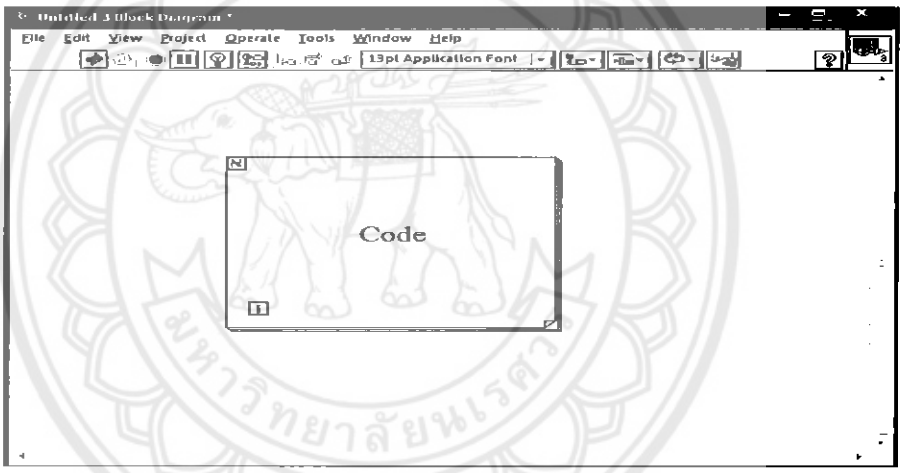
รูปที่ ข-1 Front Panel Control และ Control Palette



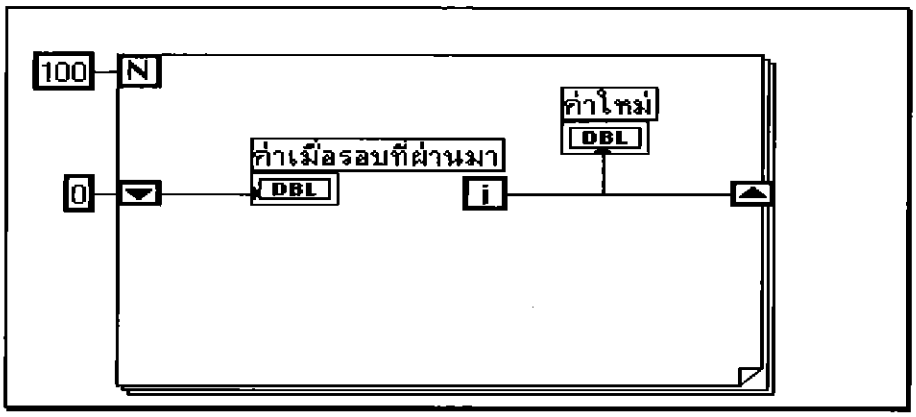
รูปที่ ข-2 Block Diagram และ Functions Palette

ในหน้าต่างของ Block Diagram คือส่วนที่ใช้เขียนคำสั่ง โดยสามารถกำหนดไอคอน (Object) ตัวใดให้เป็นแบบตัวควบคุมข้อมูล (Control) หรือตัว ตัวรับข้อมูล (Indicator) ตามที่ผู้ใช้โปรแกรมกำหนด ในส่วนของ Functions Palette ยังมีเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์อีกหลายอย่าง เช่น มีการนำหลักการของ For Loop, While Loop มาใช้คำนวณและวิเคราะห์โดยใช้ Stop If True เพื่อให้ได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้หลักการวิเคราะห์ตามเงื่อนไขใน For Loop และ While Loop แสดงสัญลักษณ์For Loop และ While Loop ดังรูปที่ ข-3

For Loop เป็นการให้โปรแกรมทำงานภายในข้อกำหนดที่จะให้โปรแกรมทำงานซ้ำไปเรื่อยๆ เป็นจำนวนเท่ากับที่ผู้ใช้ต้องการ ลักษณะของ For Loop ที่ปรากฏอยู่ใน Block Diagram จากรูปจะเห็นว่าภายในโครงสร้างนี้จะมี terminal อยู่ 2 terminal ได้แก่ N ซึ่งเป็น Count Terminal ซึ่งต้องการ Input ว่าต้องการให้ loop นี้ ทำซ้ำเป็นจำนวนกี่ครั้ง และ i เป็น Iteration Terminal ซึ่งเป็น Output ที่บอกจำนวนครั้งที่จะมีการทำซ้ำ โดยค่าจะเริ่มจาก 0 สำหรับการทำครั้งแรกและ N-1 สำหรับครั้งสุดท้ายเมื่อ N เป็นค่าที่เรากำหนดให้กับ Count Terminal ดังในรูปที่ ข-4

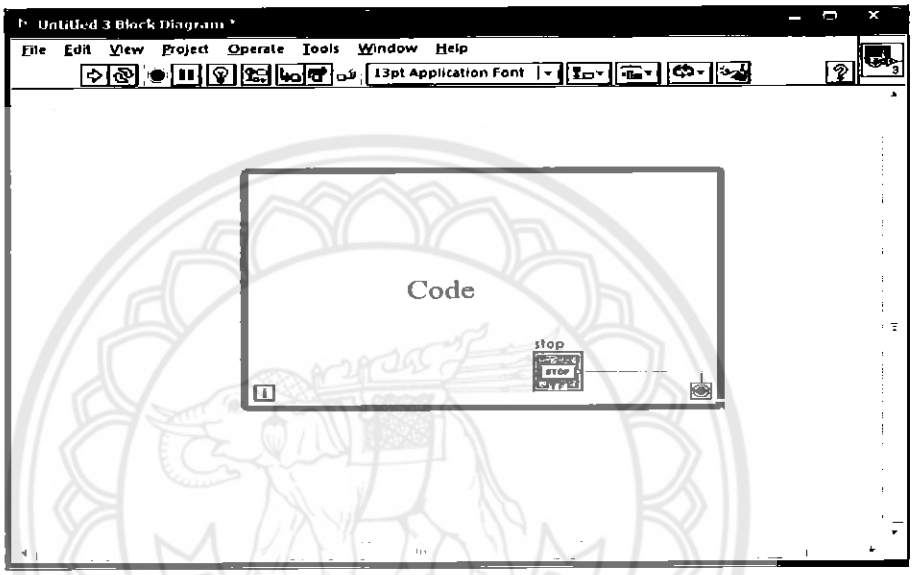


รูปที่ ข-3 For Loop ใน Block Diagram

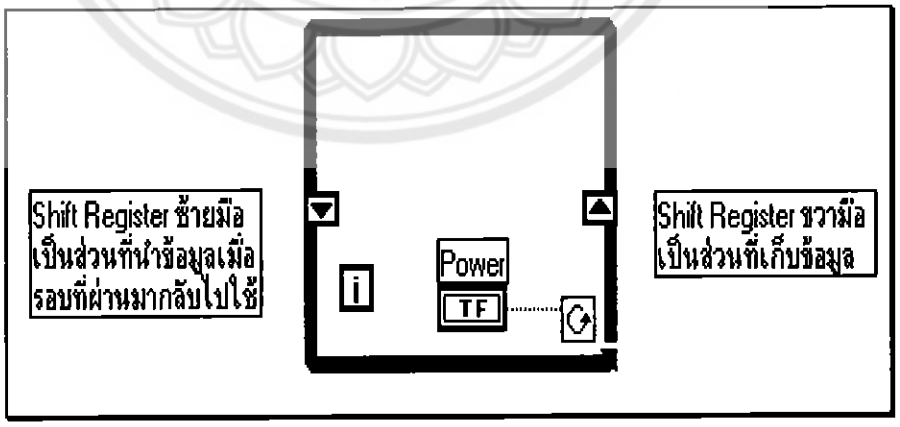


รูปที่ ข-4 การทำงานของ For Loop

While Loop จะเป็นการทำงานของ loop ซ้ำกันไปเรื่อยๆ จนกว่าผู้ใช้ยกเลิกสภาพตามที่กำหนด ส่วนการกำหนดสภาพจะใช้ Boolean ที่ต่อเชื่อมเข้ากับ Conditional Terminal ที่จะเห็นว่ามีลักษณะเป็นรูปลูกศรวนอยู่ การทำงานของ While Loop จะดำเนินการทำซ้ำไปเรื่อยๆ ตราบใดที่สภาพ Boolean ที่กำหนดให้กับ Conditional Terminal นี้เป็นจริง โดย loop จะหยุดตรวจสภาพที่ terminal นี้หลังจากการทำงานแต่ละครั้ง โดยทำงานก่อนแล้วจึงจะหยุดตรวจ นั่นคือตราบใดที่ Boolean ที่กำหนดให้ Conditional terminal เป็นจริง (TRUE) loop ก็ยังจะทำงานไปเรื่อยๆ ดังรูปที่ ข-5

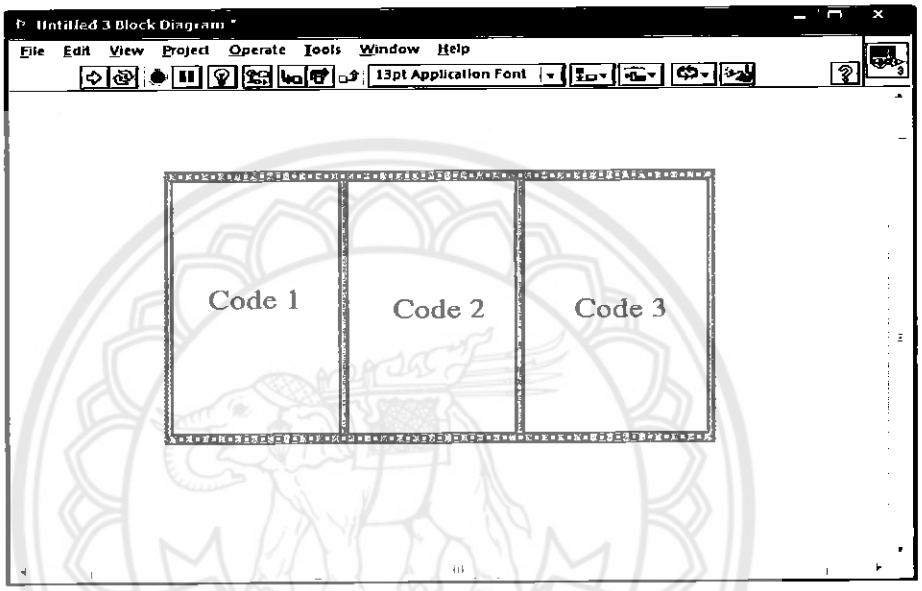


รูปที่ ข-5 While Loop ใน Block Diagram



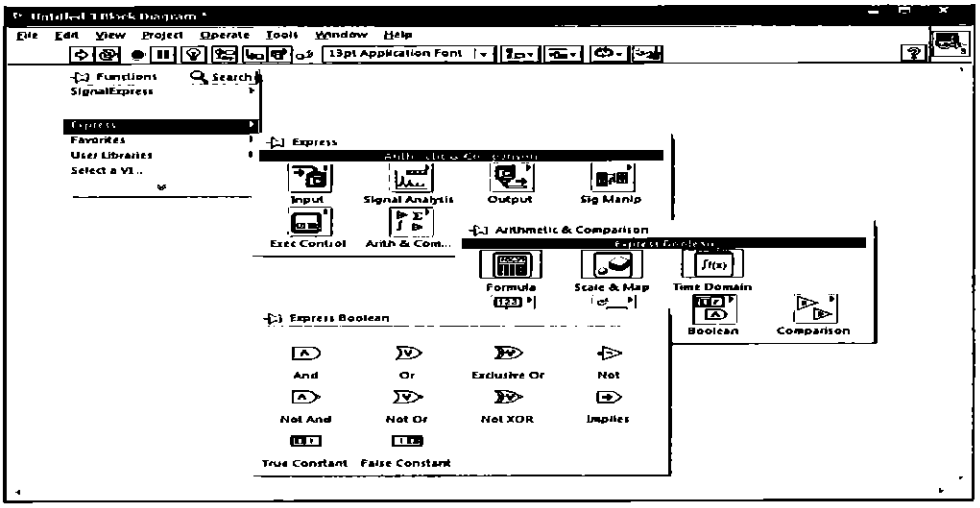
รูปที่ ข-6 หลักการทำงานของ While Loop

ในโปรแกรม LabVIEW จะมีสัญลักษณ์ที่เรียกว่าคือ Flat Sequence Structure ทำหน้าที่เป็นตัวส่งข้อมูลระหว่างลูป การทำงานของ Flat Sequence Structure จะเป็นตัวรับข้อมูลมาวิเคราะห์ในลูปแรกและเก็บข้อมูลที่คำนวณได้ไว้จนกว่าการคำนวณในลูปนั้นจะเสร็จและส่งไปยังลูปต่อไปวิเคราะห์ เหมือนกับการเขียน กระบวนความคิด (Flow Chart) คือ คำสั่ง (Code) ของโปรแกรมจะทำงานตามลูกศรเมื่อเริ่มต้น (Run)โปรแกรม LabVIEW จะรับค่า(Input) ในลูปที่ 1 เพื่อส่งต่อไปคำนวณในลูปที่ 2 ซึ่งการคำนวณในลูปที่ 2 นี้จะใช้สมการและกำหนดเงื่อนไขการทำงานตามที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ ข-7

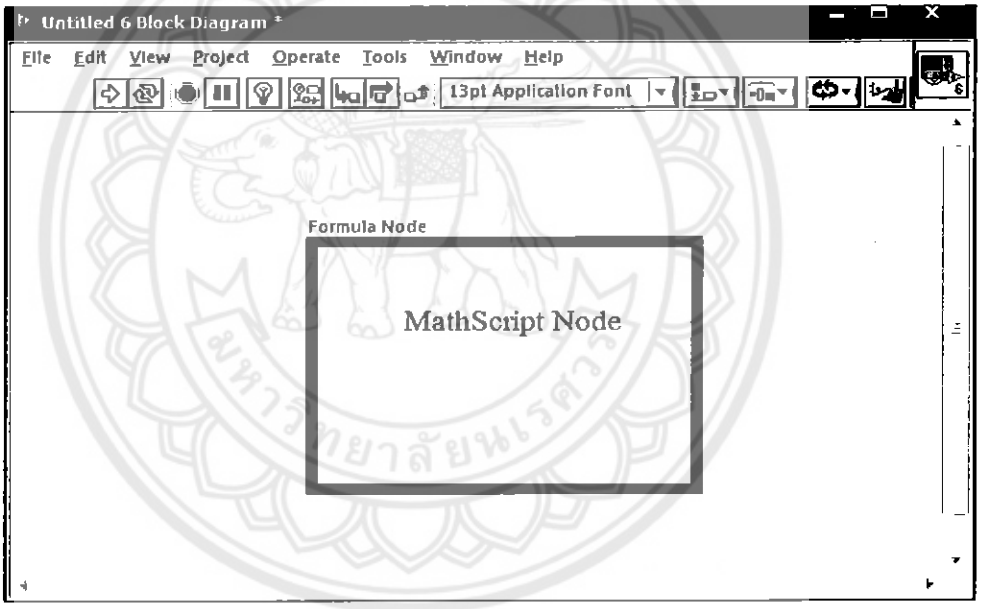


รูปที่ ข-7 Flat Sequence Structure ใน Block Diagram

โปรแกรม LabVIEW ที่ใช้วิเคราะห์เงื่อนไขทางคณิตศาสตร์โดยมีเครื่องมือที่ใช้คือ คำสั่ง Boolean Control และ Formula Node ดังแสดงในรูปที่ ข-8 มาคำนวณและวิเคราะห์กำหนดเงื่อนไข เมื่อลูปที่ 2 ได้รับข้อมูลจากลูปที่ 1 จะนำข้อมูลมาพิจารณาว่าผลลัพธ์ที่คำนวณได้เป็นไปตามที่เงื่อนไขกำหนดหรือไม่ ถ้าหากยังไม่ได้ผลลัพธ์ตามที่เงื่อนไขกำหนดไว้ ผลลัพธ์ที่คำนวณได้ในตอนนั้นจะถูกนำมาวนลูปกลับมาคำนวณอีกจนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่ตรงตามเงื่อนไขที่ระบบกำหนด ส่วน Formula Node เป็นการคำนวณโดยใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่คุ้นเคยมาเขียนคำสั่ง (Code)ใน Formula Node ตามปกติ

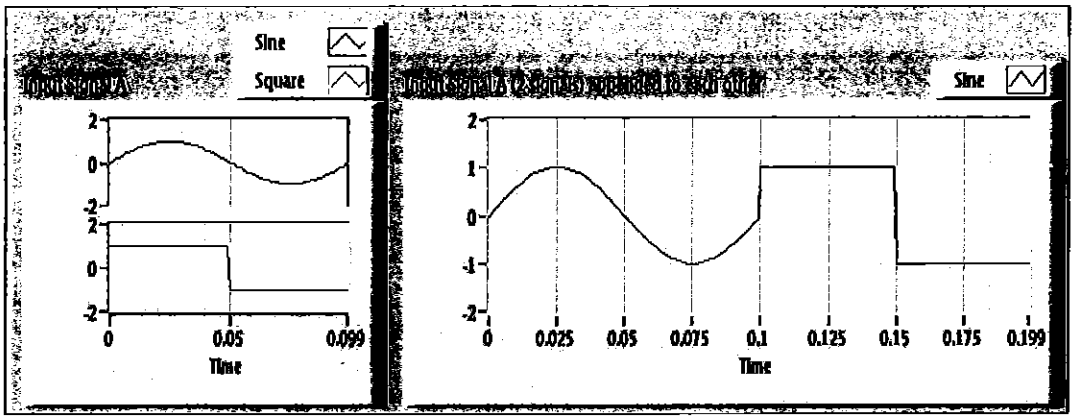


รูปที่ ข-8 Boolean Controls



รูปที่ ข-9 Formula Node ใน Block Diagram

เมื่อได้ผลลัพธ์ผู้ใช้โปรแกรมสามารถนำข้อมูลที่ได้มาแสดงผลเป็นตัวเลข เข็มชี้ และกราฟแสดงความสัมพันธ์หรือผลลัพธ์ที่สนใจออกมาให้เห็นบนหน้าต่างของโปรแกรมที่สร้างแบบจำลองได้ ดังแสดงในรูปที่ ข-10



รูปที่ ข-10 กราฟบนหน้าต่างโปรแกรม

เมื่อได้ผลลัพธ์ตามที่ระบบกำหนดแล้วก็ขึ้นอยู่กับว่า ผู้เขียนโปรแกรมต้องการให้ระบบหยุดการทำงานหรือให้ระบบทำงานต่อไปเรื่อยๆจนกว่าจะสั่งให้โปรแกรมหยุดการทำงาน โดยโปรแกรม LabVIEW จะจำลองภาพการเคลื่อนไหวของระบบโดยสร้างแบบจำลองขึ้นมา จะเริ่มตั้งแต่แสดงการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆในระบบจำลองที่สร้างขึ้นแสดงผลให้เห็นบนหน้าต่างของโปรแกรม โปรแกรม LabVIEW จึงเป็นการคำนวณผลเทียบกับเวลา (Time domain) แสดงผลการคำนวณของสมการการถ่ายโอนออกมา แต่โปรแกรม LabVIEW จะไม่สามารถนำสมการ หรือ ฟังก์ชันการถ่ายโอน (Transfer function) มาแสดงการคำนวณออกมาในรูปของลาปลาซ (Laplace) และ การแปลงลาปลาซผกผัน (Inverse Laplace) ได้ ดังนั้นจึงมีการคำนวณหาเวลาการตอบสนองของระบบ (Respond Time) การเข้าสู่สมดุลว่าเป็นจริงหรือไม่นั้นแล้วนำมาเปรียบเทียบกับการคำนวณโดยใช้ทฤษฎีและเทียบกับการคำนวณโดยใช้โปรแกรม LabVIEWว่ามีผลต่างกันหรือไม่

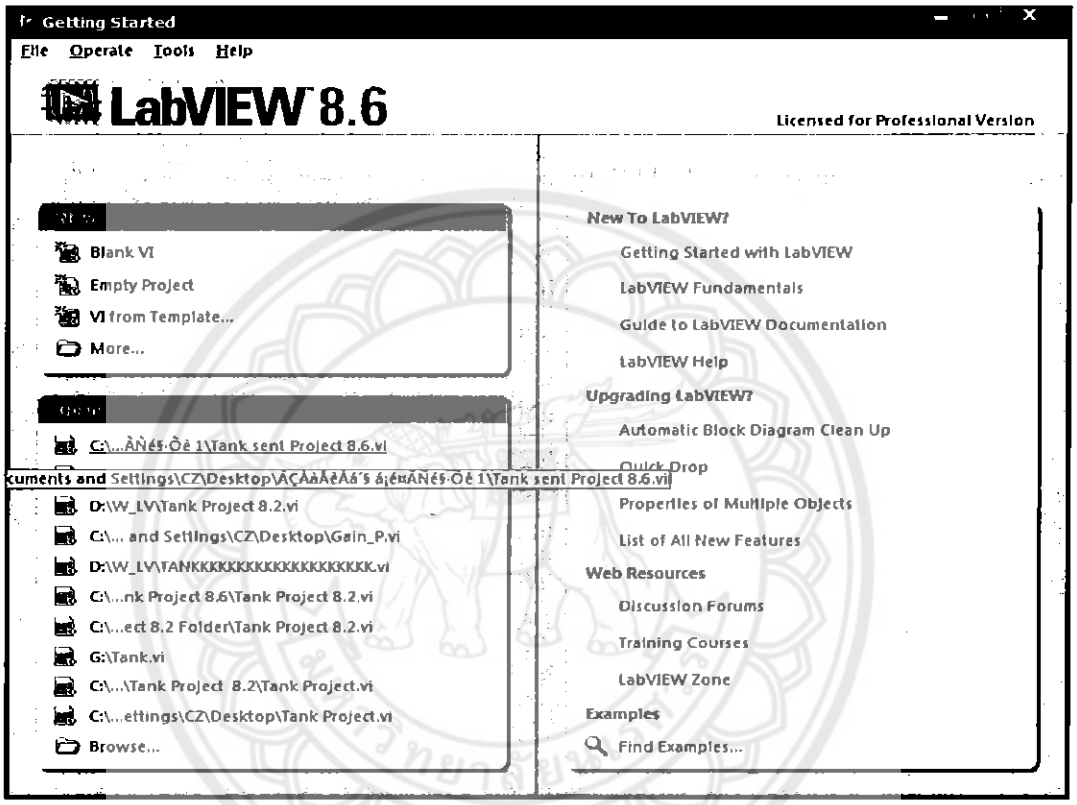
ภาคผนวก ค

ขั้นตอนการใช้โปรแกรม

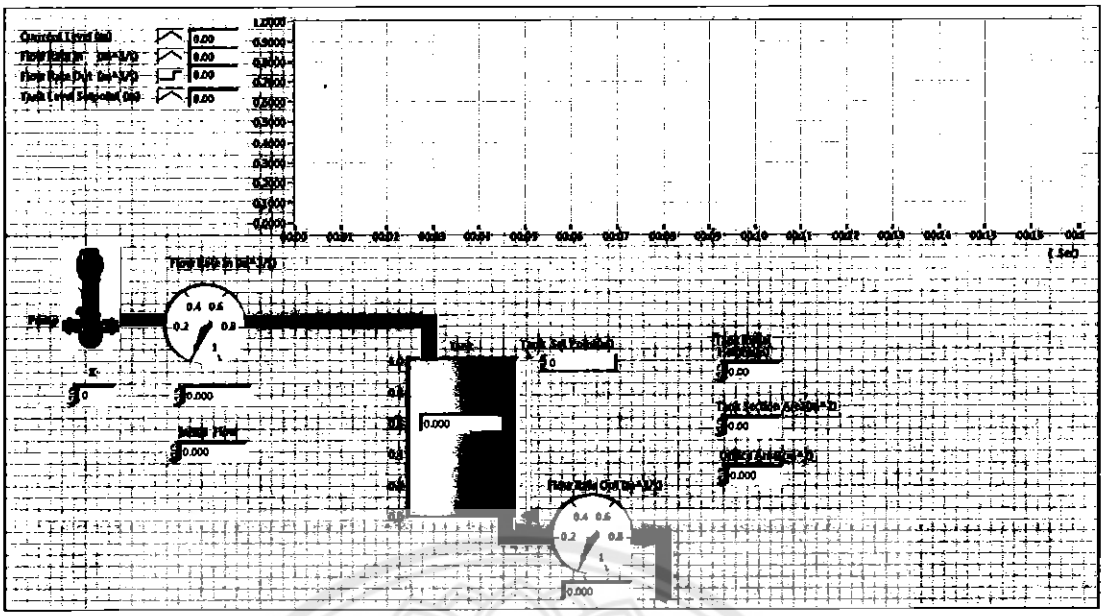
การวิเคราะห์โมเดลจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์น้ำโดยใช้โปรแกรม Lab VIEW

หน้าหลักของโปรแกรม

เมื่อเข้าสู่หน้าหลักของโปรแกรม LabVIEW เลือก Open File ที่เก็บไฟล์แบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำในแท็งก์ที่เก็บไว้ในคอมพิวเตอร์



รูปที่ ค-1 แสดงหน้าต่างหลักเมื่อเข้าสู่โปรแกรม LabVIEW



รูปที่ ค-2 แสดงการจำลองระบบควบคุมแท็งก์น้ำ

1.กำหนดค่าอัตราการไหลเริ่มต้น (Initial Flow) ว่าจะให้ปั๊มน้ำจ่ายน้ำในขณะเริ่มต้นจ่ายน้ำในอัตราการไหลขนาดเท่าใด โดยมีหน่วยของอัตราการไหลเป็น ลูกบาศก์เมตร ต่อ นาที

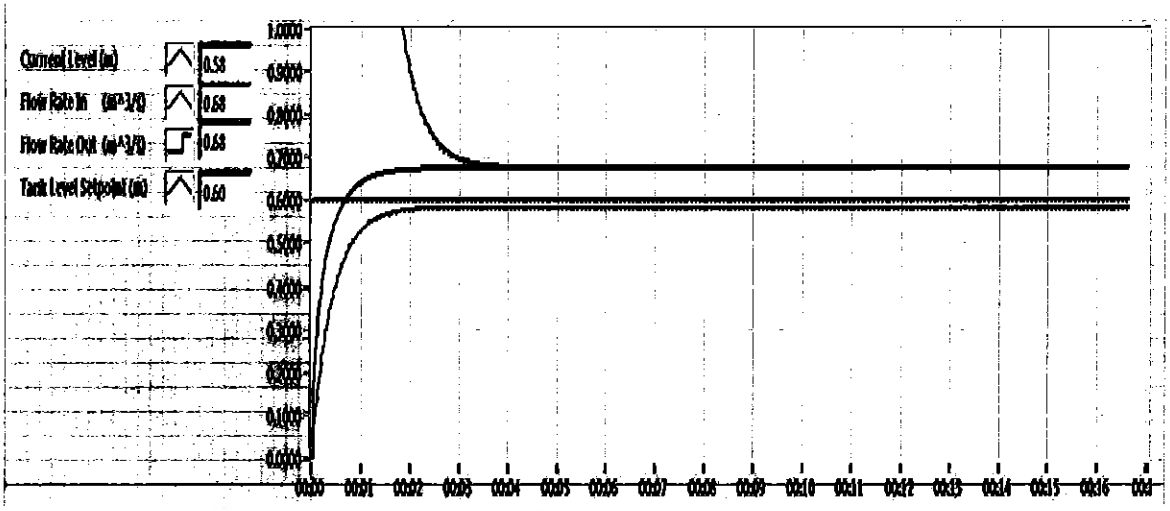
2.ป้อนค่ามีค่าความสูงของระดับน้ำในแท็งก์ขณะเริ่มต้น (Tank Initial Height) ว่าจะให้ระดับน้ำตอนเริ่มต้นมีความสูงอยู่ในระดับตามที่ผู้ใช้โปรแกรมต้องการ

3.ป้อนค่าพื้นที่หน้าตัดของแท็งก์ (Tank Crossection Area) ว่าผู้ใช้โปรแกรมต้องการให้ แท็งก์น้ำมีพื้นที่หน้าตัดขนาดเท่าไร

4.กำหนดค่าขนาดของปากทางน้ำออกของวาล์ว (Orifice Area) ว่าจะต้องการขนาดของปากท่อวาล์วน้ำออกมีขนาดเท่าไร

5.เมื่อป้อนค่า (Input) ทั้งหมดแล้ว กดปุ่ม Run Continues เพื่อให้โปรแกรมประมวลผลและแสดงผล

6.เมื่อกดปุ่ม Run Continues จะเห็นบนหน้าต่างโปรแกรม บอกกราฟแสดงความสัมพันธ์ของ Process System

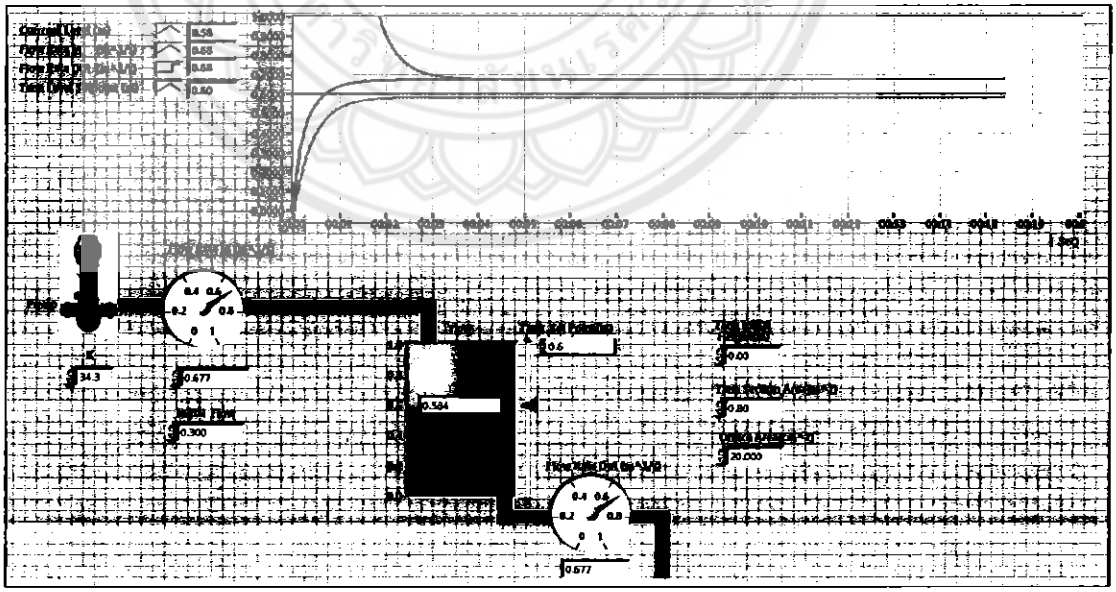


รูปที่ ค-3 แสดงความสัมพันธ์ของ Process system

7.กดปุ่ม Abort execution เพื่อหยุดโปรแกรม

การประมวลผลและการคำนวณ

การประมวลผลนั้นจะดำเนินตามโค้ด (Code) ของโปรแกรม LabVIEW ที่เขียนขึ้นมา ซึ่งในส่วนของการประมวลผลนั้นจะมีการป้อนค่าจาก (Input) และนำไปคำนวณ จะมีการส่งผลการคำนวณออกมา ทางหน้าจอของโปรแกรม ให้ผู้ใช้ได้เห็นถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของระบบ



รูปที่ ค-4 แบบจำลองเมื่อรับค่าจากการป้อนจากผู้ใช้โปรแกรมเมื่อผู้ใช้โปรแกรมกดเริ่มคำนวณ

ประวัติผู้จัดทำ

นาย กิจติพงษ์ วันมหาใจ

เกิด : วันที่ 8 เมษายน พ.ศ. 2529

ที่อยู่ปัจจุบัน : 80 ม.8 ต.นาพูน อ.วังชิ้น
จ.แพร่ 54160

การศึกษา : จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษา
โรงเรียนวังชิ้นวิทยา อ.วังชิ้น จ.แพร่

เบอร์โทรศัพท์ : 084-0747560

Email : Kira_JC_ME@hotmail.com

นาย อภิสิทธิ์ วงค์ชัย

เกิด : วันที่ 10 เมษายน พ.ศ. 2529

ที่อยู่ปัจจุบัน : 443 หมู่ 1 ต. เวียงชัย อ.เวียงชัย
จ. เชียงราย 57210

การศึกษา : จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษา
โรงเรียนสามัคคีวิทยาคม 2 จ. เชียงราย

เบอร์โทรศัพท์ : 084-8214686

Email : engineer_n.u@hotmail.com

นาย อเนกพงษ์ แถวโพธิ์

เกิด : วันที่ 14 กันยายน พ.ศ.2529

ที่อยู่ปัจจุบัน : 14/1 หมู่ 14 ต. วังซ่าน อ. แม่วงก์ 60150

การศึกษา: จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษา
โรงเรียนเทพศาลาประชาสรรค์

เบอร์โทรศัพท์ : 085-0357189

Email : nanek_me@hotmail.com